

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

AVANCES DE CUERPOS ACADÉMICOS EN CASOS Y APLICACIONES

COORDINADORES

MARÍA LUISA SILICEO RODRÍGUEZ

ERIKA DOLORES RUÍZ

EFRÉN DAVID TURRIZA BORGES

PEDRO DARÍO BARRADAS DOMÍNGUEZ





RED IBEROAMERICANA
DE ACADEMIAS DE
INVESTIGACIÓN

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA. AVANCES DE CUERPOS ACADÉMICOS EN CASOS Y APLICACIONES

**MARÍA LUISA SILICEO RODRÍGUEZ
ERIKA DOLORES RUIZ
EFRÉN DAVID TURRIZA BORGES
PEDRO DARÍO BARRADAS DOMÍNGUEZ
COORDINADORES**

2019

Xalapa, Veracruz. México a 08 de enero de 2019

Dictamen Editorial

La presente obra fue arbitrada y dictaminada en dos procesos; en el primero, se sometió a los capítulos incluidos en la obra a un proceso de dictaminación a doble ciego para constatar de forma exhaustiva la temática, pertinencia y calidad de los textos en relación a los fines y criterios académicos de la RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C., cumpliendo así con la primera etapa del proceso editorial. En el segundo proceso de dictaminación se seleccionaron expertos en el tema para la evaluación de los capítulos de la obra y se procedió con el sistema de dictaminación a doble ciego. Cabe señalar que previo al envío a los dictaminadores, todo trabajo fue sometido a una prueba de detección de plagio. Una vez concluido el arbitraje de forma ética y responsable del Comité Editorial y Científico de la Red Iberoamericana de Academias de Investigación A.C. (REDIBAI), se dictamina que la obra **"INNOVACIÓN TECNOLÓGICA. AVANCES DE CUERPOS ACADÉMICOS EN CASOS Y APLICACIONES"** cumple con la relevancia y originalidad temática, la contribución teórica y aportación científica, rigurosidad y calidad metodológica, rigurosidad y actualidad de las fuentes que emplea, redacción, ortografía y calidad expositiva.

Mtro. Daniel Armando Olivera Gómez

Director Editorial

Sello Editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C. (607-8617)

Dublín 34, Residencial Monte Magno

C.P. 91190. Xalapa, Veracruz, México.

Cel 2282386072



Mtro. Daniel Armando Olivera Gómez



ISBN: 978-607-8617-13-5



Xalapa, Veracruz. México a 11 de enero de 2019

CERTIFICACIÓN EDITORIAL

RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C. (REDIBAI) con sello editorial N° 607-8617 otorgado por la Agencia Mexicana de ISBN, hace constar que el libro "INNOVACIÓN TECNOLÓGICA. AVANCES DE CUERPOS ACADÉMICOS EN CASOS Y APLICACIONES" registrado con el ISBN 978-607-8617-13-5 fue publicado por nuestro sello editorial con fecha de aparición del 11 de enero de 2019 cumpliendo con todos los requisitos de calidad científica y normalización que exige nuestra política editorial.

Fue evaluado por pares académicos externos y aprobado por nuestro Comité Editorial y Científico y pre-dictaminado por el Comité Editorial de la Red Iberoamericana de Academias de Investigación A.C. (REDIBAI)

Todos los soportes concernientes a los procesos editoriales y de evaluación se encuentran bajo el poder y disponibles en Editorial RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C. (REDIBAI), los cuales están a disposición de la comunidad académica interna y externa en el momento que se requieran. La normativa editorial y repositorio se encuentran disponibles en la página <http://www.redibai-myd.org>

Doy fe.

Mtro. Daniel Armando Olivera Gómez

Director Editorial

Sello Editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C. (607-8617)

Dublín 34, Residencial Monte Magno

C.P. 91190. Xalapa, Veracruz, México.

Cel 2282386072



Mtro. Daniel Armando Olivera Gómez



ISBN: 978-607-8617-13-5



INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

AVANCES DE CUERPOS ACADÉMICOS EN CASOS Y APLICACIONES

COORDINADORES

MARÍA LUISA SILICEO RODRÍGUEZ
ERIKA DOLORES RUIZ
EFRÉN DAVID TURRIZA BORGES
PEDRO DARÍO BARRADAS DOMÍNGUEZ

AUTORES

DANIEL MAURICIO MÁRQUEZ SÁNCHEZ, CARLOS QUINTERO AVILÉS, ISRAEL GONZÁLEZ NÚÑEZ, ANGÉLICA MURILLO RAMÍREZ, HERIBERTO MARTÍNEZ SÁNCHEZ, MARÍA DEL ROSARIO MORENO FERNÁNDEZ, EVA MORA COLORADO, MERCEDES MURAIRA SOTO, EMANUEL PÉREZ LÓPEZ, ROBERTO PANUNCIO MORA SOLÍS, RAÚL LÓPEZ LEAL, MARÍA LUISA SILICEO RODRÍGUEZ, DANIEL HERNÁNDEZ PITALUA, ANGELITA VENTURA SÁNCHEZ, FRANCISCO JAVIER RAMÍREZ MAGDALENO, SAMUEL RAMÍREZ GALINDO, PATRICIA GUADALUPE MORA NEGRETE, GORETTY GUADALUPE SOLIS CASTILLO, LUCI MERARY COCOM MEDINA, CLAUDIA CAROLINA PRADO PALOMO, EDWIN VÁZQUEZ BAUTISTA, IBIS RAFAEL HUERTA MORA, MARGELI DAYANA SOLÍS BASULTO, PEDRO JAVIER PEÑA COLLI, ARTURO ENRIQUE BAYONA MIRAMONTES, PERLA ANAHÍ UITZIL MIS, KERVIN MARTIN MUÑOZ TORRES, ERIKA DOLORES RUIZ, JULIO FERNANDO SALAZAR GÓMEZ, GERARDO GRIJALVA ÁVILA, MARTIN MONTES TREJO, JULIO CESAR GRIJALVA ÁVILA, JOAQUÍN MADRID OCHOA, FLOR MARÍA CHUC YAM, EFRÉN DAVID TURRIZA BORGES, JUAN CARLOS RAYMUNDO VILLARREAL, VIRIDIANA SÁNCHEZ VÁZQUEZ, ARLENY LOBOS PÉREZ, FABIOLA JULISSA ESTEBAN GONZÁLEZ, ABIUD MANASES MERCADO MORENO, LUIS ALEJANDRO MIRANDA SALAS, ROSAURA RASGADO CHANONA, PRIMITIVO SAN JUAN ELIAS, YAMILET SALOMÓN RUÍZ, JAVIER FENTANÉZ HERNÁNDEZ, JUAN JOSÉ MARÍN HERNÁNDEZ, JORGE LUIS ARENAS DEL ÁNGEL, JORGE ARTURO DEL ÁNGEL RAMOS, ADRIANA FABIOLA TELLO ANDRADE, PEDRO DARÍO BARRADAS DOMÍNGUEZ, GUSTAVO LEYVA RETURETA, IRENE LUNA GARCÍA, YOLANDA RAMÍREZ VÁZQUEZ, MÓNICA ABIGAIL CAMACHO CEBALLOS, SALVADOR PEÑA ESCOBAR, ÁNGEL DÍAZ MÉNDEZ, LUCILA GUADALUPE TOBÓN GALICIA, LILIANA FUENTES ROSAS, HÉCTOR MURILLO MARTÍNEZ, HERIBERTO PULIDO RUIZ, DIANA ISABEL DÍAZ DÍAZ, JUAN RENÉ GONZÁLEZ ROMERO, FERNANDO MACHORRO RAMOS, RUBÉN PIZARRO GURROLA, ISIDRO AMARO RODRÍGUEZ, ROBERTO LÓPEZ QUIÑONES, JULIO CESAR RODRÍGUEZ CERDA, ALFREDO SÁNCHEZ JARA, JESSE YOE RUMBO MORALES, FELIPE SORCIA VÁZQUEZ, ELIZABETH HERNÁNDEZ MÉNDEZ, HERMINIA REYES VILLA, GEMMA VANESSA CUEVAS FAUDOA.

EDITOR LITERARIO Y DE DISEÑO:

MTRO. DANIEL ARMANDO OLIVERA GÓMEZ

EDITORIAL

©RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C. 2019



**RED IBEROAMERICANA
DE ACADEMIAS DE
INVESTIGACIÓN**

EDITA: RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C.
DUBLÍN 34, FRACCIONAMIENTO MONTE MAGNO
C.P. 91190. XALAPA, VERACRUZ, MÉXICO.
TEL (228)6880202
PONCIANO ARRIAGA 15, DESPACHO 101.
COLONIA TABACALERA
DELEGACIÓN CUAUHTÉMOC
C.P. 06030. MÉXICO, D.F. TEL. (55) 55660965
www.redibai.org
redibai@redibai.org

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

Fecha de aparición 11/01/2019.

ISBN: 978-607-8617-13-5



Sello editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C.
(607-8617)

Primera Edición

Ciudad de edición: Xalapa, Veracruz, México.

No. de ejemplares: 200

Presentación en medio electrónico digital: Cd-Rom formato pdf 19.5 MB

ISBN 978-607-8617-13-5

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA.

AVANCES DE CUERPOS ACADÉMICOS EN CASOS Y APLICACIONES

ARBITRAJE

GESTIÓN E INNOVACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

ITURG-CA-4

ANA GRACIELA PÉREZ SOLÍS
MARCO ANTONIO DÍAZ RAMOS
ROSALÍA JANETH CASTRO LARA
JOSÉ ADRIÁN ROMERO PEÑA
BRISSA SÁNCHEZ DOMÍNGUEZ
LOIDA MELGAREJO GALINDO
DOREIDY MELGAREJO GALINDO

ENERGÍAS RENOVABLES

ITESTB-CA-11

JUAN CARLOS RAYMUNDO VILLAREAL
VIRIDIANA SÁNCHEZ VÁZQUEZ
ARLENY LOBOS PÉREZ
ELIZABETH HERNÁNDEZ MÉNDEZ
HERIBERTO PULIDO RUIZ
HÉCTOR MURILLO MARTÍNEZ

COORDINADORES

MARÍA LUISA SILICEO RODRÍGUEZ
ERIKA DOLORES RUIZ
EFRÉN DAVID TURRIZA BORGES
PEDRO DARÍO BARRADAS DOMÍNGUEZ

AUTORES

DANIEL MAURICIO MÁRQUEZ SÁNCHEZ, CARLOS QUINTERO AVILÉS, ISRRAEL GONZÁLEZ NÚÑEZ, ANGÉLICA MURILLO RAMÍREZ, HERIBERTO MARTÍNEZ SÁNCHEZ, MARÍA DEL ROSARIO MORENO FERNÁNDEZ, EVA MORA COLORADO, MERCEDES MURAIRA SOTO, EMANUEL PÉREZ LÓPEZ, ROBERTO PANUNCIO MORA SOLÍS, RAÚL LÓPEZ LEAL, MARÍA LUISA SILICEO RODRÍGUEZ, DANIEL HERNÁNDEZ PITALUA, ANGELITA VENTURA SÁNCHEZ, FRANCISCO JAVIER RAMÍREZ MAGDALENO, SAMUEL RAMÍREZ GALINDO, PATRICIA GUADALUPE MORA NEGRETE, GORETTY GUADALUPE SOLÍS CASTILLO, LUCI MERARY COCOM MEDINA, CLAUDIA CAROLINA PRADO PALOMO, EDWIN VÁZQUEZ BAUTISTA, IBIS RAFAEL HUERTA MORA, MARGELI DAYANA SOLÍS BASULTO, PEDRO JAVIER PEÑA COLLI, ARTURO ENRIQUE BAYONA MIRAMONTES, PERLA ANAHÍ UITZIL MIS, KERVIN MARTIN MUÑOZ TORRES, ERIKA DOLORES RUIZ, JULIO FERNANDO SALAZAR GÓMEZ, GERARDO GRIJALVA ÁVILA, MARTIN MONTES TREJO, JULIO CESAR GRIJALVA ÁVILA, JOAQUÍN MADRID OCHOA, FLOR MARIA CHUC YAM, EFRÉN DAVID TURRIZA BORGES, JUAN CARLOS RAYMUNDO VILLARREAL, VIRIDIANA SÁNCHEZ VÁZQUEZ, ARLENY LOBOS PÉREZ, FABIOLA JULISSA ESTEBAN GONZÁLEZ, ABIUD MANASES MERCADO MORENO, LUIS ALEJANDRO MIRANDA SALAS, ROSAURA RASGADO CHANONA, PRIMITIVO SAN JUAN ELIAS, YAMILET SALOMÓN RUÍZ, JAVIER FENTANÉZ HERNÁNDEZ, JUAN JOSÉ MARÍN HERNÁNDEZ, JORGE LUIS ARENAS DEL ÁNGEL, JORGE ARTURO DEL ÁNGEL RAMOS, ADRIANA FABIOLA TELLO ANDRADE, PEDRO DARÍO BARRADAS DOMÍNGUEZ, GUSTAVO LEYVA RETURETA, IRENE LUNA GARCÍA, YOLANDA RAMÍREZ VÁZQUEZ, MÓNICA ABIGAIL CAMACHO CEBALLOS, SALVADOR PEÑA ESCOBAR, ÁNGEL DÍAZ MÉNDEZ, LUCILA GUADALUPE TOBÓN GALICIA, LILIANA FUENTES ROSAS, HÉCTOR MURILLO MARTÍNEZ, HERIBERTO PULIDO RUIZ, DIANA ISABEL DÍAZ DÍAZ, JUAN RENÉ GONZÁLEZ ROMERO, FERNANDO MACHORRO RAMOS, RUBÉN PIZARRO GURROLA, ISIDRO AMARO RODRÍGUEZ, ROBERTO LÓPEZ QUIÑONES, JULIO CESAR RODRÍGUEZ CERDA, ALFREDO SÁNCHEZ JARA, JESSE YOE RUMBO MORALES, FELIPE SORCIA VÁZQUEZ, ELIZABETH HERNÁNDEZ MÉNDEZ, HERMINIA REYES VILLA, GEMMA VANESSA CUEVAS FAUDOÁ.

INDICE

FABRICACIÓN DE PAPEL CON HOJAS DE MAÍZ Y BABA DE NOPAL COMO ADITIVO.

DANIEL MAURICIO MÁRQUEZ SÁNCHEZ, CARLOS QUINTERO AVILÉS, ISRAEL GONZÁLEZ NÚÑEZ
4

CÁMARA EXPERIMENTAL INCUBADORA DE HUEVOS DE INSECTO Y GERMINADORA DE PLANTULAS DE DIFERENTES ZONAS CLIMÁTICAS (INGE)

ANGÉLICA MURILLO RAMÍREZ, HERIBERTO MARTÍNEZ SÁNCHEZ, MARÍA DEL ROSARIO MORENO
FERNÁNDEZ, EVA MORA COLORADO
15

MEDICIÓN DE MASA Y REPRODUCCIÓN DE *Eisenia foetida* UTILIZANDO RESIDUOS VEGETALES Y ANIMALES

MERCEDES MURAIRA SOTO, EMANUEL PÉREZ LÓPEZ, ROBERTO PANUNCIO MORA SOLÍS
31

DISEÑO Y CARACTERIZACIÓN DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN FORZADA PARA LA REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA DE COMPOSTA ORGÁNICA

RAÚL LÓPEZ LEAL, MARÍA LUISA SILICEO RODRÍGUEZ, DANIEL HERNÁNDEZ PITALUA
40

PROPUESTA DE ESPACIO VIRTUAL PARA LA PROMOCIÓN Y DIFUSIÓN DE UN JARDÍN DE PLANTAS ETNOMEDICINALES DE LA REGIÓN, UBICADO EN EL ITSTB.

ANGELITA VENTURA SÁNCHEZ, FRANCISCO JAVIER RAMÍREZ MAGDALENO, SAMUEL RAMÍREZ GALINDO,
PATRICIA GUADALUPE MORA NEGRETE
59

CONSERVADOR DE FRUTAS Y VERDURAS A BASE DE MUCILAGO DE NOPAL Y FLAMBOYÁN.

GORETTY GUADALUPE SOLIS CASTILLO, LUCI MERARY COCOM MEDINA, CLAUDIA CAROLINA PRADO
PALOMO
71

ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN UTILIZANDO MÉTODOS COMBINADOS OSMÓTICO-CONVECTIVO DE CALABACITA ITALIANA PARA LA OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO SEMI-PROCESADO

EDWIN VÁZQUEZ BAUTISTA, IBIS RAFAEL HUERTA MORA
81

DESARROLLO Y PRODUCCIÓN DE HARINA DE FRIJOL NUTRIMENTAL PARA COMBATIR LA DESNUTRICIÓN

MARGELI DAYANA SOLÍS BASULTO, PEDRO JAVIER PEÑA COLLI, ARTURO ENRIQUE BAYONA MIRAMONTES
95

INDICE

ELABORACIÓN DE UN DENTÍFRICO NATURAL HECHO A BASE DE HOJAS DE GUAYABO, ALOE Y CARBONATO DE CALCIO

PERLA ANAHÍ UITZIL MIS, KERVIN MARTIN MUÑOZ TORRES, CLAUDIA CAROLINA PRADO PALOMO
109

APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE CONSERVACIÓN EN EL DESARROLLO DE SAZONADORES CON PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS DE SEGUNDA CALIDAD.

IBIS RAFAEL HUERTA MORA, ERIKA DOLORES RUIZ, JULIO FERNANDO SALAZAR GÓMEZ
118

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SECADOR SOLAR PARA CAFÉ

DANIEL HERNÁNDEZ PITALUA, MARÍA LUISA SILICEO RODRÍGUEZ, RAÚL LÓPEZ LEAL
137

MODELADO Y DISEÑO DE UN SISTEMA TÉRMICO PARA CULTIVO DE TILAPIA

GERARDO GRIJALVA AVILA, MARTIN MONTES TREJO, JULIO CESAR GRIJALVA AVILA
149

PROPUESTA DE CREACIÓN DE UN NUEVO PRODUCTO PARA UN NEGOCIO EN MARCHA: DESHIDRATADORA DE FRUTA VERACRUZANA

JOAQUÍN MADRID OCHOA
174

LA FALTA DE COMERCIALIZACIÓN DE LA PITAHAYA EN LA ZONA MAYA

FLOR MARIA CHUC YAM, EFRÉN DAVID TURRIZA BORGES
187

ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE SEGUIDOR SOLAR HIDRÁULICO

JUAN CARLOS RAYMUNDO VILLARREAL, VIRIDIANA SÁNCHEZ VÁZQUEZ , ARLENY LOBOS PÉREZ
197

DESARROLLO DE BOLSAS BIODEGRADABLES CON BASE DE POLÍMEROS DE SEMILLAS DE AGUACATE.

FABIOLA JULISSA ESTEBAN GONZÁLEZ, ABIUD MANASES MERCADO MORENO, LUIS ALEJANDRO MIRANDA SALAS
210

DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN SISTEMAS DE CONTROL DE PLANTAS HIDROELÉCTRICA

ROSAURA RASGADO CHANONA, PRIMITIVO SAN JUAN ELIAS, YAMILET SALOMÓN RUÍZ, JAVIER FENTANÉZ HERNÁNDEZ
219

SIMULACIÓN MEDIANTE ANSYS DEL PROCESO DE CONVERSIÓN FOTO-TÉRMICA EN EL TUBO ABSORBEDOR DE UN COLECTOR CILINDRO PARABÓLICO

JUAN JOSÉ MARÍN HERNANDEZ, JORGE LUIS ARENAS DEL ANGEL, JORGE ARTURO DEL ÁNGEL RAMOS, ADRIANA FABIOLA TELLO ANDRADE, PEDRO DARIO BARRADAS DOMÍNGUEZ, GUSTAVO LEYVA RETURETA
231

INDICE

ENERGÍAS RENOVABLES: UNA OPCIÓN LIMPIA PARA EL AHORRO DE ENERGÍA

IRENE LUNA GARCÍA, YOLANDA RAMÍREZ VÁZQUEZ

262

DIMENSIONAMIENTO Y SIMULACIÓN EXERGETICA DE UN SISTEMA DE TRIGENERACIÓN (CCHP) POR THERMOFLOW, EN UN COMPLEJO HOTELERO EN EL ESTADO DE VERACRUZ

JORGE ARTURO DEL ÁNGEL RAMOS, JORGE LUIS ARENAS DEL ÁNGEL, JUAN JOSÉ MARÍN HERNÁNDEZ, MONICA ABIGAIL CAMACHO CEBALLOS, PEDRO DARIO BARRADAS DOMÍNGUEZ, SALVADOR PEÑA

ESCOBAR

280

DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS TURBINAS DE VAPOR DEL INGENIO AZUCARERO DEL ESTADO DE VERACRUZ, PREVIO AL ANÁLISIS DEL CONSUMO DE VAPOR

ÁNGEL DÍAZ MÉNDEZ, LUCILA GUADALUPE TOBÓN GALICIA, LILIANA FUENTES ROSAS, VIRIDIANA SÁNCHEZ VÁZQUEZ

295

SISTEMA DE CONVEYORS DIDÁCTICO DE MANUFACTURA AUTOMATIZADO.

HÉCTOR MURILLO MARTÍNEZ, HERIBERTO PULIDO RUIZ, JUAN CARLOS RAYMUNDO VILLARREAL.

314

DISEÑO DE UNA PRÓTESIS DE EXTREMIDAD SUPERIOR MEDIANTE EL SOFTWARE SOLIDWORKS.

DIANA ISABEL DÍAZ DÍAZ, JUAN RENÉ GONZÁLEZ ROMERO, FERNANDO MACHORRO RAMOS.

323

PROTOTIPO DE IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA IOT MEDIANTE SIGFOX PARA LA MEDICIÓN DE VARIABLES DEL AMBIENTE

RUBÉN PIZARRO GURROLA, ISIDRO AMARO RODRÍGUEZ, ROBERTO LÓPEZ QUIÑONES

334

CONTROL TOLERANTE A FALLAS PARA EL MODELO DEL AVIÓN F-16

JULIO CESAR RODRÍGUEZ CERDA, ALFREDO SÁNCHEZ JARA, JESSE YOE RUMBO MORALES, FELIPE

SORCIA VÁZQUEZ

352

DETERMINACIÓN DE IMPACTO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS CONTAMINANTES MEDIANTE EL USO DE MODELOS DE TRANSPORTE Y DISPERSIÓN

ELIZABETH HERNÁNDEZ MÉNDEZ, VIRIDIANA SÁNCHEZ VÁZQUEZ, ARLENY LOBOS PÉREZ

369

SUSTENTABILIDAD DE LAS PLANTAS PURIFICADORAS DE AGUA PYMES EN LA CIUDAD DE DURANGO

HERMINIA REYES VILLA, GEMMA VANESSA CUEVAS FAUDOA

391

FABRICACIÓN DE PAPEL CON HOJAS DE MAÍZ Y BABA DE NOPAL COMO ADITIVO.

DANIEL MAURICIO MÁRQUEZ SÁNCHEZ¹, CARLOS QUINTERO AVILÉS²,
ISRRAEL GONZÁLEZ NÚÑEZ³, DANIEL MÁRQUEZ SÁNCHEZ⁴

RESUMEN

Diseñador Gráfico egresado de la UAM Azcapotzalco, ganador del premio nacional de la publicidad Universitaria en 1996, Curso la maestría en educación (Candidato), es profesor de tiempo completo, en la carrera de Procesos Industriales Área Tecnología Gráfica, en la UTFV y profesor de asignatura en el Área de comunicación en la FES Acatlán.

Nicolás Romero Estado de México a 05 de octubre de 2018

INTRODUCCIÓN

La creciente necesidad de productos que minimicen el impacto ambiental, implica el desarrollo de productos alternativos, en este caso el papel, siendo uno de los productos de mayor demanda en el campo de los sistemas de impresión, representa un área de oportunidad muy importante en los esfuerzos para detener la deforestación y el uso indiscriminado de la madera para su producción.

Es importante no perder de vista el impacto de la explotación de recursos abundantes en nuestro país, como es el caso de algunas plantas y árboles plantados para generar materiales alternativos.

¹ Universidad Tecnológica Fidel Velázquez. danielmarkez2012@gmail.com

² Universidad Tecnológica Fidel Velázquez. carlosqa1@yahoo.com.MX

³ Universidad Tecnológica Fidel Velázquez. gonzalez1978@gmail.com

⁴ Universidad Tecnológica Fidel Velázquez.

Fig.1. Nopales y hojas recicladas de maíz



¿POR QUÉ USAR HOJAS DE MAÍZ Y BABA DE NOPAL?

Las hojas de maíz y el nopal (*Nopalea cochenillifera*) tienen un uso especial en la cocina mexicana. México también es “uno de los principales consumidores de maíz” según (Panorama Agro Alimentario, Maíz 2016 p.7) y “líder en cosecha de nopal ” (Boletín N°. 3372 LXIV, Cámara de Diputados,p1).y este representa el cultivo principal en algunas regiones de México, en ambos casos hay estudios para aprovechar sus propiedades en diferentes aplicaciones alimenticias, como “Uso de fibra dietética de nopal en la formulación de un polvo para flan” (Carmen Sáenz, Elena Sepúlveda, Nelly Pak, Ximena Vallejos, 2002) , sin embargo en este caso las hojas de maíz y el nopal se pueden utilizar para fabricar papel en la industria para impresión y envasado; contribuyendo al cuidado del medio ambiente mediante la reducción del uso de la madera que es la base para crear el papel.

La baba de nopal también se usa como aditivo para la industria, por ejemplo "Inhibidores de corrosión de acero en materiales a base de cemento de baba de nopal". (S. Ramírez Arellanes, P. F. de J. Cano Barrita, F. Julián Caballero, C. Gómez Yáñez, 2012 p1). La baba de nopal proporciona aplicaciones que mejoran la durabilidad y la cohesión de la fibra para la fabricación de papel. Son recursos renovables y fáciles de encontrar en todo México, las fibras de residuos agrícolas como las hojas de maíz son perfectas para hacer papel. Aunque hay varios intentos de hacer papel con materiales bioquímicos alternativos, se requieren pruebas de calidad para demostrar la evidencia de su funcionalidad y efectividad

para la industria de impresión y embalaje. Consideramos que la industria del papel debe buscar nuevos materiales naturales que tengan características similares o mejores que los materiales habituales, activando la economía y al mismo tiempo reduciendo el impacto ecológico en una región.

PROCESO

Primera etapa, se utilizarán técnicas artesanales para hacer papel, con la mezcla de hojas secas de maíz, papel reciclado y baba de nopal (Nopalea cochenillifera) como aditivo.

Segunda etapa se buscarán los recursos necesarios y vinculación con la industria para realizar pruebas al papel. Se analizarán las propiedades físicas y químicas del papel, los requisitos estándar requeridos: peso, volumen específico, prueba de impresión, prueba de plegado de papel, estallido, fricción. Los datos recopilados se compararán con los requisitos de estándares establecidos del papel común para impresión.

La tercera parte consiste en mejorar la mezcla de pulpa añadiendo nuevos componentes orgánicos o generando nuevos métodos en papel de pulpa. Utilizando equipo adecuado para la producción del papel. Por lo que se buscarán recursos para la adquisición del equipo adecuado. Aprovechar los vínculos que la universidad tiene con las empresas en la industria de las artes gráficas. Y a largo plazo, con recursos de la universidad, se busca implementar un laboratorio de fabricación de papel para diversos usos a base de materiales amigables con el ambiente y ser una alternativa para sustituir de manera parcial las maderas hasta hoy utilizadas en gran medida.

LA BABA DE NOPAL O MUCÍLAGO.

“Mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*). Los nopales contienen sustancias viscosas generalmente conocidas como mucílago o hidrocoloide, que está constituido por carbohidratos de alto peso molecular. Dicho mucílago contiene principalmente dos polímeros naturales orgánicos: amilasa (polímero de la glucosa con unión 1-4 de tipo α consigo misma) y amilopectina (polímero también de

glucosa, pero con uniones 1-6). La amilasa se encuentra formando una cadena helicoidal que en solución, tiene la capacidad de formar películas delgadas que al secar, presentan alta rigidez”. (Rodríguez Yurley, 2017). Por su viscosidad y características de la baba de nopal servirá como aditivo mejorando las características del papel echo con hojas de maíz.

Fig.2. Nopales cortados para extraer la baba



LAS HOJAS DE MAÍZ

Un estudio sobre las características químicas y físicas de la hoja de maíz menciona que: “Por el alto contenido de holocelulosa y α -celulosamaterias primas adecuadas para la fabricación de papeles especiales y para la obtención de derivados de celulosa, situación que permite aprovechar el excedente de residuos” (Prado-Martínez, M., J. Anzaldo-Hernández, B. Becerra-Aguilar, H. Palacios-Juárez, J.J. Vargas-Radillo y Maite Rentería Urquiza. 2012.)

Fig.3 Hojas de Maíz recicladas y lavadas para su reúso



PROPIEDADES DE LAS HOJAS DE MAÍZ.

“El estudio biométrico de las fibras de las hojas de mazorca de maíz muestra que son un material fibroso con buenas propiedades de resistencia al batido. Además, poseen un lumen ancho, aumentando con esto la capacidad de impregnación en el proceso de pulpeo. Los valores observados para el bagazo de caña son menores, por lo que la rigidez, la resistencia al rasgado, a explosión y a la tensión son inferiores. Aun así, la longitud de la fibra la sitúa dentro de las fibras largas, por lo que en su mezcla con las fibras de las hojas mazorca de maíz, se obtiene una pulpa celulósica aprovechable.” (Anzaldo-Hernández, B. Becerra-Aguilar, 2012) Fig.4

Fig 4.a) Elementos celulares. b). Vaso criboso. c) E=Vaso espiralado. (Prado-Martínez, M., J. Anzaldo-Hernández, B. Becerra-Aguilar, H. Palacios-Juárez, J.J. Vargas-Radillo y Maite Rentería Urquiza. 2012)



PROCESOS DE REALIZACIÓN DEL PAPEL.

1. Proceso para hacer pulpa de papel con base en la hoja de maíz. Se usan las hojas de maíz que ya han sido usadas previamente en la preparación de los tamales, pues uno de los objetivos es disminuir los residuos y a provechar al máximo los recursos.
2. Se corta la hoja de maíz en tiras largas de la hoja y se ponen a remojar en agua durante 24 horas.
3. Se machacan las hojas con un martillo hasta que se produzcan pequeñas fibras, se cosen con bicarbonato de sodio (NaHCO_3), para facilitar el proceso de cocción en una olla de presión industrial, y después se deja enfriar, en este caso hemos realizado la cocción en una olla normal por falta de presupuesto. El tiempo de cocción fue de 4 horas en un recipiente

común.

4. Al menos unas 5 horas antes se corta 150 g. de nopal en cubos y se ponen a remojar en un litro de agua, el nopal desprende sus jugos en el agua. Esta agua se cuele y solo quedara el agua con la baba de nopal.
5. Se hace la mezcla de las hojas de maíz cocidas y el agua con la baba de nopal. Se colocan en una licuadora, se recomienda una licuadora profesional, sin embargo por falta de presupuesto se realizó en una convencional por tiempos cortos para evitar sobrecalentamiento de la misma.
6. La mezcla se esparce sobre un bastidor cuyo marco es de madera y cubierto por una maya plástica que facilita el drenado del agua. Se le aplica presión para facilitar el drenado del agua de la mezcla y se transfiere el material a una tela de algodón del tamaño del marco que funciona como contra molde y así poder despegar la pulpa de maíz y baba de nopal del marco.
7. La pulpa de maíz con baba de nopal es colocada en una prensa para drenar el agua el a mezcla durante una hora para facilitar el secado, más tarde se pone a secar al sol la tela donde esta adherida la pulpa de maíz y baba de nopal aún húmeda, dependiendo de la humedad poder tardar uno o tres días e secarse.
8. Al secarse ya podemos desprender el papel de maíz y baba de nopal. Se almacena sobre una superficie plana aplicando peso en la parte superior.

PUNTOS PARA ANALIZAR LAS PROPIEDADES DEL PAPEL

El análisis del papel se realizará con equipos de empresa de las artes gráficas con las que se tiene vínculos de colaboración. Estas pruebas aún no se realizan por cuestiones de logística.

Peso: El peso de los papeles en la industria de las artes gráficas se le llama gramaje. “El gramaje es el peso en gramos de una hoja de papel cuya superficie es de un metro cuadrado.”(Lawrence A. Wilson. 1999, p 208). Para medirlo se utilizan las normas “TAPPI 410.” (Lawrence A. Wilson. 1999, p 209).

El volumen: Se refiere al espesor del papel. “El espesor del papeles suele describirse como su calibre, o sea la distancia perpendicular que hay entre las dos caras de una hoja”. .” (Lawrence A. Wilson. 1999, p 210). Y se realiza en base a la norma: “La norma TAPPI T 411 describe los instrumentos y procesos para medir el espesor”. (Lawrence A. Wilson. 1999, p 210). Fig. 5



(Bench-top micrometer / depth / digital 49-60 directindustry).

Resistencia al estallido de papel. La resistencia de un papel debe tomarse en consideración si se pretende ser utilizado en un envase o para la impresión. “La resistencia al estallido se relaciona como la resistencia a la tensión y al estirado, y se emplea como medida de las propiedades del papel bajo tensión”. (Lawrence A. Wilson. 1999, p 198).

Prueba de Plegado: La capacidad de plegado es muy importante para un papel que se utilizará en la industria de la impresión, el envase y el embalaje, por tal motivo se considera realizar pruebas. “La duración del papel en el plegado, propiedad que es más sensible que otras a las condiciones de fabricación y ambiente de uso del papel”. (Lawrence A. Wilson. 1999, p 200). Para realizar esta prueba se necesita un probadora de plegado. Fig:6

Fig. 6 Probador de plegado



Folding Schopper Tester. KRK, KUMAGAI Folding Schopper Tester, 2016.

Prueba de Fricción: “La fricción estática es la fuerza de resistencia que tiende a impedir que comience un deslizamiento, Las normas TAPPI T503 y T542 indican como medir a fricción estática de los papeles”. Lawrence A. Wilson. (1999).

CONCLUSIONES

- a) Se logro realizar el papel con de hoja de maíz y baba de nopal de manera artesanal. La superficie quedo lisa y a simple vista se notan pocas imperfecciones. Sin embargo quedo muy grueso por no se utilizó la técnica adecuada, es necesario tener el control del grosor del papel mediante. A primera vista puede funcionar para creaciones artísticas, sin embargo para ser usada en la impresión se tendrán que realizar pruebas con ayuda del sector privado en la industria de las artes gráficas con las que se tienen convenios.
- b) Fue muy complicada la preparación de la pulpa que se realizó con bicarbonato de sodio (NaHCO_3), necesito mucho tiempo de molido en la licuadora casera y mucho tiempo de cocción en olla común.
- c) Se realizo otra prueba y esta vez se puso a hervir en agua y cal común (Óxido de calcio, CaO). Se dejo enfriar y se agrego la baba de nopal. Fue la que mejor resultado presento. Fig. 7

Fig.7. Papel realizado con hojas de maíz y baba de nopal



- d) Se realizó una tercer prueba en este caso se utilizo 50% de papel reciclado y 50 % de hojas de maíz con baba de nopal. Para realizarlo se necesito menos tiempo de molido y cocción para realizar la pulpa en un 50%. Fig.8

Fig. 8 Papel 50% Hoja de maíz y 50% papel reciclado, con baba de nopal. El papel reciclado es de hojas de papel bond



- e) Aunque los resultados fueron los esperados, se observó que se pueden mejorar los procesos para fabricar papel con hoja de maíz y baba de nopal, utilizando los equipos adecuados. La experiencia que se obtuvo nos marca la pauta para reconocer los aciertos y las mejoras para tomar en cuenta para la posterior fabricación y pruebas para el papel.

RECOMENDACIONES.

- f) Tomar en consideración las observaciones realizadas en este primer proceso para fabricar papel hecho de hojas de maíz y baba de nopal.
- g) Fabricar un bastidor de madera con maya plástica siguiendo especificaciones de modelos ya probados en la elaboración de papel artesanal e industrial.
- h) Verificar los tiempos de cocción de la pulpa y utilizar equipo más especializado para el cocimiento de la pulpa.
- i) Verificar los tiempos de molido y utilizar equipos más especializados para el molido de la hoja.
- j) Separa la baba de nopal con técnicas ya probadas en otros trabajos.
- k) Realizar una vez más el papel con las nuevas consideraciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- KRK, KUMAGAI Folding Schopper Tester, 2016. Recuperado: http://www.krk-kumagai.co.jp/dcms_media/other/KRK%202016%20folding.pdf. 24 de septiembre 2018, 2:17. Fig. 6
- BENCH-TOP MICROMETER / DEPTH / DIGITAL 49-60 DirectIndustry, <http://www.directindustry.com/prod/testing-machines-inc/product-55801-406491.html> ,recuperado. Lunes 24 de septiembre 2018 1:34hrs. Fig.5
- Lawrence A. Wilson. (1999). Lo que el impresor debe saber acerca del papel. México: Graphictype México, S.A. de C.V.
- Torres-Acosta, A., & Hernández-Leos, R. (2012). Steel Corrosion Inhibitors in Cement Based Materials from Nopal Slime. MRS Proceedings, 1488. doi:10.1557/opl.2012.1554
- Prado-Martínez, M., J. Anzaldo-Hernández, B. Becerra-Aguilar, H. Palacios-Juárez, J.J. Vargas-Radillo y Maite Rentería Urquiza. 2012. Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta. Madera y Bosques 18(3):37-51.Formato Documento Electrónico (ISO). Figura: 4
- RUTIAGA-QUINONES, J. G.; PEDRAZA-BUCIO, F. E. y LOPEZ-ALBARRAN, P.. Componentes químicos principales de la madera de Dalbergia granadillo Pittier y de Platymiscium lasiocarpum Sandw. Rev. Chapingo ser. cienc. for. ambient [online]. 2010, vol.16,n.2 [citado 2018-09-25],pp.179-186.Disponible en:
<http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200740182010000200008&lng=es&nrm=iso>.ISSN2007-4018.
<http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.04.023>.
- María soledad Cruz, Delgado Martha Magdalena Gómez Valdez, Martha Elena Ortiz Pulido, Ana María Etzana Tadeo, Clara Jazmín Suárez Hernández, Veronica Santillan Moctezuma, Cesar Ulises Miramontes, México 1996-2012. Piña Situación actual y perspectivas del maíz en México. Recopilación, integración, análisis y edición de la información: Director de Indicadores y modelos:
- http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaDerivada/ComercioExterior/Estudios/Perspectivas/maiz96-12.pdf. Recuperado 12 de julio 2018. 11:9hrs.
- Lakham, Dr. Tarun Kanti Bandyopadhyay, (2013). Handmade paper from banana stem. Department of chemical Engineering, NIT, Agartala. International Journal of scientific and Engineering Research, Volume 4, Issue 7, July- 2013 ISSN 222-5518. Recuperado:<https://www.ijser.org/paper/Handmade-paper-from-banana-stem.html> 15 de junio de 2018. 8:55 am.

Sáenz Carmen. (2006). Utilización agroindustrial del nopal. México. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 162. ISBN 978-92-5-305518-D

<https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=llaxlnmJjFoC&oi=fnd&pg=PP12&dq=propiedades+del+nopal&ots=AeF4yZBm3w&sig=BOH3tPSbD-2fUh1SmDOyLCvhqiM#v=onepage&q=propiedades%20del%20nopal&f=false>

Ricardo de León Castillo (2012) Evaluación del Mucílago de nopal como reductor de retracción en concreto auto – consolidable. Nuevo León México. Maestría en ciencias con orientación en materiales de construcción. Recuperado: eprints.uanl.mx/3007/1/1080224613.pdf 28 de septiembre 2018, 1:53.

Rodriguez Henao Yurley Crsitina (2017). Evaluación de mucílago de nopal (opuntia ficus- indica), como agente estabilizante en néctar de maracuyá (pasiflora edulis). Bogota Colombia. Universidad de la Salle Facultad de Ingeniería de Alimentos. Recuperado: http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/21264/43052010_2017.pdf? 28 de septiembre de 2018. 2:39 pm

CÁMARA EXPERIMENTAL INCUBADORA DE HUEVOS DE INSECTO Y GERMINADORA DE PLANTULAS DE DIFERENTES ZONAS CLIMÁTICAS (INGE)

ANGÉLICA MURILLO RAMÍREZ¹, HERIBERTO MARTÍNEZ SÁNCHEZ², MARÍA DEL ROSARIO MORENO FERNÁNDEZ³, EVA MORA COLORADO⁴

RESUMEN

La agricultura se presenta dos problemas que afectan directamente la producción; primero el cambio climático y segundo la presencia de plagas, dentro de esta área se pretende aumentar el porcentaje de germinación de plántulas y aumentar su producción, para ello surge la idea de darle solución diseñando la Cámara Experimental Incubadora Germinadora (INGE), la cual pretende con su práctico y cómodo diseño, obtener un 99% de semillas germinadas. Se presenta este proyecto que se apoya en los sistemas inteligentes y tutorías para su desarrollo y aplicación. El doble propósito del proyecto INGE es la necesidad que existe en la agricultura por manejo integrado controlar de plagas, considerando: control cultura, control legal, control biológico, control orgánico y mayormente la aplicación de químicos; por otro lado, este proyecto es utilizado para que los alumnos realicen prácticas de laboratorio e investigaciones impactando en diversas carreras del Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.

Palabras Clave: Cámara, Germinadora, Incubación, Sensores, Tecnología.

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. a_17_mr_@hotmail.com

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. agroing2010@hotmail.com

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. chayayin74@hotmail.com

⁴ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. avemc2003@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El proyecto denominado Cámara Experimental Incubadora Germinadora (INGE) se realizó en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca (Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca), el cual cuenta con un Laboratorio de Electrónica, lugar donde se realizó el diseño un sistema de incubación que sea capaz de germinar semillas [14] y a su vez incubar diferentes huevos de insectos plaga. Su estructura exterior está basada en materiales como el try-play, el interior en materiales reciclados que optimicen el calor acumulado, sensores de temperatura para controlar las horas de calor que necesitan acumular los huevos de insectos para su eclosión, sensores de HR (Humedad Relativa) para controlar los excesos o déficit de humedad que en ocasiones puede desencadenar el desecamiento o muerte de los huevos (o estadios larvarios como larva o pupa), mecanismo de luminosidad para controlar temperatura, horas luz y tipo de ondas que benefician la eclosión del estadio, mecanismo de circulación forzada de aire que permitirá la correcta distribución de la temperatura y HR [7]. Una vez construido el prototipo se evaluará en campo con huevecillos de Mosca Pinta (*Aeneolamiassp*), y se evaluará la eclosión de estos al siguiente estado. A continuación, se describe la metodología utilizada para el desarrollo del proyecto, así como la técnica de recolección de datos empleada en la investigación, también encontrará el análisis de los datos, los resultados obtenidos, las conclusiones y los futuros trabajos que se pretenden realizar.

METODOLOGÍA

De acuerdo con la naturaleza de la investigación que se presenta, para establecer el método de investigación se analizaron las dos corrientes metodológicas basadas en los enfoques de investigación, para determinar cuál sería la que más se apega a la investigación; por lo tanto se utilizó el enfoque cuantitativo, debido a que se partió de la necesidad o idea, pasando por las diferentes fases de la investigación, como lo son el planteamiento del problema, la revisión de la literatura, alcance del estudio, elaboración de hipótesis, desarrollo de la investigación, definición y selección de la muestra, recolección de datos, análisis

de los datos y la elaboración de los resultados [3]. Es preciso mencionar que el enfoque cuantitativo parte de una idea, concretándose en un objetivo de estudio el cual es para este proyecto la necesidad de aumentar el porcentaje de germinación de plántulas y aumentar su producción [6]. Para germinar e incubar huevos de insectos está constituido por distintas etapas de funcionamiento, de las cuales destacan las que a continuación se mencionan:

1. Detectar y controlar la temperatura.

El sensor que se utiliza es el LM35, cuyo rango de variación de 10 mV por cada grado centígrado, para lo cual se acondiciona en un rango de 0 a 5 V. Se hace uso del módulo ADC (convertidor analógico/digital) para leer el LM35.

2. Microcontrolador.

La información recolectada por los sensores de humedad y temperatura será procesada por un microcontrolador PIC16F877A, el cual será alimentado por una fuente reductora de voltaje, que permite reducir el voltaje de 110 o 220 a 5 volts.

3. Sistema calentamiento y enfriamiento.

Cuenta con dos ventiladores, los cuales permitirán uno la entrada de aire fresco al módulo y el otro que la temperatura en cualquier parte del recipiente sea la misma, garantizando con esto que todos los organismos se desarrollen de igual manera.

4. Configuración de puntos de ajuste para cada variable.

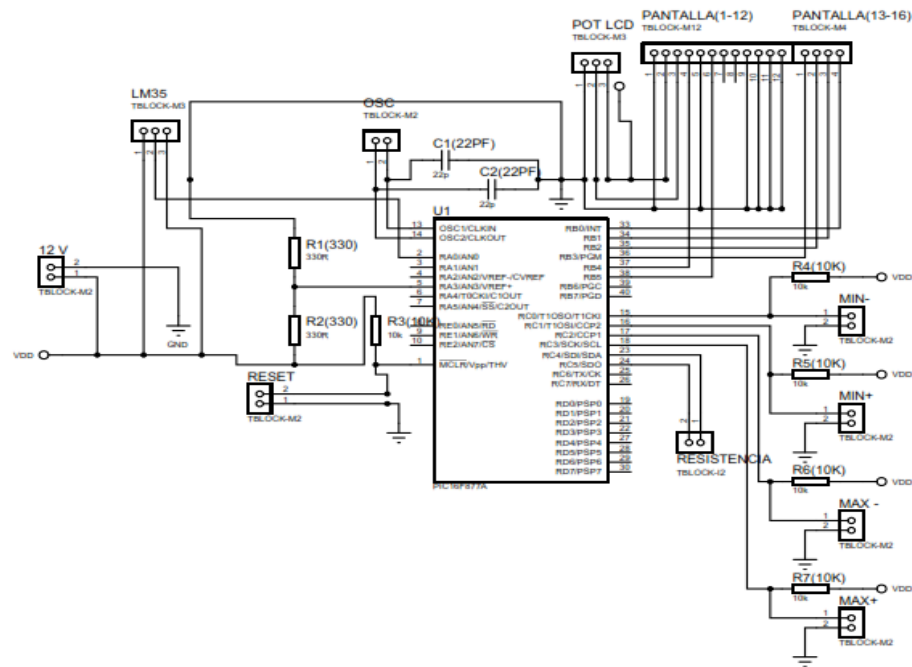
Mediante un tablero y una pantalla LCD, el usuario podrá modificar las condiciones en las que se desarrolla cada organismo, ajustando la temperatura y la humedad, según lo necesario, todo esto dentro de un rango definido entre 25 y 40 °C, con una humedad relativa (HR) de 20 al 90%.

5. Sensor de humedad.

Detectará la humedad relativa dentro prototipo para germinar e incubar huevos de insectos y la mostrará en la pantalla LCD. Los circuitos son alimentados con 5V y GND.

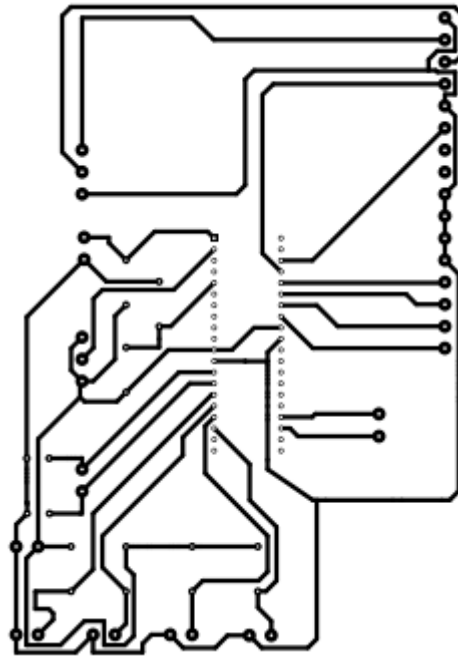
El circuito electrónico para el correcto funcionamiento del prototipo se presenta en la figura 1, en el cual se han dejado los espacios donde serán soldados los conectores de las distintas etapas (Etapa de potencia, pantalla LCD, sensor de temperatura, potenciómetro, panel de control).

Figura 1. Circuito electrónico para el sistema de control de temperatura y HR



Para desarrollar el circuito impreso, se utilizó el software Ares de Proteus [12], dando como resultado el esquema de la figura 2, una vez que se tiene dicho esquema se procede para que sea colocado en la placa fenólica, es la superficie constituida por caminos, pistas o buses de material conductor laminadas sobre una base no conductora. El circuito impreso se utiliza para conectar eléctricamente a través de las pistas conductoras, y sostener mecánicamente, por medio de la base, un conjunto de componentes electrónicos [5].

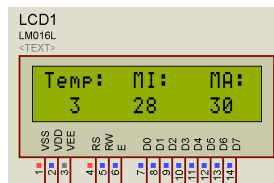
Figura 2. PCB para el sistema de control de temperatura



Para llevar a cabo el proceso de control, se requiere de la intervención de un Microcontrolador, el cual funge como cerebro o computador del equipo, y es el encargado de recibir la información de los sensores y tomar las decisiones pertinentes para cumplir con las funciones encargadas.

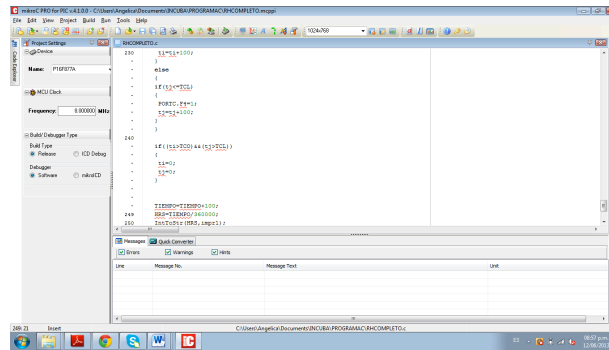
El microcontrolador contiene el programa fuente que hace inteligente a la cámara [1], de tal manera que, así como censa la información, el usuario también podrá estar enterado de lo que ocurre en su interior, por medio de un pantalla LCD como se observa en la figura 3, el cual se visualizan las lecturas obtenidas dentro del equipo.

Figura 3. Pantalla LCD en el simulador ISIS de Proteus



La realización del programa principal del microcontrolador se realizó en lenguaje C y se utilizó el programa MikroC PRO [8], que es un entorno de desarrollo integrado en el que se puede trabajar con múltiples funciones. En la figura 4 se observa el entorno de trabajo del programa.

Figura 4. Código del programa principal en Lenguaje C

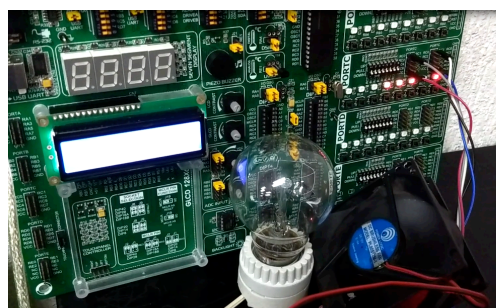


La programación en C es de alto nivel y disminuye el tiempo de trabajo [10], el lenguaje en C ha sido citado como un modelo para escritura técnica, debido a la clara presentación y su trato conciso, C proporciona construcciones fundamentales de control de flujo que se requieren en programas bien estructurados: agrupación de proposiciones, toma de decisiones (if-else), selección de un caso entre un conjunto de ellos (switch), iteración con la condición de paro en la parte superior (while, for) o en la parte inferior (do), y terminación prematura de ciclos (break).

Para realizar una programación optimizada se dividieron las tareas en funciones. La función principal o “Main”, contiene todas las condiciones que deben ser cumplidas para el buen funcionamiento de todo el sistema, en ella se declaran e inicializan diferentes variables y funciones.

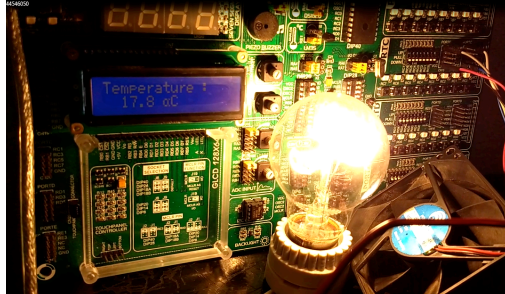
Para verificar el correcto funcionamiento del código, se descargó en la tarjeta de MikroElektronika Easy PIC V7 (Matic) [9], se conectaron los elementos básicos tal como se muestra en la figura 5, los cuales serán sustituidos por las etapas de potencia y el sistema de calefacción y humidificación que contendrá la cámara una vez finalizada.

Figura 5. Programación del Microcontrolador



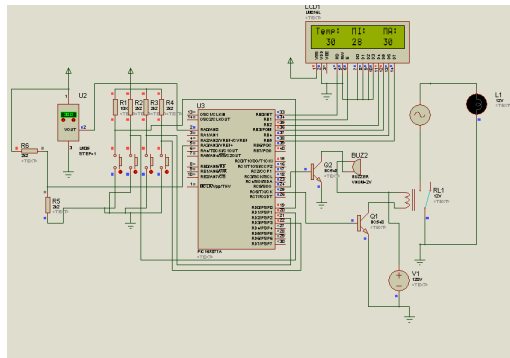
En la figura 6 se observa la forma en la cual unidos todos los elementos se activa la lámpara en el momento en que la temperatura baja y cuando la temperatura es muy alta, como resultado el funcionamiento correcto de acuerdo con la programación realizada y la lógica implementada, de tal manera que el sistema está listo para ser llevado a su forma física.

Figura 6. Pruebas de funcionamiento



Antes de implementar el circuito eléctrico y electrónico, se realiza una simulación para corroborar todas las conexiones que el sistema necesita y evitar problemas, el software utilizado es el ISIS de Proteus [12] que se presenta en la figura 7.

Figura 7. Simulación del sistema en software ISIS de Proteus



RECOLECCIÓN DE LOS DATOS

La Cámara Experimental Incubadora Germinadora (INGE) es un producto desarrollado con los sensores adecuados para trabajar en los rangos de humedad y temperatura que requiere el cliente, está abierto a la posibilidad de modificación en caso de encontrar áreas de oportunidad, ofrece excelentes resultados y garantiza su extenso campo de aplicación. Se demuestra con datos exactos la aceptación que tiene y el impacto en el mercado. El precio es el resultado de que

tanto el diseño como la mano de obra requerida para hacer funcionar el equipo, lo cual permite minimizar los costos de producción y ofrecer al cliente un excelente producto a un menor costo, comparado con los costos del mercado que oscilan entre los 30 y/o 40 mil pesos, en el cual interviene; materia prima, mano de obra, almacén, transporte entre otros.

Dentro de la zona agrícola de la Cuenca del Papaloapan, en el estado de Veracruz, se identificaron los posibles compradores, es por ello que se les realizó una encuesta, para conocer el impacto del producto dentro de distintas áreas como son estudio de campo, investigación, prácticas de los alumnos de las carreras de Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Innovación Agrícola, Ingeniería en Sistemas Computacionales, así como algunas de las empresas del ramo agrícola, entre las que se encuestaron son: Servicio Agrotécnico S.A. de C.V., Sistemas de Riego Agrícola, Ultrakimia, PTI, Bayer, Fumiagro, La Potranca, Monsanto, DeCal, Ingenio “La Margarita”, CNC, CNPR, Asociación Ganadera Local de Tierra Blanca, Rancho Hidalgo, Ingenio “Constancia”, entre otras.

RESULTADOS Y DISCUSIONES.

Una vez terminado el prototipo, se continuó con las pruebas de funcionamiento. Lo primero en realizarse, fue germinar semillas de jitomate. Sin embargo, la temperatura es uno de los factores más importantes para una pronta germinación. Es sabido que temperaturas más cálidas suelen conllevar un tiempo de germinación más corto, pero una temperatura excesiva tampoco es favorable. Existen varias referencias en la literatura específica en cuanto a la temperatura óptima de germinación, situándose normalmente entre los 16 y 28°C.

Por debajo de 16°C, la germinación se retrasará, tanto más baja sea la temperatura. En cambio, a temperaturas cercanas a los 25°C, la germinación se demora solamente unos 5 o 6 días. En general, el tiempo de germinación estará comprendido entre 5 y 8 días.

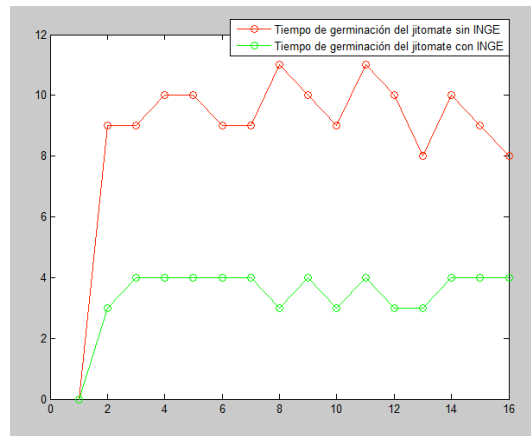
La tabla 1, muestra los resultados en 15 pruebas, bajo distintas condiciones ambientales naturales distintas y el proceso de germinado en la Cámara Experimental Incubadora Germinadora (INGE).

Tabla 1. Germinación de semillas de forma natural y germinación a temperatura y humedad controlada

Tiempo de germinado (Días)	
Temperatura ambiente	Temperatura controlada
0	0
9	3
9	4
10	4
10	4
9	4
9	4
11	3
10	4
9	3
11	4
10	3
8	3
10	4
9	4
8	4

Los resultados obtenidos de las pruebas demostraron que un sistema de temperatura controlada, es mucho mejor que simplemente dejar a la naturaleza los resultados de una cosecha, cuando esta puede presentar cambios inesperados. La gráfica 1 nos permite visualizar claramente estos resultados.

Gráfica 1. Resultados de germinación de semillas de forma natural y germinación con temperatura y humedad controlada.



La cámara disminuyó la pérdida de semilla en el proceso de germinación hasta en un 40%, ofreciendo a la agricultura un aumento considerable en su producción.

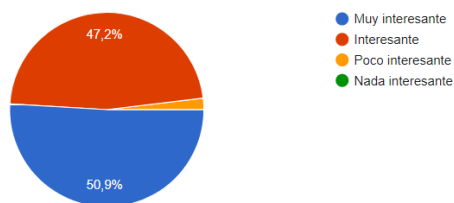
Posteriormente se realizó un estudio de mercado en la zona, para conocer el impacto que este tiene en las empresas dedicadas a la agricultura.

Una vez que se aplicó el instrumento de recolección de datos en las diferentes empresas de la zona, los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

Gráfica 2. Interés por la Cámara Experimental

¿Cómo de interesante es la Cámara experimental incubadora de huevos y germinadora de plántulas de diferentes zonas climáticas para usted?

53 respuestas

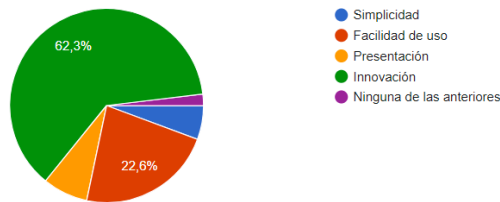


En la gráfica 2 se observa que el 50.9 % de los encuestados respondieron que es muy interesante la Cámara Experimental; sin embargo, el 47.2 % considera que es interesante y el 1.9 % respondieron que es poco interesante.

Gráfica 3. Aspectos que le atraen del producto

¿Cuál o cuáles de los siguientes aspectos le atraen del producto?

53 respuestas

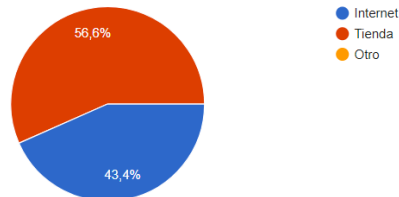


En la gráfica 3 se observa que el 62.3 % de los encuestados respondieron que es un producto innovador; sin embargo, el 22.6 % considera que tiene facilidad de uso, el 7.5 % respondió que es la presentación, el 5.7 % simplicidad y el 1.9 % ninguna de las anteriores.

Gráfica 4. Lugar dónde adquirir la Cámara Experimental

¿En qué lugar le gustaría poder comprar este producto?

53 respuestas

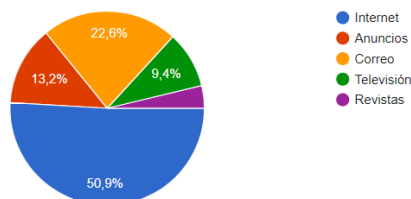


En la gráfica 4 se observa que el 56.6 % de los encuestados respondieron que prefieren comprar en tienda, mientras que el 43.4 % lo prefieren comprar por medio de internet.

Gráfica 5. Información de la Cámara Experimental

¿A través de que medio le gustaría recibir información sobre este producto?

53 respuestas

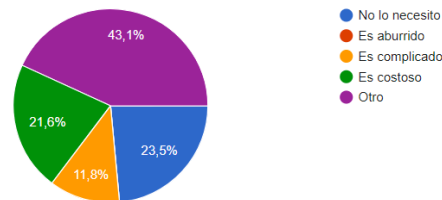


En la gráfica 5 se observa que el 50.9 % de los encuestados les gustaría adquirir el producto por internet, el 22% por correo, mientras que el 13.2% por anuncios, el 9.4% por televisión y el 3.8% en revistas

Gráfica 6. Aspectos que no le atraen de la Cámara Experimental

¿Cuál de los siguientes aspectos no le atraen del producto?

51 respuestas



En la gráfica 6 se observa que el 43.1% de los encuestados respondieron que es otro el aspecto o por otro motive no mencionado en las respuestas por las cuales no les atrae del producto, el 23.5% no lo necesitan, el 21.6% es costoso y el 11.8% es aburrido.

Gráfica 7. Probabilidad de comprar la Cámara Experimental

Partiendo de la base en que el precio de este producto le parecería aceptable ¿Qué probabilidad hay de que lo compre?

53 respuestas

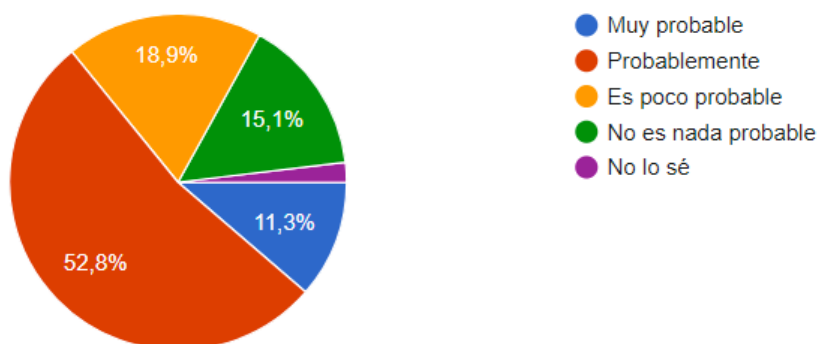


En la gráfica 7 se observa que el 41.5% de los encuestados respondieron que lo comprarían en un tiempo; sin embargo, el 37.7% puede que lo compre en un tiempo, el 15.1% lo compraría en cuanto estuviera en el mercado y el 5.7% no creo que lo compre.

Gráfica 8. Costo de la Cámara Experimental

¿Compraría este producto a un precio de \$4000.00 ?

53 respuestas



En la gráfica 8 se observa que el 52.8 % de los encuestados respondieron que probablemente comprarían la Cámara en un precio de \$4000.00, sin embargo, el 18.9% considera que es poco probable, el 11.3% es muy probable e interesante y el 1.9% respondieron que es poco interesante.

Una vez que se analizaron los resultados se puede sostener que los resultados obtenidos fueron mayores a los esperados, pues esta cámara, beneficia tanto a la investigación como a la agricultura, ya que esta última es la más afectada y la que menos recursos dispone para incrementar la calidad en su producción. El área que presenta mayor oportunidad es la marca, pues difundir que la calidad del producto es igual a la que ofrecen prestigiasdas empresas, es un reto muy fuerte que desde este momento necesitamos poner en marcha, pues dentro de algunos sectores un simple nombre, te abre las puertas para desarrollarte en el mercadeo.

Por otro lado es necesario destacar que el proyecto presentado fue realizado en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, por lo tanto es un proyecto en el cual los docentes y alumnos que trabajaron en él les permitió aplicar los conocimiento, así mismo el proyecto se ha utilizado para explicarle a los alumnos de nuevo ingreso de las diversas carrera del instituto la importancia del desarrollo de proyectos de innovación, mismo que en un futuro los alumnos de nuevo ingreso pueden desarrollar otros proyectos similares o bien hacerle mejoras

al proyecto INGE. Con ello será posible que se pueda ofertar a las diferentes empresas del estado de Veracruz, México [4], en donde se identifican como clientes potenciales iniciales a las siguientes de empresas:

- INIFAP (a nivel nacional):
- 8 Centros de investigación Regional (CIR)
- 5 Centros de Investigación Disciplinaria (CENID)
- 38 Campos Experimentales (CE)
- 39 Sitios Experimentales (SE)
- 42 Laboratorios
- Centros de Bachillerato Tecnológico Agropecuario (CBTA):
- Se cuenta con 290 Centros de Bachillerato Tecnológico Agropecuario en 31 Entidades Federativas.

Ingenios azucareros (a nivel nacional y estatal):

- Se cuenta con 58 ingenios azucareros a nivel nacional y 22 ingenios azucareros a nivel estatal (se mencionan más adelante).
- Empresas semilleras en México:
- Hay 16 empresas semilleras en México

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.

Actualmente las plagas más potenciales de los cultivos de la región [13] son: Mosca pinta-Caña de Azúcar, Gusano cogollero-Maíz, Diabrotica-Frijol, Mosca Blanca-Tomate y Pimiento, entre otros. Tan solo de estos insectos, la Mosca Pinta en el cultivo de Caña de Azúcar ha representado una reducción en el rendimiento neto de la producción de caña de azúcar de un 20-70%. Derivado de esto y conociendo las condiciones óptimas de eclosión de los mencionados insectos plaga [11], podemos minimizar las pérdidas ocasionadas por los mismos al conocer su ciclo biológico y el momento oportuno de controlar dicho estadio. La región beneficiada directamente sería la perteneciente a todo el estado de Veracruz y zonas productoras de estos cultivos [3].

La capacidad del prototipo es limitada, por lo tanto, serán necesarias mejoras en el diseño y tamaño para lograr aumentar la producción. Como una idea nueva se propone la implantación de paneles solares para obtención de la energía operativa del prototipo, además esto proporcionaría condiciones generales para la movilización y ubicación del equipo (laboratorio o invernadero). El prototipo se puede adaptar para distintas condiciones de temperatura, humedad y luminosidad. En resumen, se logró diseñar y construir una cámara experimental INGE, que cumpla las funciones de incubadora de insectos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barranco Gutiérrez, A. I., Sandoval Galarza, J. y Martínez, D. S. (2015). Camera as Position Sensor for a Ball and Beam Control System. *Computación y Sistemas* Vol. 19, No. 2, p. 273–282. DOI: 10.13053/CyS-19-2-1931.
- CEDEFUT A.C. (2015). CEDEFUT A.C. Obtenido de: http://www.concitver.com/4_1AsociacionesAgricolas.html
- Hernández Sampieri, R. Fernández Collado, C. y Pilar Baptista, L. (2010). Nacimiento de un proyecto de investigación cuantitativa. En: *Metodología de la investigación*. Mares Chacón, J. Editorial Mc Graw Hill. México, D.F. 24-30.
- INEGI. (s.f.). INEGI. Obtenido de: <http://www.inegi.org.mx/>
- Internet Archive (2010). Wayback Machine. Disponible en: http://3.bp.blogspot.com/_jDvul0Mj1So/S2hiwY_E9DI/AAAAAAAABZQ/PPKm6sCE59c/s1600-h/
- Loomis, R. S. y Connor, D.J. (2002). *Sistemas Agrarios*. En: *Ecología de cultivos, Productividad y manejo en sistemas agrarios*. Editorial Mundi-Presa. España. 3-34.
- Maroto, J.V. (1998). Avances científicos y tecnológicos. En: *Historia de la Agronomía*. Editorial Mundi-Prensa, España. 280-285.
- Matic, N. (2018). MicroC Pro. Recuperado de: <https://www.mikroe.com/mikroc-pic>
- Matic, N. (2018). MikroElektronika. Obtenido de: <https://www.mikroe.com/easypic>
- Ritchie, D. M. y Kernighan, B. W. (2010). *El Lenguaje de Programación C*. México: Pearson Educación
- Rizo, E. (2018). Exótica protección para cultivos de alto valor. *Productores de Hortalizas*. Obtenido de <http://www.hortalizas.com>
- Rossano, V. (2013). *Proteus VSM*. Buenos Aires: Argentina.
- Urbano Terrón, P. (2002). *Sistemas de Cultivo*. En: *Fitotecnia, Ingeniería de la Producción Vegetal*. Editorial Mundi-Prensa. España. 25-45.
- Willan, R. L. (1991). *Guía para la manipulación de semillas forestales*. Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.: DANIDA

MEDICIÓN DE MASA Y REPRODUCCIÓN DE *Eisenia foetida* UTILIZANDO RESIDUOS VEGETALES Y ANIMALES

MERCEDES MURAIRA SOTO¹, EMANUEL PÉREZ LÓPEZ², ROBERTO PANUNCIO MORA SOLÍS³

RESUMEN

El reciclaje como proceso de transformación para el aprovechamiento de desechos orgánicos es excelente puesto que permite utilizar residuos para convertirlos en productos útiles. En la agricultura este proceso es utilizado mediante la fabricación de compostas y lombricompostas usando desechos vegetales y animales; por las razones antes expuestas, se realizó este trabajo para determinar el efecto de sustratos y mezclas de éstos en el incremento de la masa y población de *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana). El modelo experimental utilizado consistió en tres bloques completamente al azar con cuatro repeticiones cada uno, dando como resultado que para la reproducción y ganancia en masa de lombrices el mejor sustrato fue el estiércol bovino, seguido por la mezcla de estiércol bovino más cascarilla de café y por último la de estiércol bovino más hoja de plátano.

Palabras clave: *Eisenia foetida*, estiércol, incremento, reciclaje, sustrato.

ABSTRACT

Recycling as a process of transformation for the use of organic waste is excellent since it allows to use waste to turn them into useful byproducts. In agriculture this process is used by the production of composts and vermicompost using vegetable and animal waste; for the reasons explained above, this work was carried to determine the effect of substrate and mixtures of these in the increase of the mass

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan.
mercedes_muraira@hotmail.com

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan. genial24@msn.com

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan.
Roberto_190@hotmail.com

and population of *Eisenia foetida* (Californian red worm). The experimental model used consisted of three completely randomized blocks with four replicates each, resulting in the best substrate for the growth and mass gain of worms, followed by the mixture of bovine manure plus coffee husk and finally bovine manure plus banana leaf.

Keywords: *Eisenia foetida*, *manure*, *increase*, *recycling*, *substratum*.

INTRODUCCIÓN

La lombricultura es una alternativa para la generación de abono orgánico con la finalidad de mejorar la fertilidad del suelo, en forma natural y económica [2].

La lombricultura es una tecnología que utiliza una especie de lombriz domesticada para transformar todo tipo de material orgánico en humus, carne y harina de lombriz como productos finales [6].

De acuerdo con [3] algunos de los beneficios principales de la lombricultura son los siguientes:

- Permite procesar recursos que, de otra manera, serían desperdiciados y arrojados a los basureros.
- Al impedir que los residuos orgánicos se acumulen en los basureros, se evita la producción de gases tóxicos y líquidos que pueden contaminar el subsuelo.
- La cría de lombrices no requiere grandes inversiones, espacios, infraestructura ni tiempo.
- El abono orgánico obtenido mediante esta tecnología es un fertilizante con alto porcentaje en nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio, además de minerales y micronutrientes necesarios para los cultivos, más fácilmente absorbidos por las plantas que los fertilizantes sintéticos.
- La lombricomposta también contiene hormonas de crecimiento para los cultivos, así como enzimas y una alta población microbológica benéfica y libre de patógenos.

Con respecto a lo anteriormente mencionado, [4] afirma que la lombricomposta tiene importantes ventajas sobre los fertilizantes químicos: es totalmente natural, mejora la porosidad y retención de humedad del suelo, aumenta la colonia bacteriana y su sobredosis no genera problemas. Además posee un alto contenido microbiano (hongos, bacterias y actinomicetos), por lo que es un producto muy útil en la regeneración de suelos erosionados y con bajos contenidos de materia orgánica.

Los residuos orgánicos, tales como el estiércol de diferentes especies de animales, son una buena fuente significativa de patógenos que generan malos olores, además de contaminar tanto al agua, como al aire y el suelo, siendo la lombricomposta una de las mejores opciones para disminuir el riesgo de contaminación ambiental.

El tratamiento de residuos orgánicos es un tema que ha cobrado relevancia durante los últimos años, debido a los problemas ocasionados por la contaminación y el mal manejo de éstos.

Es así como han proliferado basureros y vertederos ilegales, además de que también se tratan como desecho elementos o residuos que pueden volver a tener una vida útil pero como otro producto, mediante algún proceso de carácter fisicoquímico [1].

Actualmente el sector agrícola atraviesa por una situación crítica debido al uso excesivo de pesticidas y fertilizantes de síntesis química y a los altos costos de producción, por lo que es indispensable buscar alternativas de solución; y es aquí precisamente donde la lombricomposta, como una estrategia ecológica y económicamente viable, juega un papel importante, ya que la lombriz roja californiana recicla los residuos orgánicos transformándolos en abonos de alta calidad, los cuales se aplican al suelo con la finalidad de recuperar su fertilidad, actuar como regulador de su pH, aportar materia orgánica, mejorar su estructura y aireación, entre otros.

En la actualidad los sectores productivos generan grandes cantidades de residuos orgánicos, como las excretas de animales y residuos agrícolas, principalmente, los cuales pueden tener alguna aplicación, pero en la mayoría de los casos no son

reutilizados ni reciclados, sino simplemente quemados o arrojados a los basureros, sin ningún tratamiento previo, generando todo esto un impacto negativo al medio ambiente en cuanto a contaminación se refiere [8].

Una de las alternativas rentables para el tratamiento de estos residuos, es utilizarlos como sustratos para la cría de lombrices y contribuir de esta manera a disminuir la contaminación ambiental, ya que este proceso no solo elimina los desechos, sino que del mismo modo se pueden generar ingresos, debido a que esta especie de lombriz es utilizada como alimento en la avicultura y piscicultura; además de que se puede obtener abono orgánico (lombricomposta) el cual se puede aplicar en jardinería, cultivos hortícolas, viveros, árboles frutales, huertos familiares, entre otros.

A través de los años y como resultado de las actividades realizadas por diversos investigadores a nivel mundial, se han generado innumerables evidencias respecto a los beneficios, ventajas y razones relacionadas con el empleo de los abonos orgánicos. Desde el punto de vista ecológico, se ha incrementado la preocupación por fomentar las prácticas agrícolas que armonicen con el cuidado del ambiente. El uso de abonos orgánicos mejora las condiciones de suelos que han sido deteriorados por el uso excesivo de agroquímicos y su sobreexplotación, siendo las consecuencias directas de estos dos eventos: la pérdida de la materia orgánica, pérdida de la fertilidad y la contaminación de los suelos y mantos freáticos, cuya producción agrícola puede ser también contaminada [7].

Es así como la agricultura orgánica demanda el uso de abonos orgánicos para mantener sano al suelo y los productos cosechados libres de sustancias tóxicas.

En general, se conocen alrededor de 3000 especies de lombrices, sin embargo, la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) es de las más utilizadas en la lombricultura debido a su rusticidad, tolerancia a los factores ambientales, alta tasa de crecimiento, alta eficiencia productiva y a su fácil manejo [5].

La facilidad con que *Eisenia foetida* transforma residuos animales y vegetales en abono orgánico para jardinería, horticultura, cultivos básicos y frutales permite aprovechar desechos que generan un impacto ambiental negativo, procedente de actividades antropogénicas.

La crianza y manejo intensivo de la lombriz de tierra, es una actividad que se desarrolla en todo el mundo, ya que realiza una de las acciones más beneficiosas en la explotación pecuaria, mejorando la fertilidad de los suelos [9].

Los desechos inútiles son una forma de materia que, aunque enérgicamente pobre, sirve a otros organismos, que la vuelven a hacer aprovechable en el ciclo vital [9].

En lo que respecta a calidad y conversión de abono, así como a la capacidad reproductiva de *Eisenia foetida*, se ha comprobado que la vacaza dio mejores resultados que la pulpa de café [10].

En investigaciones realizadas se ha evidenciado que las lombrices prefieren los estiércoles que otros materiales [1], por tal motivo es necesario determinar el orden de preferencia de éstas por los diferentes estiércoles de cada región.

Considerando estos estudios se realizó el presente proyecto de investigación bajo la hipótesis: la lombriz roja californiana tiene mayor reproducción y ganancia de masa en los estiércoles que en mezclas de éstos con desechos vegetales. Teniendo como objetivo determinar cuál es el sustrato óptimo para la ganancia en masa y reproducción de *Eisenia foetida*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se desarrolló en las instalaciones del Laboratorio de Química del Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan (ITCP), de agosto a diciembre de 2017.

Los residuos orgánicos fueron colectados de la siguiente manera: el estiércol bovino de la posta zootécnica del ITCP, las hojas de plátano en condición verde fueron donadas por productores del ejido San Bartolo, Tuxtepec, Oaxaca; y la cascarilla de café fue adquirida en el municipio de Valle Nacional, Oaxaca.

El estiércol bovino fue utilizado en seco, eliminándole manualmente las partículas extrañas.

La cascarilla de café en estado seco se trituró en un molino manual, marca Estrella, se precomposteó durante 15 días antes de colocar las lombrices, debido a que, al realizar la prueba de siembra con 10 especímenes, éstas se murieron.

Posterior a esto se realizó la mezcla con estiércol bovino en una proporción de 1:1 (masa/masa).

La hoja de plátano fue utilizada en fresco, eliminando el raquis y picada con una desbrozadora marca Oakland, modelo DG5202, hasta obtener trozos de aproximadamente 2 cm, se dejó reposar por 24 horas y posteriormente se efectuó la mezcla con estiércol bovino en una proporción de 1:1 (masa/masa).

Se utilizaron tres bloques (tratamientos) completamente al azar con cuatro repeticiones cada uno. Las unidades experimentales fueron contenedores sin perforaciones (recipientes de plástico resistente), cuyas dimensiones son: 50 X 35 X 27 cm de largo, ancho y altura, respectivamente, en los cuales se estudiaron el número y masa de lombrices al inicio y final del experimento; en los Cuadros 1, 2 y 3 se muestran el número y masa de lombrices por sustrato al inicio del proyecto.

Cuadro 1. Número y masa de lombrices en estiércol bovino

Repetición	Lombrices	Masa inicial (g)
1	300	52.6
2	300	46.9
3	300	47.8
4	300	54.9

Cuadro 2. Número y masa de lombrices en estiércol bovino más cascarilla de café

Repetición	Lombrices	Masa inicial (g)
1	300	51.4
2	300	47.3
3	300	49.6
4	300	49.7

Cuadro 3. Número y masa de lombrices en estiércol bovino más hoja de plátano

Repetición	Lombrices	Masa inicial (g)
1	300	51.8
2	300	47.1
3	300	47.5
4	300	53.6

Las unidades experimentales se revisaron dos veces por semana para verificar empíricamente la humedad, y la temperatura usando un termómetro marca Brannan (con escala de -20°C a 110°C). Con base en el contenido de humedad se realizó la práctica de riego aplicando la cantidad requerida de agua, en forma homogénea y comprobando al tacto el contenido adecuado de ésta para evitar excesos y no saturar los sustratos.

Los métodos de análisis que se aplicaron para el comparativo de población final y masa de lombrices fue la Diferencia Mínima Significativa (DMS) con un nivel de significancia del 0.5%, desarrollado en el programa InfoStat versión 2016.

RESULTADOS

El Cuadro 4 muestra la media final de lombrices por sustrato. Determinando que el mejor fue el estiércol bovino.

Cuadro 4. Número final de lombrices por sustrato

T	Sustrato	Media	
1	Estiércol bovino + hoja de plátano.	515.75	A
2	Estiércol bovino + cascarilla de café.	610.0	B
3	Estiércol bovino.	744.0	C

Nota: medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En el Cuadro 5 se muestra la media de la masa final de lombrices por sustrato.

Cuadro 5. Masa final de lombrices por sustrato

T	Sustrato	Media (g)	
1	Estiércol bovino + hoja de plátano.	85.48	A
2	Estiércol bovino + cascarilla de café.	99.13	A
3	Estiércol bovino.	158.65	B

Nota: medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$).

CONCLUSIONES

- El estiércol bovino puro es mejor sustrato que las mezclas de éste con residuos vegetales, ya que proporciona rendimientos superiores en ganancia de masa y número de lombrices.
- La masa es directamente proporcional al número de lombrices, sin embargo, en la cascarilla de café más estiércol bovino se observó una alta presencia de cocones en comparación con los otros tratamientos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Astudillo, C. R. A. (2012). Prefactibilidad técnico-económica del diseño de una planta de lombricultura a base de residuos orgánicos para la producción de abono para la industria de viveros. Tesis de licenciatura. Univ. de Chile. Santiago de Chile.
- Cavazos, A. E. y Muraira, S. M. (2015). Residuos orgánicos regionales para la producción de lombricomposta en la Cuenca del Papaloapan. *Revista Ingeniantes*, 2(1), 30-33.
- Ebadi, Z., G. Abas Kianoush. (2007). Study on earthworm (*Eisenia foetida*) growth and reproduction in substrates of different agricultural and industrial wastes. *Agronomy e horticulture Journal*. 164-170 pp.
- Grupo Emison. (2015). Lombricultura. Barcelona, España: Emison. Recuperado el 27 de junio de 2018 de <http://emison.com/5132.htm>.
- Guadarrama, R. O. y S. M. Taboada. (2004). La lombricultura, una propuesta al medio rural. In: *Memorias del Primer Congreso Internacional de Lombricultura y Abonos Orgánicos*. 10-12 de marzo de 2004. Guadalajara, Jalisco, México.
- Morales-Munguía, J. C., M. V. Fernández-Ramírez, A. Montiel-Cota, B. C. Peralta-Beltrán. (2009). Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*Eisenia foetida*). *BIOTecnia XI*(1): 19-26.
- Nieto, G. A., Murillo, A. B. y Troyo, D. E. (2002). El uso de compostas como alternativa para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum*) en zonas áridas. *INCI* 27(8): 417-421.
- Oei, P. (2003). *Mushroom cultivation*. Tercera edición. Backhu Publishers. Leiden, Netherlands.
- Ponce, R. J. E. (2015). *Proceso de producción del lixiviado de vermicompost* (tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Ramón, R. A. (2014). Producción y calidad de abono orgánico por medio de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y su capacidad reproductiva. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Agrotech. Recuperado de: <http://www.fao.org/docs/eims/upload/agrotech/936/Producci%C3%B3n%20y%20Calidad%20de%20Abono.pdf>

DISEÑO Y CARACTERIZACIÓN DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN FORZADA PARA LA REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA DE COMPOSTA ORGÁNICA

RAÚL LÓPEZ LEAL¹, MARÍA LUISA SILICEO RODRÍGUEZ²,
DANIEL HERNÁNDEZ PITALUA³,

RESUMEN

En este proyecto se realiza un estudio de los efectos térmicos de la ventilación forzada en el interior de la composta. La ventilación forzada es una forma de obtener una temperatura adecuada en el interior de la composta y una manera de acelerar el proceso de descomposición de la basura orgánica. El proyecto intenta tratar todos y cada uno de los temas referidos al movimiento del aire en el interior de la composta, para poder tener así, una mejor comprensión de los mecanismos internos de distribución de temperatura dentro de la biomasa, ya que regularmente la temperatura de la composta no es la ideal para el proceso de degradación bacteriana que se encargan de descomponer la materia orgánica. Es por ello que se está realizando el proyecto de diseñar y caracterizar un sistema de ventilación forzado con el cual se pretende regular la temperatura de la composta a una temperatura deseada de unos cincuenta a sesenta grados para una óptima degradación microbiana ya que estos materiales se encuentran acomodados en capas y sometidos a un proceso de descomposición. El objetivo general planteado es diseñar y modelar matemáticamente un sistema de ventilación forzado por medio del cual se regulará la temperatura de la composta orgánica.

Palabras Clave: Composta, Regulación de temperatura, Modelado matemático.

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. rlopezleal@gmail.com

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. maluisasilii@hotmail.com

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, dpitalua@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

Actualmente la población ha crecido y con ella ha incrementado la generación de residuos orgánicos y ante esta situación ha surgido la necesidad de una solución a este problema y ello es el compostaje ya que es una forma de reutilizar la basura orgánica transformándola en abono para las plantas, es una forma muy antigua pero ahora nuestro objetivo es adecuar su temperatura por medio de un diseño de sistema de ventilación forzado. Hoy en día hay empresas que en conjunto con el factor humano intentan con sus aptitudes, capacidades y destrezas mantener un área de trabajo para explotar al máximo sus conocimientos y tomar los recursos necesarios con que cuentan en sus instalaciones, es por ello que se toma en cuenta un aspecto importante como lo es el adecuar la inyección de aire utilizando un sistema de ventilación forzado que se ajuste a las necesidades del proceso de la regularización de la composta. La ventilación forzada también es llamada ventilación mecánica es el proceso por el cual se suministra o se extrae aire de un determinado espacio utilizando herramienta como ventiladores con el objetivo de controlar los niveles de calor y así obtener una temperatura adecuada, es decir se inyecta una cierta cantidad de aire con la finalidad de disminuir la temperatura de la composta. Es necesario diseñar un sistema de ventilación forzado para disminuir la temperatura y mejorar el flujo de aire a través de tubos de PVC de 4 “a una reducción de 2” con orificios de diferentes tamaños para una mayor distribución del aire tratando de obtener una temperatura de 50 a 60 grados que sería lo ideal para la composta.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los principales problemas en la organización es que la temperatura de la composta no es la ideal para un mejor proceso que llevan a cabo los microorganismos que se encargan de descomponer la materia orgánica y si están a una temperatura mayor a sesenta y cinco grados estos mueren y no cumplen con el proceso de descomposición y lo retrasa el abono orgánico que se forma. Por lo que se esta realizando el proyecto de diseñar y caracterizar un sistema de

ventilación forzada con el cual se pretende regular la temperatura de la composta a una temperatura deseada de unos cincuenta a sesenta grados para una óptima degradación microbiana ya que estos materiales se encuentran acomodados en capas y sometidos a un proceso de descomposición.

OBJETIVOS

El objetivo general es diseñar y modelar matemáticamente un sistema de ventilación forzada por medio del cual se regulará la temperatura de la composta orgánica. Los objetivos específicos son:

III.1 Investigar el tipo de ventilación forzada para regular la temperatura necesaria que requiere la composta.

III.2. Organizar matemáticamente el flujo de calor dentro del cuerpo de la biomasa de la composta, de acuerdo a funciones de mecánica de fluidos la distribución y dimensiones de toberas de salida para una distribución homogénea de aire.

III.3 Proponer un sistema eléctrico de potencia para un mejor funcionamiento de los ventiladores.

JUSTIFICACIÓN

Actualmente las temperaturas en estas localidades son inestables por lo cual se requiere de ciertos sistemas de ventilación forzada que permitan adecuar la temperatura de algunos procesos de descomposición como lo es la composta. Ya que si no se cuenta con una adecuada temperatura la mezcla de desechos orgánicos se llevará en un proceso muy lento y con un producto final de baja calidad ya que los macroorganismos morirán por la alta temperatura que hay dentro de la composta. Es importante mencionar que la actividad microbiana produce un incremento de temperatura es por ello que hay que adecuarla para que su descomposición de la materia orgánica sea más rápida y para ello hay ocasiones en las que se requiere de implementar maneras de generar una ventilación favorable para la composta. Es por esto que nuestro propósito es diseñar y caracterizar un sistema con el cual se pueda obtener la disminución de

la temperatura que estos microorganismos generan y así obtener mejores resultados. Nuestro sistema de ventilación forzada o también llamada mecánica hará que el flujo de aire este regulado y garantizando mediante la operación de un sistema mecánico, un ventilador accionado mediante energía eléctrica, haciendo que el aire circule a una velocidad necesaria.

METODOLOGÍA

Diseño experimental.

La etapa experimental de esta investigación se realiza por parte de la empresa Soluciones en Ingeniería y Desarrollo Tecnológico S.A. de C.V. con la cual pretendemos obtener una buena calidad de composta, cual utilizaremos como abono para las plantas de nuestra Institución. En todo el proceso se ha utilizado el cincuenta por ciento de basura orgánica como cascara de frutas y verduras, residuos de comida que se recolecta de los diversos botes de basura colocados en la institución con el fin de separar la basura, el otro cincuenta por ciento es conformado por pasto, las hojas de los árboles y tierra. Una vez que se recolecta lo anteriormente mencionado se revuelve y se coloca como en forma de montaña para que escurra el jugo de algunos alimentos que sueltan en eta de descomposición, la superficie donde se coloca la composta debe tener un cierto desnivel para que los líquidos se vallan al desagüe.

Con forme van pasando los días se empiezan a descomponer la materia orgánica generando microorganismos y estos a su vez ocasionan un incremento a la temperatura de la composta, por lo cual se requiere estabilizarla ya que de lo contario estos microorganismos pueden morir y son de mucha utilidad para el proceso de descomposición de la materia, de lo contario alentaré el proceso.

Instrumentos y Materiales.

Dentro de los instrumentos que se utilizaron en este proyecto son un sistema de sensado para registrar los datos de temperatura en cada uno de los seis puntos contemplados de manera estratégica y se media diez segundos cada uno en periodos de cinco minutos y este procedimiento se realiza por dos horas para ver

el comportamiento de la temperatura dentro de la composta. Los datos fueron capturados en tablas de Excel para poder realizar su respectiva gráfica y de esta forma analizar las variaciones de temperatura en cada uno de los puntos y una vez que se analizan se hará el modelado matemático de como disminuye la temperatura de la composta.

Diseño de ventilación forzada.

El diseño fue basado de acuerdo a la necesidad que presenta la composta ya que con forme van pasando los días y se crean los microorganismos estos van generando un aumento de temperatura en la misma y para que se obtenga composta de buena calidad su temperatura debe ser entre los cincuenta y sesenta grados, por lo que se ve en la necesidad de generar un diseño que la regule, recurriendo a una ventilación forzada. Este tipo de diseño de ventilación forzada hará que su temperatura se este regulando de manera constante y consiste en una tubería de PVC, en forma de escuadra con dos diámetros uno de cuatro y dos pulgadas, la tubería de dos pulgadas lleva seis orificios de diversos tamaños con la finalidad de dispersar el aire y que llegue a la mayor parte de la temperatura más alta de la composta, y en la tubería de cuatro pulgadas se instalaron dos ventiladores para mayor generación de aire. Con este tipo de ventilación pretendemos que se suministre aire en los espacios más requeridos de la composta y para ello se utilizan los dispositivos mecánicos llamados ventiladores con el objetivo de controlar los niveles de calor ya que ya la ventilación natural no abastece o es insuficiente de mantener la temperatura ideal que necesita.

Materiales para la Construcción del Sistema de Ventilación Forzada

Materiales.

Tubo de PVC de 4 pulgadas.

Tubo de PVC de 2 pulgadas.

Codo de PVC de 4 pulgadas.

Reducción de 4 a 2 pulgadas.

Cople de 4 pulgadas.

2 ventiladores.

Medidas y Funciones.

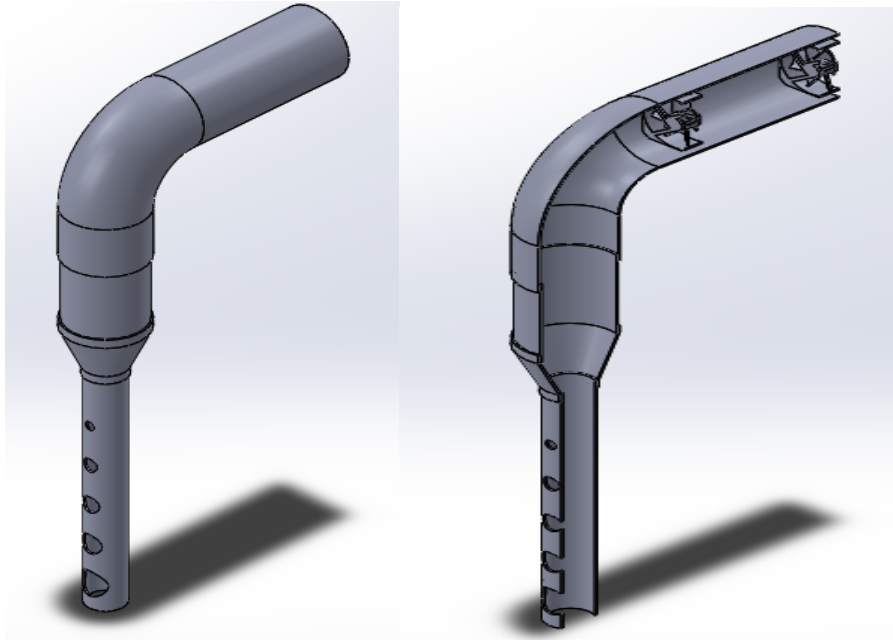
En la tubería de cuatro pulgadas van los dos ventiladores con veinte centímetros de distancia uno del otro, y este tubo tiene cincuenta centímetros de largo conectado a un codo de cuatro pulgadas y este a su vez se conecta a una reducción de cuatro a dos pulgadas y el tramo de dos pulgadas mide cuarenta y cinco centímetros y lleva seis orificios cuyos diámetros van incrementándose conforme va descendiendo la tubería, el primero se encuentra en la parte de abajo de la reducción con un diámetro de uno punto dos centímetros, el segundo orificio es de uno punto ocho centímetros, el tercero cuneta con dos punto dos centímetros, el cuarto con tres centímetros, el quinto con tres punto ocho centímetros y el sexto con un diámetro de cuatro punto dos centímetros, el objetivo de ir incrementando el diámetro de los orificios es para que no salga todo el aire generado por los ventiladores sino que se va dispersando poco a poco por cada uno de estos hasta llegar al último, si no se hiciera de esta forma lo que ocasionaría es que la mayor parte del aire saldría en el primer orificio y al sexto quizá ya no llegaría el aire. Otro punto por resaltar es que mientras más aumenta el diámetro de los orificios en el último se expulsa la mayor cantidad de aire, es por ello que se diseñó de esta manera la tubería ya que el orificio más grande es donde se concentra alta temperatura de la composta.

DESARROLLO

Diseño Mecánico del sistema.

En este punto se diseñó a través del software SolidWorks (es el diseño asistido por computadora) el boceto mecánico del sistema de ventilación forzado, con la finalidad de mostrar como quedaría físicamente nuestro proyecto, este diseño se logra ver en tercera dimensión, ya que este programa nos brinda la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar los datos del proceso de diseño.

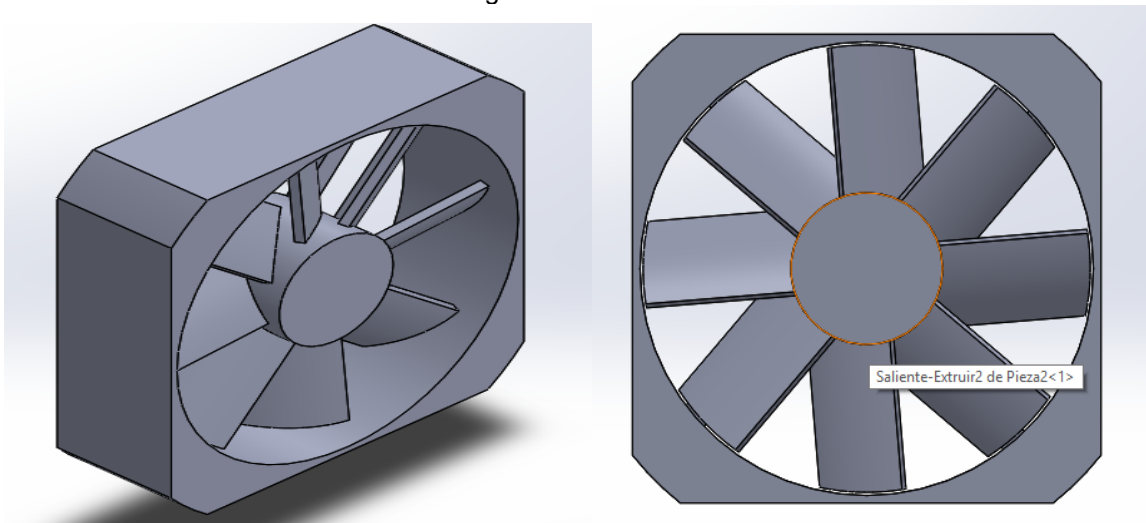
Figura 1. Diseño Final



Diseñar de acuerdo a funciones de mecánica de fluidos la distribución y dimensiones de toberas de salida para una distribución homogénea de aire.

Para realizar este diseño se requiere de tubos de PVC de 4 y 2 pulgadas, un codo de 4 pulgadas, un cople de 4 pulgadas, una reducción de 4 a 2 pulgadas, dos ventiladores de 12 volts. Con todo el material antes mencionado se comenzó crear el diseño uniendo el tubo de cuatro pulgadas con el codo y del codo a tubo de cuatro y posteriormente al cople y de este sale la reducción al tubo de dos pulgadas, el tubo de cuatro pulgadas se colocaron los dos ventiladores a una distancia de veinte centímetros cada uno y el tubo que va en forma vertical que es de dos pulgadas se le hicieron los orificios de diferentes tamaños, el mas pequeño tiene un diámetro de 1.2 cm, el que sigue 1.8 cm, el tercero de 2.2 cm, el cuarto de 3 cm, quinto de 3.8 cm y el ultimo de 4.2cm.

Figura 2. Ventiladores

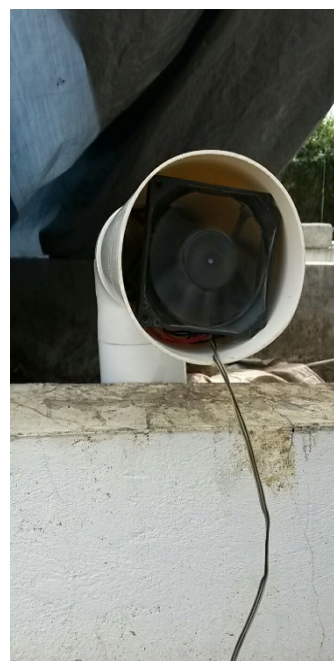


Así es como quedo físicamente y funcionando nuestro diseño en los materiales ya mencionados anteriormente y llevado a la práctica.

Figura 3.



Ventilador
4. Sensor de
Temperatura



Figura

En esta imagen podemos apreciar los ventiladores que están dentro de la tubería de cuatro pulgadas, separados por una distancia de 20 cm cada uno, con los cuales estamos inyectando aire para regular la temperatura de la composta. También se muestra el sistema de censado, el cual esta midiendo la temperatura en la composta y por medio de su sistema vía bluetooth, el cual manda a nuestro teléfono todos los datos que el sensor obtiene.

Modelar matemáticamente el flujo de calor dentro del cuerpo de la biomasa de la composta.

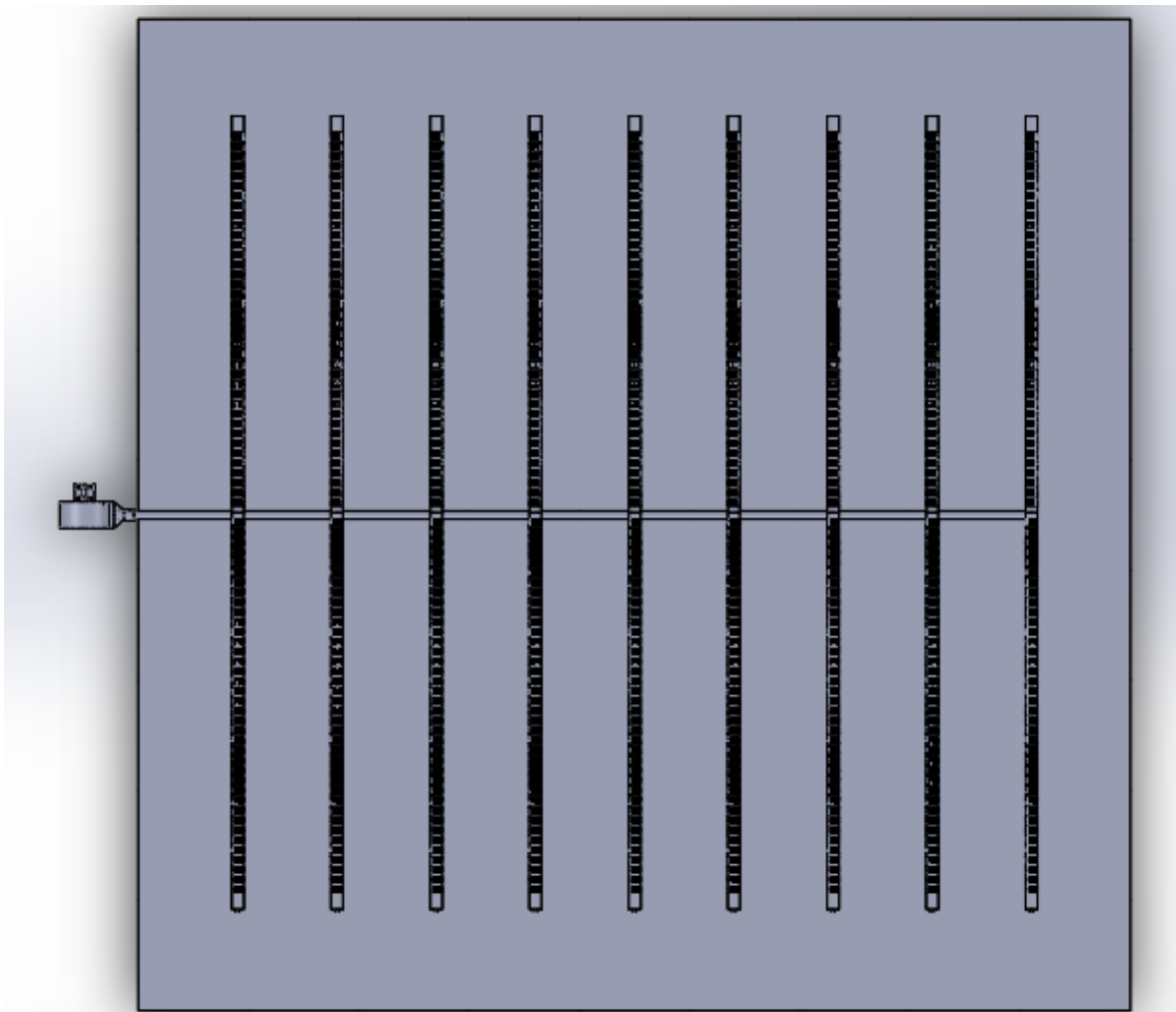
Se realizaron pruebas de medición de temperatura en la biomasa de la composta para verificar el comportamiento de la temperatura interna una vez que se instalo el diseño mecánico, se fue tomando con un sistema de censado en cual utilizamos un sensor de temperatura con el cual medimos en seis puntos estratégicos para cotejar la temperatura dentro de la composta, se media cada minuto por cada punto y el sistema de censado que está diseñado para enviar los datos obtenidos por medio de vía bluetooth a un teléfono celular.

Figura 5. Datos de Temperatura



Como propuesta de diseño de ventilación forzada para composta se aconseja una plancha de concreto con tubos de PVC introducidos en el concreto, los tubos llevaran orificios para ventilar la composta.

Figura 6. Diseño Plancha



En este diseño se propuso hacer una plancha de concreto cuya finalidad es tener un mejor compostaje y de mejor calidad, para que los tubos de la ventilación Forzada no estén en constante movimiento y se mantengan firmes. Es una plancha de concreto de diez por diez metros donde se le instalaron 19 tubos de PVC, el principal es de cuatro pulgadas y diez metros de largo, los otros restantes son de dos pulgadas y cuatro metros de largo a los cuales se les hicieron unos orificios de diferentes diámetros para que haya una mayor dispersión de aire. Como una medida de protección para evitar que se tapen los orificios con la composta se le colocó una maya perforada la cual ayuda a que no pase ningún residuo de la composta y de esta forma el aire pueda pasar fácilmente.

RESULTADOS

La siguiente tabla muestra el registro obtenido, tomando mediciones desde el punto de inyección de aire, con los seis puntos estratégicos alrededor de este, para así obtener una comparación de temperatura del punto de inyección con sus respectivos seis puntos. Tomamos mediciones desde un tiempo cero en el punto de inyección teniendo el sensor diez segundos, una vez transcurrido cambiamos el sensor al punto uno, dejándolo nuevamente diez segundos, y así sucesivamente con los demás puntos, estas mediciones se realizaban cada cinco minutos durante dos horas obteniendo los siguientes datos.

Figura 7. Sistema Bluetooth



De esta imagen se obtuvieron los datos que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1. datos de temperatura

Tiempo	Punto Cero de Inyección	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6
0	26.12	37.25	44	46.19	47	49.88	49.63
5	26	34.3	42.81	46	46.69	48.94	50.63
10	27.31	36.56	44	45.94	46.69	49.75	51.5
15	26.69	33.31	41.63	45.88	46.75	50.81	52.31
20	27	38.44	41.56	45.94	47.88	49.41	50.44
25	26.62	33.94	40.63	42.31	46	48.69	50.38
30	27.13	34.69	37.44	42.25	45.81	49.81	50.44
35	27	29.31	33.56	38.31	38.38	42.63	47.25
40	24.56	27.81	37.81	41.94	45.5	48.81	51.88
45	26.56	27.37	36.75	38.88	41.75	47.44	49.38
50	24.19	27.12	35.56	37.88	44.88	47	49.44
55	27.13	31.12	36.75	38.25	41.63	45.81	50.79
60	25.06	24.44	26.56	36.31	36.13	43.88	49.38
65	30.62	29.25	31.87	35.5	37.06	43	48.75
70	30	29.25	31.44	35.94	36.56	40.5	48.31
75	26.56	26.31	28.44	34.5	35.69	41.13	45.5
80	25.06	25.5	28.31	35.5	36.13	43.06	47.88
85	26.06	26.44	34.25	33.94	42.81	46.65	48.75
90	27.44	27.56	30.87	36.75	39	43.19	46.94
95	27.37	27.44	32.25	36.5	38.38	43.19	48
100	28.81	28.5	33.38	36.44	37.38	42.56	47.44
105	27.5	27.31	34.69	36.69	42.19	47	49
110	29.75	29.12	30.62	35.19	53.31	41.75	47.38
115	27.37	27.06	31.06	34.13	35.63	41.38	46.44
120	28	27.69	30.87	34.69	41.25	44.06	49.94

En la siguiente tabla se muestra la diferencia entre la temperatura del punto de inyección menos la obtenida en cada uno de los puntos, estos datos nos sirven para poder graficar los datos de temperatura respecto al tiempo.

Tabla 2. Datos Para Graficar Temperatura

Punto de Inyección menos Punto 1	Punto de Inyección menos Punto 2	Punto de Inyección menos Punto 3	Punto de Inyección menos Punto 4	Punto de Inyección menos Punto 5	Punto de Inyección menos Punto 6
12.53	17.88	20.07	20.88	23.76	23.51
9.7	16.81	20	20.69	22.94	24.63
10.65	16.69	18.63	19.38	22.44	24.19
8.02	14.94	19.19	20.06	24.12	25.62
12.84	14.56	18.94	20.88	22.41	23.44
8.72	14.01	15.69	19.38	22.07	23.76
8.96	10.31	15.12	18.68	22.68	23.31
3.71	6.56	11.31	11.38	15.63	20.25
4.65	13.25	17.38	20.94	24.25	27.32
2.21	10.19	12.32	15.19	20.88	22.82
4.33	11.37	13.69	20.69	22.81	25.25
5.39	9.62	11.12	14.5	18.68	23.66
0.78	1.5	11.25	11.07	18.82	24.32
0.03	1.25	4.88	6.44	12.38	18.13
0.65	1.44	5.94	6.56	10.5	18.31
1.15	1.88	7.94	9.13	14.57	18.94
1.84	3.25	10.44	11.07	18	22.82
1.78	8.19	7.88	16.75	20.59	22.69
1.52	3.43	9.31	11.56	15.75	19.5
1.47	4.88	9.13	11.01	15.82	20.63
1.09	4.57	7.63	8.57	13.75	18.63
1.21	7.19	9.19	14.69	19.5	21.5
0.77	0.87	5.44	23.56	12	17.63
1.09	3.69	6.76	8.26	14.01	19.07
1.09	2.87	6.69	13.25	16.06	21.94

Las siguientes graficas se sacaron con los datos anteriores para ver el comportamiento de la temperatura en cada uno de los seis puntos con respecto al punto de inyección.

Figura 8. Grafica de mediciones de temperatura

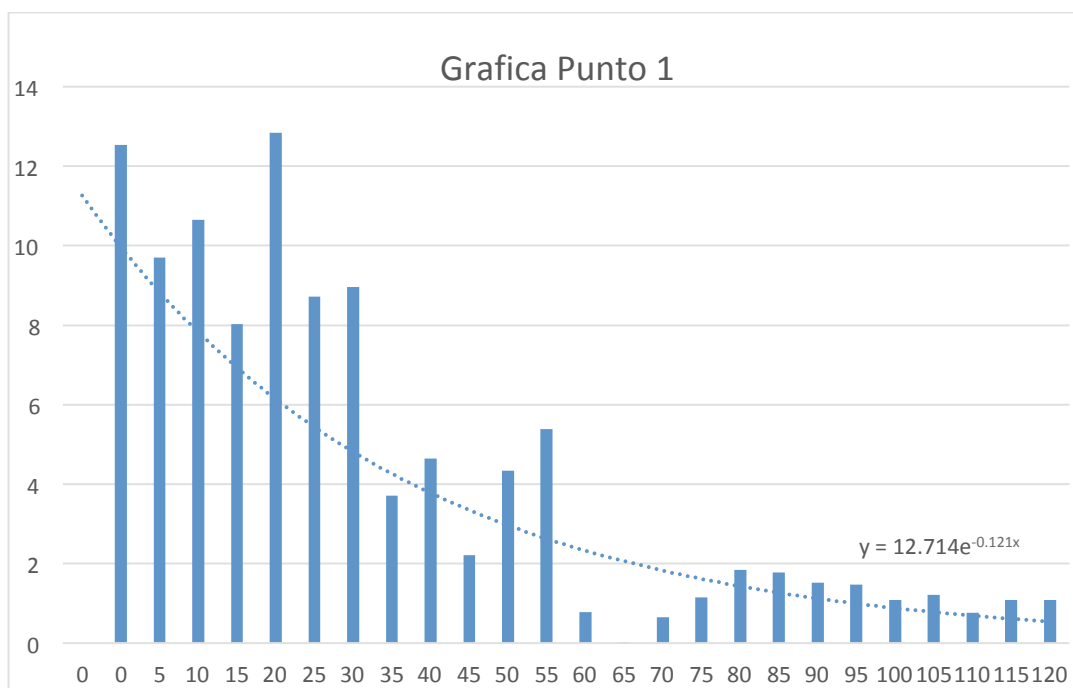


Figura 9. Grafica de mediciones de temperatura

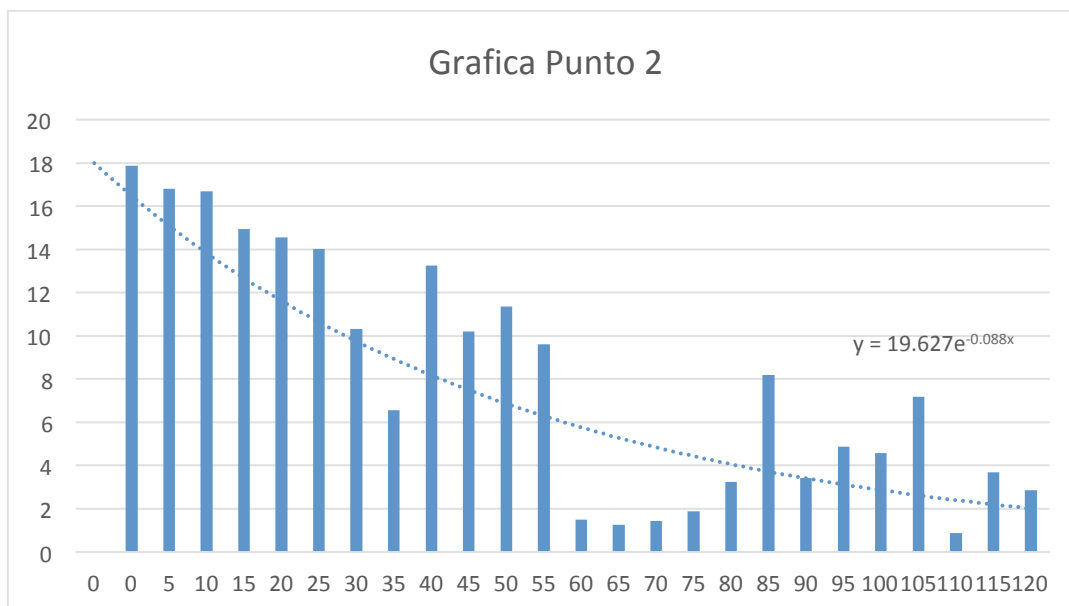


Figura 10. Grafica de mediciones de temperatura

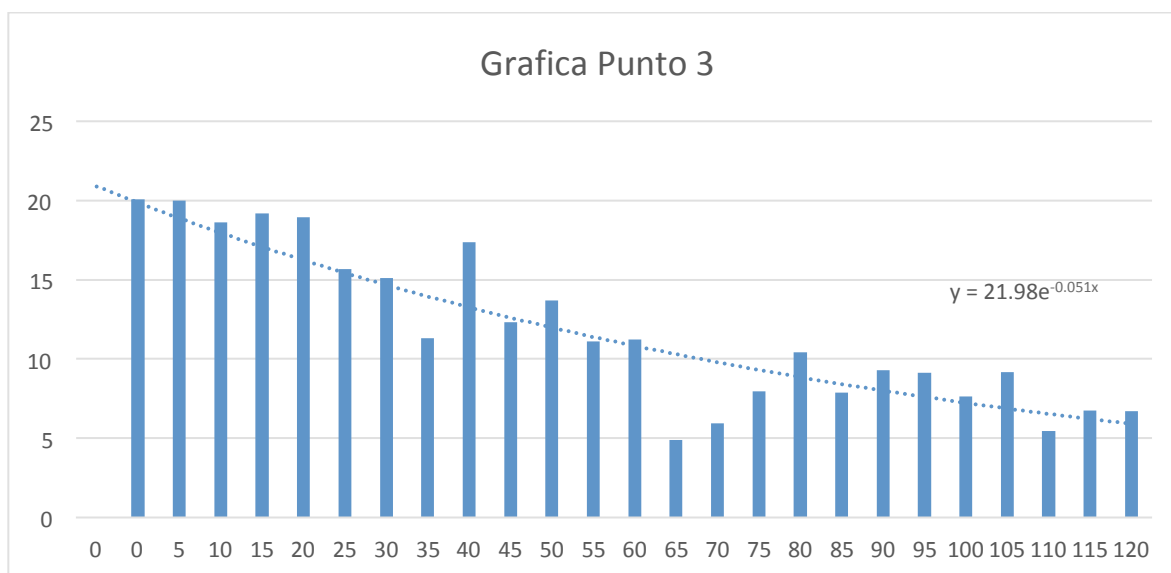


Figura 11. Grafica de mediciones de temperatura

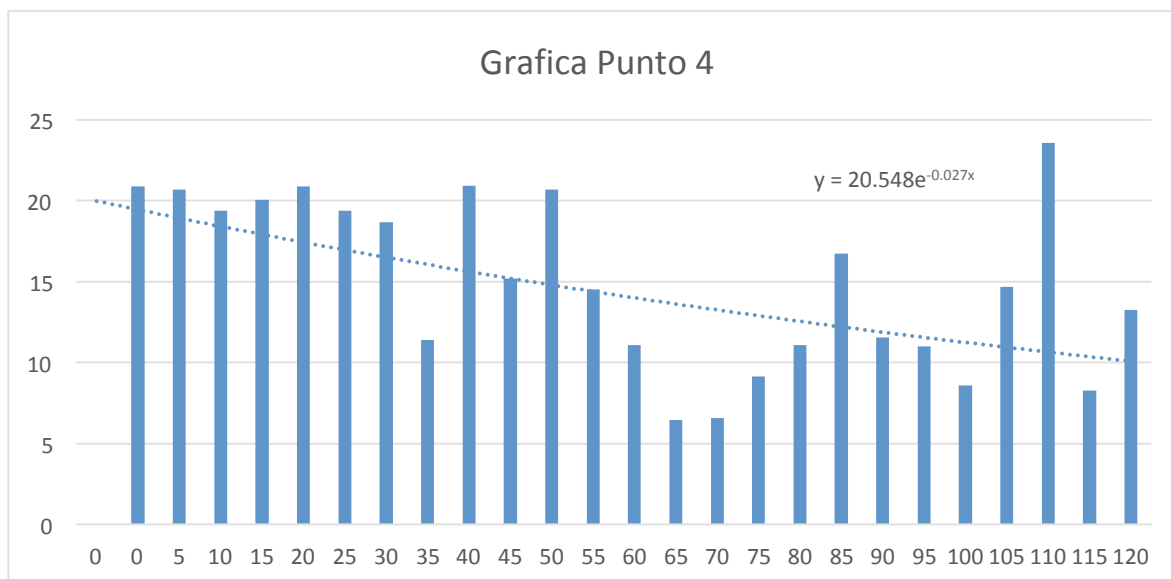


Figura 12. Grafica de mediciones de temperatura

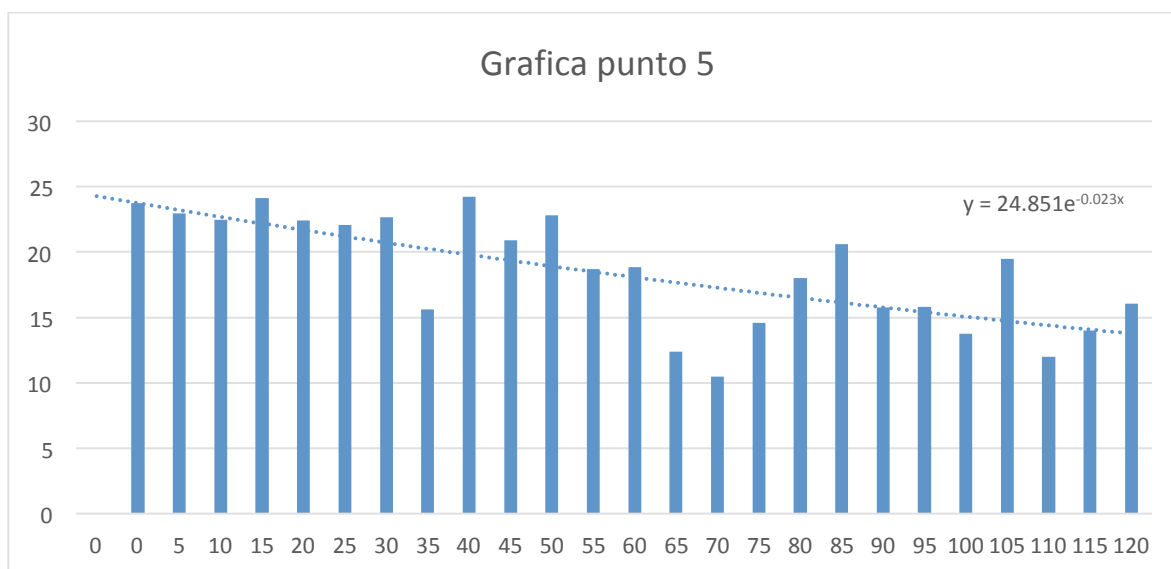
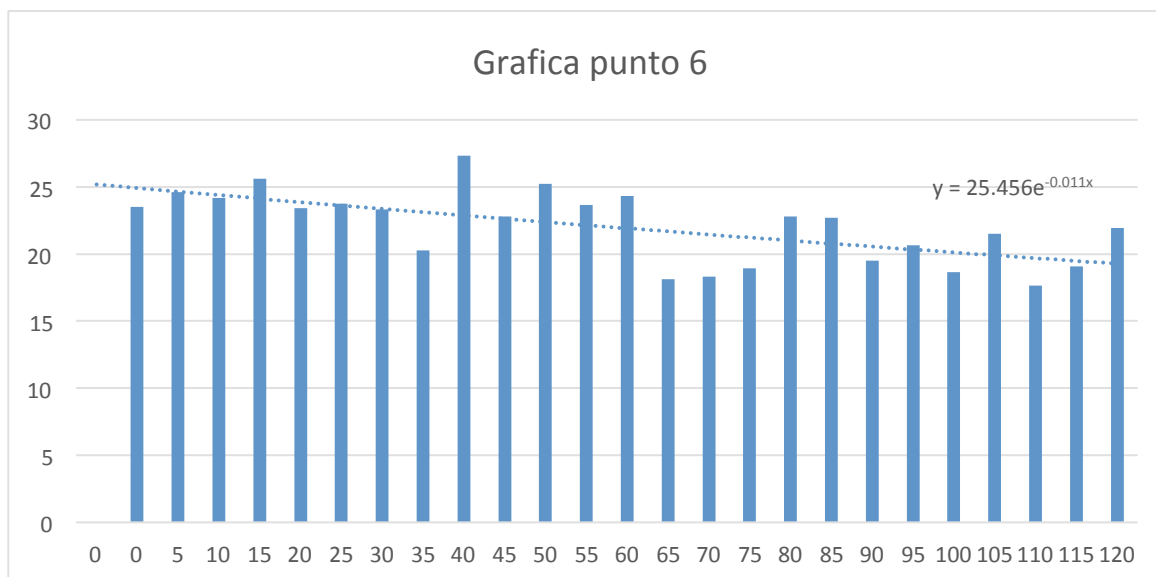


Figura 13. Grafica de mediciones de temperatura



CONCLUSIÓN

Finalmente cabe mencionar que diariamente la ventilación forma parte de nuestras vidas, ya sea en un área de trabajo, viviendas o como en este caso en la composta, para la cual se requirió de diseñar un sistema de ventilación forzado o mecanizado para poder regular de manera forzada la temperatura en el interior de la biomasa composta. En primer lugar, se realizaron los bosquejos en el sistema de software SolidWorks ya que con este programa se pretende ver como quedaría nuestro diseño en tercera dimensión, analizando cada parte del bosquejo y viendo el material que se va a requerir y posteriormente llevarlo a la práctica. Una vez armando nuestro diseño se pone en marcha para ver si funciona como lo habíamos planteado y verificar que realmente la composta tenga la temperatura que necesita para lograr un buen abono natural, para saber como se comporta se llevaron varias tomas en ciertos puntos y los resultados obtenidos fueron los esperados. El diseño de ventilación forzada que se elaboró para la empresa logró cumplir con el objetivo deseado, y en conjunto con algunas herramientas que la misma organización nos proporcionó se tomaron las mediciones para comprobar que efectivamente el aire inyectado en el interior de la composta adecuaba su temperatura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bidlingmaier, W. 1996. Odour emissions from composting plants. En: De Bertoldi, M.; Sequi, P.; Lemmes, B., Papi, T. (Eds.). *The Science of Composting*, Vol I, pp. 71-79. Blackie Academic & Professional, London.
- Castaldi P., Alberti G., Merella R., Melis P. 2005. Study of the organic matter evolution during municipal solid waste composting aimed at identifying suitable parameters for the evaluation of compost maturity. *Waste Manag.*, 25: 209-213.
- Cronje, A., Turner, C., Williams, A. 2003. Composting under controlled conditions. *Environ.Technol.* 24 (10): 1221-1234.
- De Bertoldi, M.; Vallini, G., Pera, A. 1985. Technological Aspects of composting including Modelling and Microbiology. En: J.K.R. Gasser (Ed.). *Composting of Agricultural and other wastes*, pp: 27-40. Elsevier Applied Science Publishers, Bruselas.
- Díaz, M.J., Jiménez, L., Cabrera, F., De Bertoldi, M. 2004. Using a second order polynomials model to determine the optimum vinasse/grape marc ratio for in vessel composting. *Compost Sci. Util.*, 12 (3): 273-279.
- Ekinci, K., Keener, H.M., Elwell, D.L. 2004. Effects of aeration strategies on the composting process: Part I. Experimental studies. *Trans. ASAE*, , 47 (5): 1697-1708.
- Fitzpatrick, G.E., Worden, E.C., Vendrame, W.A. 2005. Historical development of composting technology during the 20th century. *Horttechnology*, 15 (1): 48-51.
- Golueke, C.G., Diaz, L.F. 1987. Composting and the Limiting Factors Principle. *Biocycle*, 28 (4): 22-25.
- Haug, R.T. 1993. *The Practical Handbook of Compost Engineering*. Lewis Publishers. Boca Raton. Florida.
- Hedegaard, M., Krüger, I. 1996. Composting of agricultural wastes in Denmark in respect of potential, industrial process technology and environmental considerations. En: De Bertoldi, M.; Sequi, P.; Lemmes, B., Papi, T. (Eds.). *The Science of Composting*, Vol I, pp. 691-697. Blackie Academic & Professional, London.
- Helynen S. 2004 Overview of European Policies and Directives aimed at promoting energy from wood biomass Future Issues for Forest Industries in Europe, 28 April - 1 May, Dublin, Ireland.
- Hoitink, Harry A. J.; Tseng, David Y.; Chalmers, Jeffrey J.; Tuovinen, Olli H.. 1995. Characterization of a Bench-Scale System for Studying the Biodegradation of

Organic Solid Wastes. *Biotechnol. Progress*, 11(4), 443-51.

Jeris, J.S., Regan, R.W. 1973. Controlling Environmental Parameters for Optimum Composting. Part II, *Compost Sci.* 14 (March-April): 8-15.

Jhorar, B.S.; Phogat, V., Malik E. 1991. Kinetics of composting rice straw with glue waste at different C/N ratios in a semiarid environment. *Arid Soil Rest. Rehabil.*, 5: 297-306.

Kiehl, F.J. 1985. Fertilizantes orgânicos. Editora Agronômica Ceres Ltda, São Paulo-

Körner I., Braukmeier J., Herrenklage J., Leikam K., Ritzkowski M., Schlegelmilch M., Stegmann R. 2003. Investigation and optimization of composting processes-test systems and practical examples. *Waste Manag.*, 23: 17–26

Kulcu, R., Yaldiz, O. 2004. Determination of aeration rate and kinetics of composting some agricultural wastes. *Biores. Technol.*, 93 (1): 49-57.

Liang C., Das K.C., McClendon R.W. 2003. The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. *Biores. Technol.*, 86 131–137.

Madejón, E., Díaz, M.J., López, R., Cabrera, F. 2001. Co-composting of sugarbeet vinasse: Influence of the organic matter nature of the bulking agents used. *Biores. Technol.*, 76: 275- 278.

Madejón, E., Díaz, M.J., López, R., Cabrera, F. 2002. New approaches to establish optimum moisture content for compostable materials. *Biores. Technol.*, 85: 73-78.

Michel, F.C., Pecchia, J.A., Rigot, J. 2004. Mass and nutrient losses during the composting of dairy manure amended with sawdust or straw. *Compost Sci. Util.*, 12 (4): 323-334.

PROPUESTA DE ESPACIO VIRTUAL PARA LA PROMOCIÓN Y DIFUSIÓN DE UN JARDÍN DE PLANTAS ETNOMEDICINALES DE LA REGIÓN, UBICADO EN EL ITSTB.

ANGELITA VENTURA SÁNCHEZ¹, FRANCISCO JAVIER RAMÍREZ MAGDALENO², SAMUEL RAMÍREZ GALINDO³, PATRICIA GUADALUPE MORA NEGRETE⁴

RESUMEN

La herbolaria mexicana tiene antiguas raíces, que datan desde las culturas prehispánicas, que conocían los efectos de las plantas y sabían cómo aprovecharlos para curar enfermedades. Por ello la propuesta que se presenta tiene como objetivo la búsqueda de mecanismos adecuados para preservar y mantener los conocimientos tradicionales de las plantas medicinales de la región cuenca del Papaloapan. El uso de las TIC's son ineludibles para difundir el conocimiento como instrumentos innovadores que ayuden a motivar la búsqueda del conocimiento, esto de una forma asequible ya que según la UNESCO (2012) los teléfonos móviles son comunes incluso en áreas donde las computadoras y las instituciones de formación docente son escasas. (p. 8) En este caso sirve como un puente para la difusión oportuna de la información en las aulas de las instituciones educativas del país y en todos los sectores; por lo tanto, es importante conservar los saberes tradicionales e implementar su difusión apoyándose de las tecnologías de la información y comunicación, con el fin de contribuir al bienestar de los sujetos sociales y al cuidado y preservación de la medicina tradicional.

Palabras claves: Espacio virtual, plantas ednomedicinales, TIC's

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. aventura_75@hotmail.com

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. fcojavier3196@gmail.com

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. sami_2195@hotmail.com

⁴ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. patricia.mora@itstb.edu.mx

Summary Mexican herbalism has ancient roots, dating from pre-Hispanic cultures, who knew the effects of plants and knew how to take advantage of them to cure diseases. Therefore, the objective of this proposal is to search for adequate mechanisms to preserve and maintain the traditional knowledge of medicinal plants in the Papaloapan basin region.

So it is understood that to spread the traditional knowledge of medicinal plants it is necessary to use ICTs as innovative instruments that help motivate the search for knowledge, this in an accessible way since according to UNESCO (2012) mobile phones they are common even in areas where computers and teacher training institutions are scarce. (p.8) In this case it serves as a bridge for the timely dissemination of information in the classrooms of educational institutions in the country; Therefore, it is important to conserve traditional knowledge and implement its dissemination by relying on information and communication technologies, in order to contribute to the welfare of social subjects and the care and preservation of traditional medicine.

Keywords:*Virtual space, *Ethnomedicinal plants, *ICT

INTRODUCCIÓN

La medicina tradicional vigente en todos los grupos étnicos y mestizos de México es una herencia ancestral sobre el conocimiento de plantas medicinales, que representa un patrimonio cultural que se debe valorar y conservar (Ávila, 2016).

Según la carta magna mexicana en el artículo 2, apartado B fracción III, es un derecho constitucional de la población el asegurar el acceso efectivo a los servicios de salud mediante la ampliación de la cobertura del sistema nacional, aprovechando debidamente la medicina tradicional. Asimismo las fracciones VI y VII establecen el derecho de las comunidades a integrarse en estos servicios mediante la incorporación de tecnologías para incrementar su propia capacidad productiva.

Según lo expuesto por López (2016) las TICs funcionan como una “herramienta de comunicación, es decir, una plataforma para difundir información de emisores a receptores” (p. 75), y “permite que las experiencias comunicacionales y los procesos de interrelación alcancen una difusión y se multipliquen en la sociedad globalizada” (p. 74).

El ITSTB es una escuela de nivel superior donde se habla poco o nada de lo importante que es la preservación de los conocimientos tradicionales; los conocimientos ancestrales sobre la herbolaria medicinal no son la excepción. Antiguamente estos saberes se transmitían de generación en generación, es decir, de padres a hijos, pero con la creciente modernización, los pueblos se convierten en ciudades y las nuevas generaciones desarrollan intereses enfocados en el manejo de las tecnologías de la información y la comunicación, por lo que es en las instituciones educativas donde queda la oportunidad de exponer estos conocimientos y fomentar su continua difusión.

Por tanto, es importante conservar los saberes tradicionales e implementar su difusión apoyándose de las tecnologías de la información y comunicación, con el fin de contribuir al bienestar de los sujetos sociales y al cuidado y preservación de la medicina tradicional.

La investigación se enfoca en la preservación del conocimiento y uso de plantas medicinales con la creación de un jardín etnomedicinal como alternativa de salud, además de su divulgación en la sociedad por medio de la implementación de un sistema web que permite la difusión y evaluación del servicio para el enriquecimiento del aprendizaje continuo, además una aplicación móvil con lectura de código QR para visualizar información de cada planta, con la finalidad de promover la preservación de especies de plantas medicinales originarias de la región, generar la concientización sobre la importancia de las plantas medicinales, así como el establecimiento de un espacio de aprendizaje e interacción con la naturaleza en la institución.

ANTECEDENTES

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la medicina tradicional es todo el conjunto de conocimientos, aptitudes y prácticas basados en teorías, creencias y experiencias indígenas de las diferentes culturas, sean o no explicables, usados para el mantenimiento de la salud, así como para la prevención, el diagnóstico, la mejora o el tratamiento de enfermedades físicas o mentales.

La medicina tradicional es un método primitivo para curar todo tipo de malestares. Chifa (2010) expone que esta práctica tiene mayor antigüedad que cualquier otra terapia: el consumo sistemático de plantas con atributos medicinales se remonta probablemente a 2 millones de años en África. (p. 242), haciendo a la medicina tradicional parte de las costumbres y tradiciones que asciende a millones de años atrás, y que aún se conservan en las distintas sociedades rurales. Bartolotta (2014) nos dice que el empleo de estas plantas medicinales que se remonta a los primeros tiempos de la humanidad, ha quedado registrado en dibujos, grabados de plantas y órganos humanos, como un claro mensaje de las propiedades terapéuticas. De esta manera es como se transmite el conocimiento de generación en generación pasando por distintos continentes, con origen en África y desenlace en el resto del mundo.

La población indígena en México no fue la excepción, así que tomó parte de estos conocimientos en medicina tradicional surgidos en otras poblaciones. González (2017) explica que actualmente los saberes de orden tradicional son una síntesis compleja de sistemas médicos provenientes de diversos estratos culturales en permanente circularidad cultural, que siguen nutriéndose de manera abierta, plural y heterológica. Estos conocimientos han impactado especialmente a los sectores urbanos y a sus curanderos en los pueblos indígenas de México, mismos que incluso han ido agregando elementos originados en la nueva era hasta símbolos e instrumentos y aparatos (parafernalia) provenientes del lejano oriente.

El conocimiento local de las poblaciones indígenas es por lo general subvalorado, aunque sobrevalorado por pequeños grupos étnicos. (Gumucio, 2016, p. 58). La ley general de protección al conocimiento tradicional de los pueblos indígenas afirma que las comunidades indígenas desempeñan una importante función en la

conservación de los recursos genéticos, la biodiversidad y en la transmisión de los conocimientos tradicionales de enorme valor para el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la industria, ya que de ahí surge su origen. (p. 1) Misma ley indica que dichos conocimientos son utilizados como fuente de información para la investigación y la elaboración de nuevos productos, es por eso que presenta una gran importancia y oportunidad para las comunidades urbanas que las estudian y las comercializan en forma de diferentes medicamentos modernos.

Con la llegada de las TICs en el mundo, el acceso a diferentes dispositivos móviles, se tiene la capacidad de acceder, difundir y multiplicar la información en una sociedad cada día más globalizada, sin necesidad de encontrarse en un aula o lugar determinado. Este fenómeno da origen a una nueva modalidad de aprendizaje a distancia denominado “aprendizaje móvil” Elkheir y Mutalib (2015) define al m-learning como una combinación de e-learning y cómputo móvil que mezcla la tecnología móvil e inalámbrica para brindar experiencias de aprendizaje. (p. 1139 - 1143). Yot y García definen al Mobile Learning como la capacidad de los alumnos de aprender en todas partes y en todo momento, sin conexión física permanente a las redes, mediante el uso de dispositivos móviles y portátiles como los teléfonos móviles, smartphones, ordenadores portátiles o tabletas.

El uso de las tecnologías de la información y la comunicación como medio de difusión de la información de la medicina tradicional, facilita el acceso a los datos y fomenta el uso de estas en un aula de clase, por lo que nacen diferentes actividades enfocadas a estas nuevas tendencias. Silva (2017), menciona que los diseños pedagógicos deben acoplarse rápidamente a las nuevas tecnologías, enfatizando en las ventajas que supone el uso constructivo, oportuno y adecuado de las tecnologías en la comunidad académica.

En la actualidad los desarrolladores de software de m-learning han puesto a disposición de los educadores aplicaciones de diversas temáticas para que sean utilizadas como apoyo en el proceso de aprendizaje (dentro o fuera del salón de clases). Sin embargo, es escasa la documentación (guías de diseño, mejores prácticas o estudios científicos) de cómo debería diseñarse una aplicación de m-learning y cómo debería llevarse a cabo la correcta integración de los distintos

componentes educativos (conocimiento y habilidades), para que una aplicación cumpla con el objetivo didáctico establecido; por tanto, una combinación de intuición, destreza y suerte ha guiado a los programadores o diseñadores de software al desarrollo de una aplicación nueva. (Rodríguez y Juárez, 2017, p. 5).

Dávila (2014) por su parte expone que el sitio web es una herramienta por medio de la cual se apoyan los procesos de enseñanza – aprendizaje; permite brindar información relevante y plantear actividades que se desarrollan combinando la enseñanza presencial con la tecnología no presencial (p. 119).

Por lo que se entiende que para difundir el conocimiento tradicional de las plantas medicinales es necesario utilizar las TIC como instrumentos innovadores en los procesos de enseñanza y aprendizaje que ayuden a motivar la búsqueda del conocimiento, esto de una forma accesible ya que según la UNESCO (2012) los teléfonos móviles son comunes incluso en áreas donde las computadoras y las instituciones de formación docente son escasas. (p. 8) En este caso sirve como un puente para la difusión oportuna de la información en las aulas de las instituciones educativas del país.

El uso de las tecnologías de la información y la comunicación enfatiza los aspectos activos y participativos del proceso de enseñanza aprendizaje a través de las diversas herramientas de comunicación.

LAS PLANTAS MEDICINALES Y SU RELACIÓN CON LA EDUCACIÓN BÁSICA.

Monsalve (2016) expone que las plantas son los únicos seres vivos que pueden producir su propio alimento, hay de diversas formas y tamaños. Una planta medicinal es un recurso, cuya parte o extractos se emplean como drogas en el tratamiento de alguna afección. (p. 3) De ahí su importancia para preservar el conocimiento de estas; pero qué pasa cuando esos conocimientos se pretenden transmitir y preservar por medio de la educación a los estudiantes que hoy en día viven en el desconocimiento de la mayor parte de las plantas medicinales que los rodean. Monsalve (2016), propone que los estudiantes valoren los recursos que da la naturaleza como son las plantas medicinales, teniendo en cuenta que por medio de ellas hoy en día se conocen productos químicos derivados de sus

componentes naturales. (p. 2).

Monsalve (2016) explica que la importancia de formar estudiantes competentes en las nuevas didácticas de aprendizaje, como son los proyectos de investigación; ya que se aprende en la observación y la experimentación. En el proceso de aprendizaje es muy importante enseñar desde la práctica para que los estudiantes vean y aprendan, ya que la observación y el hacer, producen un aprendizaje para toda la vida, mismo en el que da solución con el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación. (p. 4). Asimismo, explica los puntos en los que se debe enfocar y trabajar para incluir esta disciplina en la educación, sólo raramente la planta entera tiene valor medicinal; normalmente los compuestos útiles se concentran en alguna de sus partes: hojas, semillas, flores, cortezas y raíces, se utilizan con relativa frecuencia. Los modos de aplicación varían del mismo modo. La recolección debe realizarse cuando los principios activos de la planta están maduros. Las hojas deben recolectarse antes y durante la floración y extenderse sobre un papel o rejilla; las plantas enteras deben ser despojadas de las hojas marchitas y los restos de tierra; las semillas y frutos no suelen necesitar ningún tratamiento; y las cortezas y raíces se deben tomar de ejemplares jóvenes. (Monsalve, 2016, p. 2)

EL USO DE LAS TICS PARA LA DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO.

Según lo expuesto por López (2016) las TICs funcionan como una herramienta de comunicación, es decir, una plataforma para difundir información de emisores a receptores. (p. 75), y que permite que las experiencias comunicacionales y los procesos de interrelación alcancen una difusión y se multipliquen en la sociedad globalizada. (p. 74).

Rodríguez y Juárez (2017) mencionan que actualmente el desarrollo y complemento de las redes de internet en el mundo, han permitido el acceso de diferentes dispositivos electrónicos como tablets y teléfonos inteligentes. (p. 4), Estos tienen la capacidad de acceder a los contenidos educativos en cualquier momento, sin necesidad de encontrarse en un lugar determinado. Este fenómeno da origen a una nueva modalidad de aprendizaje a distancia denominado

“aprendizaje móvil” (m-learning), (Elkheir y Mutalib, 2015).

DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO TRADICIONAL DE PLANTAS MEDICINALES EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS MEXICANAS POR MEDIO LAS TICS.

El uso de las tecnologías de la información y la comunicación como medio de difusión de la información de la medicina tradicional, facilita el acceso a los datos y fomenta el uso de estas en un aula de clase, por lo que nacen diferentes actividades enfocadas a estas nuevas tendencias. Silva (2017), menciona que los diseños pedagógicos deben acoplarse rápidamente a las nuevas tecnologías, enfatizando en las ventajas que supone el uso constructivo, oportuno y adecuado de las tecnologías en la comunidad académica.

El impulso de las herramientas y estrategias para el desarrollo este proyecto es mediante una metodología de programación Xtrema XP, donde se aplica un método de desarrollo del software ágil con un enfoque hacia proyectos donde el tiempo y los requerimientos son cambiantes. Los datos generados en esta plataforma digital son simplificados en una base de datos de tipo relacional conformada por tablas con un identificador único, que pueden estar o no relacionados entre sí. (Pérez, 2004). La estructura del diseño del proyecto es mediante la alineación de frameworks, que agrega funcionalidad extendida a un lenguaje de programación, automatiza mucho de los patrones de programación para orientarlos a un determinado propósito, proporcionando una estructura al código, mejorándolo y haciéndolo más entendible y sostenible, y permite separar en capas la aplicación, en general, divide la aplicación en tres capas:

- La lógica de presentación que administra las interacciones entre el usuario y el software.
- La Lógica de datos que permite el acceso a un agente de almacenamiento persistente u otros.
- La lógica de dominio o de negocio, que manipula los modelos de datos de acuerdo con los comandos recibidos desde la presentación. (Martínez, Camacho y Biancha, 2010, p. 174)

El lenguaje de programación esencial para este desarrollo es Java, como una plataforma informática, que fue comercializada por primera vez en 1995 por Sun Microsystems. Java es rápido, seguro y fiable. Desde portátiles hasta centros de datos, desde consolas para juegos hasta súper computadoras, desde teléfonos móviles hasta Internet, Java está en todas partes. (Oracle, 2018).

BENEFICIOS DE LA PROPUESTA DE ESPACIO VIRTUAL PARA LA PROMOCIÓN Y DIFUSIÓN DE UN JARDÍN DE PLANTAS ETNOMEDICINALES DE LA REGIÓN.

- Al desarrollar la propuesta se tienen como finalidad conservar los saberes tradicionales sobre las plantas medicinales de la región;
- Contribuir en difusión y fácil acceso a la información de plantas medicinales por parte de la sociedad apoyándose de las tecnologías de la información y comunicación, con el fin de favorecer al bienestar de los sujetos sociales;
- Preservación, uso y cuidado de especies de plantas medicinales originarias de cada municipio de la región, y
- Concientización sobre la importancia y cuidado de las plantas medicinales.

APLICACIÓN MÓVIL TLAULLI PATLI.

Para el uso de la aplicación móvil Tlaulli Patli, es necesario tener una red WIFI, o un paquete de datos activo. En caso de no contar con la aplicación visitar <https://www.jardintlaullipatli.com> y descargarla de manera gratuita. Aparecerá una pantalla como la siguiente, en donde se podrá realizar la compra o consultar la ficha técnica de la planta, así como los beneficios ednomedicinales de la misma.

CONSULTAR UNA PLANTA.

Ingresar a la aplicación móvil Tlaulli Patli. Seleccionar “Consultar una planta”.



Aparecerá una pantalla en donde se debe enfocar el código QR de la planta, Seleccionar “Consultar Planta”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Álvarez G., A., Herrera D., R. y Lasa G., C. (2012). Métodos ágiles y Scrum. ANAYA.
- Ávila Uribe, Margarita. (2016). Plantas medicinales en dos poblados del municipio de san martín de las pirámides, estado de México. Polibotánica, 42, 215-245. <http://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n42/1405-2768-polib-42-00215.pdf>
- Bartolotta, A. (2014). El uso de las plantas medicinales: algunos aspectos que son indispensables conocer en la atención de la salud. Iberciencia, 1(1), Recuperado de: <https://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?El-uso-de-las-plantas-medicinales>
- Can Ortiz, G., & Aguilar Cordero, W., & Ruenes Morales, R. (2017). Médicos tradicionales mayas y el uso de plantas medicinales, un conocimiento cultural que continúa vigente en el municipio de Tzucacab, Yucatán, México. Teoría y Praxis, (21), 67-89.
- Chávez Mejía, M., & White Olascoaga, L., & Moctezuma Pérez, S., & Herrera Tapia, F. (2017). Prácticas curativas y plantas medicinales: un acercamiento a la etnomedicina de San Nicolás, México. Cuadernos Geográficos, 56 (2), 26-47.
- Chifa, Carlos (2010). "La perspectiva social de la medicina tradicional". Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 9 (4), 242-245.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Dávila, D., Galvis, A. (2014). SITIO WEB COMO ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA EN LA EDUCACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD. Scielo. 6(11), pp.115-138.
- Elkheir, Z., Mutalib, A. (2015). Mobile Applications Usability Principles and Criteria. 11(10), pp. 1139 – 1143. Recuperado de: <http://www.airitilibrary.com/Publication/alDetailedMesh?docid=20407467-201512-201601200034-201601200034-1139-1143>
- Gironés, J. T. (2012). El gran libro de Android. Edición 2. marcombo. ISBN: 978-84-267-1850-1
- Gómez F., M. C. (2013). Base de datos. UAM. ISBN: 978-607-477-880-9
- González Chávez, Lilián. (2017). El proceso terapéutico en la medicina tradicional mexicana. Algunas claves para su interpretación. Nueva antropología, 30(86), 9-34. Recuperado en 31 de mayo de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-06362017000100009&lng=es&tlng=es

- Ley general de protección al conocimiento tradicional de los pueblos indígenas. (2006). México.
- López León, M., & Saladrigas Medina, H. (2016). Las TIC. Un nuevo escenario para el desarrollo local de las comunidades. *Opción*, 32 (10), 71-94.
- Martínez V, G., & Camacho S., G., & Biaciancha G., D. (2010). DISEÑO DE FRAMEWORK WEB PARA EL DESARROLLO DINÁMICO DE APLICACIONES. *Scientia Et Technica*, XVI (44), 178-183.
- Monsalve, D., Mariño, M., López, B., Labrador, M., Jiménez, E., Jauregui, K.,... Espinosa, S. (2016). CONOCIMIENTO DE LAS PLANTAS MEDICINALES EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA ANDRÉS BELLO DEL MUNICIPIO DE BOCHALEMA, NORTE DE SANTANDER. Recuperado de: <http://www.enjambre.gov.co/enjambre/file/download/243680>
- Pérez Martinot, Manuel. (2017). Uso actual de las tecnologías de información y comunicación en la educación médica. *Revista Medica Herediana*, 28(4),258-265. <https://dx.doi.org/https://doi.org/10.20453/rmh.v28i4.3227>
- Rodríguez, A., Juárez, J. (2017). Impacto del m-learning en el proceso de aprendizaje: habilidades y conocimiento. *Scielo*. 8(15). DOI: 10.23913/ride.v8i15.303
- Silva, A., & Martínez, D. (2017). Influencia del Smartphone en los procesos de aprendizaje y enseñanza. 8(5). 11-18

CONSERVADOR DE FRUTAS Y VERDURAS A BASE DE MUCILAGO DE NOPAL Y FLAMBOYÁN.

GORETTY GUADALUPE SOLIS CASTILLO¹, LUCI MERARY COCOM MEDINA²,
CLAUDIA CAROLINA PRADO PALOMO³

RESUMEN

En esta presente investigación tiene como objetivo retardar la descomposición de las frutas y verduras de la región para una mayor durabilidad de consumo. Ya que la alteración y el deterioro de las frutas ha sido una constante preocupación y motivo de investigación para el ser humano con el objetivo de conservarlos el mayor tiempo posible, implementando el mucilago de nopal; que es un polímero capaz de formar películas de las cuales pueden retener agua y de contener por mucho más tiempo los materiales humectantes para asegurar una mejor concentración, de igual manera utilizando el flamboyán que por sus bacterias evita los malos olores que causa la baba del nopal. Dentro de nuestro universo, optamos por guiarnos solamente a fruterías que se encuentran dentro del mercado municipal de Felipe Carrillo Puerto y fruterías que se encuentran alrededor de la ciudad. Se registraron 26 fruterías en general alrededor de toda la ciudad. El tipo de investigación es la cualitativa. Se realizaron entrevistas a vendedores de frutas y verduras en el mercado local y se tomó la decisión de realizar el producto ya que muchas fruterías no utilizan ningún tipo de conservador natural y esto les ocasiona pérdidas económicas.

Palabras Claves: Conservador, Flamboyán, y Mucilago.

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior De Felipe Carrillo Puerto.
151k0202@itscarrillopuerto.edu.mx

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior De Felipe Carrillo Puerto.
151k0190@itscarrillopuerto.edu.mx

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior De Felipe Carrillo Puerto.
C.prado@itscarrillopuerto.edu.mx

INTRODUCCIÓN

La alteración y el deterioro de las frutas han sido una constante preocupación y motivo de investigación para el ser humano con el objetivo de conservarlos el mayor tiempo posible, para su mayor productividad. En la comunidad de Felipe Carrillo Puerto se logró detectar que los comerciantes dedicados a la compra y venta de frutas y verduras no utilizan ningún tipo de conservador para mantener por mayor tiempo sus productos, esto ocasiona que tengan una gran cantidad de merma.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Los conservadores sus químicos, que se añaden a los productos farmacéuticos, higiénicos y alimenticios para evitar y retrasar su descomposición. Los conservantes de frutas se usan en los jugos, jaleas, en las frutas enlatadas y en las frutas secas, esto lo dice el autor (Waldran-Grossl, 2017), sabemos que cada uno de los autores tienen una mínima diferencia al momento de dar una definición, sin embargo; (Waldran, 2017) dice que los conservantes son químicos que se añaden a los productos farmacéuticos, higiénicos y alimenticios para evitar y retrasar su descomposición. Los conservantes de frutas se usan en los jugos, las jaleas, en las frutas enlatadas y en las frutas secas. (Derosier, 1954-2004) agrega que las frutas son ovarios maduros de una flor, generalmente en la porción comestible es la parte carnosa que cubren las semillas, aunque estas funciones señaladas antes como la parte comestible de los crecimientos no florales o vegetativos de las plantas. El cultivo exitoso de las frutas involucra la buena humedad que contiene. Los conservadores se usan principalmente para producir alimentos más seguros para el consumidor, previniendo la acción de agentes biológicos al igual que son sustancias naturales y artificiales usadas en la preservación de los alimentos ante la acción de los microorganismos, con el fin de impedir su deterioro por un tiempo determinado bajo ciertas condiciones de almacenamiento. (L., 1970-2007) nos dice que las sustancias alimenticias generalmente no son de consumo inmediato. Para evitar sus naturales alteraciones, requiere la correcta conservación de las mismas.

Por otro lado el autor (Soria, 2015) dice que la baba y el mucílago de nopal, es una alternativa natural para la conservación de acabados arquitectónicos de tierra. Es por ello que se implementó para buscar la forma de realizar un conservador natural, (Luisa, 2014) nos dice que los mucílagos de los nopales contienen vitaminas que son: caroteno, tiamina, riboflavina y niacina. Igualmente contienen minerales como calcio, magnesio, potasio y hierro. El autor (Educalindo, 2018) que el mucilago es una sustancia vegetal viscosa, coagulable al alcohol, también es una solución acuosa espesa de una goma o dextrina utilizada para suspender sustancias insolubles y para aumentar la viscosidad. Agregando un concepto diferente a los anteriores; (sauld, 2016) nos dice que el mucílago de nopal es un polímero capaz de formar películas capaces de retener agua y de contener por mucho más tiempo los materiales humectantes.

En el caso del flamboyán popularmente conocido como malinche, ponciana framboyán, flamboyán, flamboyán o acacia es una especie de la familia de las fabáceas. Es uno de los árboles más coloridos del mundo por sus flores rojas, anaranjadas, lilas, y por su follaje verde brillante. Este actuara en el conservador como impermeabilizante de olores. (Ramirez, 2009) comenta que es árbol de sistema radicular agresivo, por lo que debe tener suficiente espacio para expandir sus raíces. Muy sensible al frío, por lo que sólo puede cultivarse en Canarias y en algún punto de la costa malagueña, y, aun así, necesita mucho sol y temperaturas muy suaves para florecer abundantemente. (Rafael, 2001-2002) dice que es un árbol caducifolio de 6-8 m de altura, con la copa notablemente aparasolada y el tronco algo torcido con la corteza gris, algo áspera. Hojas pinnadas de 20-40 cm de longitud, con 10-15 pares de pinnas, cada una de las cuales tiene 12-20 pares de folíolos oblongos, de ápice y base redondeada, sésiles, ligeramente tomentosos, de color verde, con el envés más claro. Las flores, que son de color rojo, aparecen cuando el árbol carece de hojas, y se disponen en racimos laterales. Cada flor mide 10-12 cm de diámetro y tienen el cáliz con 5 sépalos hirsutos, la corola con 5 pétalos desiguales y el androceo con 10 estambres largos, delgados, de color rojo. Legumbre muy coriácea, de 40-50 cm de longitud, plana, de color castaño en la madurez. Los frutos permanecen colgando en el

árbol durante todo un año, especificando un poco más sobre el flamboyán. (Juan, 2009-2010) dice que este tipo de árbol se planta en suelos preferentemente lateríticos, ligeros, con textura semiarenosa. No obstante, se adapta a diferentes tipos de superficies. Por su carácter rústico, el Delonix Regia puede desarrollarse en terrenos pobres, solamente con el agua proveniente de las lluvias. Este árbol tiene más de un nombre como nos dice (Guiaverde, 1997) los nombres como: Árbol de la llama, Flamboyán, Árbol del fuego, Árbol de hoja caduca con flores color rojo escarlata en primavera-verano cuando el árbol reinicia la foliación. Corteza grisácea.

METODOLOGÍA

En este proceso se utilizó la investigación cualitativa que el autor (Pérez, 2007) señalan que la investigación cualitativa estudia la realidad en su contexto natural y cómo sucede, sacando e interpretando fenómenos de acuerdo con las personas implicadas. Por lo cual fue enfocado a determinar el tipo de investigación realizada, apegándose más a las opiniones de los consumidores y personas interesadas en un conservador, ya que contiene sustancias que ayuda a la conservación para la mayor durabilidad en las frutas y verduras. Utilizando la baba del nopal y las hojas del flamboyán, en un proceso de fermentación y de esta manera dándole uso a las plantas de la región.

RESULTADOS

Este producto se obtiene con un proceso de extracción de la baba de nopal (mucilago), la selección de las hojas del flamboyán. Se requiere aproximadamente 200g de mucilago y 560 g de hojas para obtener un frasco 500 mililitros del conservador, cabe mencionar que se pretende que el producto sea de tipo sprayer (rociador). Se realizó una prueba de la cual se dejó fermentar durante 3 semanas para que los nutrientes se integren y de esta forma pueda dar un mejor rendimiento al momento de aplicar a los productos establecidos. El tiempo de caducidad del conservador es de aproximadamente 10 meses en adelante, cabe mencionar que este producto aún no tiene un desenlace de investigación, por ellos

se está manejando las aproximaciones dependiendo de las pruebas realizadas. De acuerdo a los resultados obtenidos durante el proceso de aplicación, este conservador le da un 5% más de aprovechamiento a las frutas y verduras, es decir que retrasa la descomposición de 2 a 3 semanas más de consumo.

Bitácora			
Prototipo A			
Materiales	Vida en anaquel	Tiempo de contacto	Observaciones
200 g de mucilago. 560g de hojas de flamboyán 250mltrs agua	10 meses en adelante	1 día de aplicación	

DISCUSIÓN

El informe de (Hugalde, 1999) El proceso de descomposición es natural en todo organismo, se trate de alimentos de origen vegetal o animal. La simple naturaleza indica que una vez muertos los animales o cosechados los vegetales comienza el proceso de descomposición natural. La presencia de microorganismos como hongos y bacterias son las principales causas de la descomposición de los alimentos. La acción efectuada por estos organismos es visible con mucha sencillez, ya que la aparición de moho y esporas en la superficie de ciertos alimentos es una de las señales más evidentes de descomposición, sin contar el mal olor. Hay factores que afectan a los alimentos haciendo que se echen a perder más rápido. Entre esas causas o factores debemos tener en cuenta la temperatura de conservación de los alimentos, que incide de varias maneras. Asimismo, la exposición a ambientes muy húmedos, la oxidación de los alimentos, la incidencia de insectos o plagas animales (roedores), así como las deficiencias en el manejo de los alimentos son algunas de las causas de rápida descomposición.

La demanda de frutas y verduras fresas aumenta constantemente, sin embargo, en el mercado interno de dificulta muchas veces su consumo por ser productos que cada día suben de precio por lo que no se encuentran al alcance de los sectores de bajos ingresos (Geog, 1992). La alteración de los alimentos consiste en todos aquellos cambios de origen biótico o abiótico que hacen que el alimento no sea adecuado para el consumo. El deterioro causado por microorganismos es

resultado de las relaciones ecológicas entre el alimento y el microorganismo. Por lo tanto, el conservador evitara que los microorganismos que contaminan las frutas y verduras disminuya por más tiempo. Las frutas tienen en torno al 85% de agua y en torno a un 13% de hidratos de carbono, por lo que la cantidad de agua disponible es claramente inferior a la de los vegetales, y los porcentajes medios de proteínas y grasas son 0,9 y 0,5% respectivamente. El contenido en otros nutrientes como vitaminas y coenzimas es similar al de los vegetales; por tanto, en principio, sobre las frutas también pueden crecer mohos, levaduras y bacterias. Sin embargo, el pH de frutas es demasiado bajo, en general, para que pueda haber crecimiento bacteriano y elimina estos microorganismos del deterioro incipiente de frutas, que es llevado a cabo por hongos y levaduras (V., 2008).

(agrícola, 2001) nos dice que las bacterias son a menudo la causa más importante de deterioro en las hortalizas, siendo la *Erwinia* spp el más común causante de las “pudriciones suaves”; algunos miembros del género *Pseudomonas* también causan deterioro en hortalizas. Con mayor frecuencia los hongos son los causantes del deterioro patológico de frutas y productos subterráneos (raíces, tubérculos, cormos, etc.). Unas amplias gamas de hongos han sido caracterizadas como causantes del deterioro patológico en una variedad de productos, siendo los más comunes algunas especies de *Alternaria*, *Botrytis*, *Diplodia*, *Monilinia*, *Penicillium*, *Colletotrichum*, *Phomopsis*, *Fusarium*, *Rhizopus* y *Mucor*. Los microorganismos producen estructuras especializadas que deben ser depositadas sobre el producto para poder penetrar, invadir y eventualmente colonizar masivamente el tejido para causar daño económico. Estos procesos requieren de condiciones húmedas para que la mayoría de los hongos y bacterias puedan germinar y penetrar el tejido del producto.

CONCLUSIÓN

Podemos concluir que el conservador sería una base fundamental para la mejor utilización de las frutas y verduras, gracias a que le dará una vida más larga y sobretodo de manera natural. Este conservador se empezó a realizar gracias a que en la localidad de Felipe Carrillo Puerto existen muchas familias viven de la

compra y venta de frutas y verduras, sin embargo no obtienen las ganancias que deberían por el hecho que son personas humildes y no cuentan con un método de conservación; en este caso sería el refrigerador, de igual manera se pensó en las familias que consumen las frutas y verduras para su hogar, estas las mantienen en el conservador de refrigerio, pero en un lapso de tiempo la fruta ya no sabe igual, de hecho en muchas ocasiones les empieza a salir hongos que de igual manera empiezan a contagiar a otras comidas que se encuentren en ese lugar.

En fin, el conservador dará un cambio radical, tanto para el ambiente como para los consumidores y vendedores.

Cabe mencionar que el proceso de este no requiere de máquinas especiales ni mucho menos de exceso de personas, simplemente necesita de gente que conozca los ingredientes y sepa exactamente para que se le agrega.

La localidad de Felipe Carrillo Puerto cuenta con 26 fruterías de las cuales 18 se encuentran en la parte céntrica de la ciudad y los otros 8 se encuentran esparcidos en la ciudad.

De las 26 fruterías que se encuentran en la ciudad de FCP, únicamente aceptaron contestar nuestra entrevista 15 de ellas es decir el 57% logro darnos respuestas.

Por el cual logramos darnos cuenta que la 100% de las personas que aceptaron contestar no conocían el mucilago de nopal, del cual se le explico, el método más utilizado para conservar sus frutas más frescas es la técnica de meterlas al refrigerador, un señor nos especificó que no todas las frutas y verduras son aptas para refrigerarse, ya que hacen que tarden menos de estas están la cebolla, la papa y las manzanas. La verdura que tiene menos vida es el tomate, ya que al momento de que a un tomate le entre el mojo, inmediatamente contagia a todos. Claramente a todos les gustaría que sus frutas y verduras tengan más vida útil ya que les ayudaría a tener menos mermas y de esta forma tendrían menos perdidas. Al tratarse de un conservador natural, comentaban que si les agrada la idea y si lo usarían sin embargo tendrían que ver el estilo y la forma de uso que este tendría ya que no sería muy útil el hecho de que sea un conservador en crema ya que tardarían mucho en untar a cada uno de ellas, especificaron que les gustaría que sea un spray ya que esto ayudaría a que sea más útil y rápido. De igual manera

comentaban que tendrían que ver el precio que este conservador tendría y ver si les resulta o no. Según las respuestas que cada uno del empresario nos dieron las frutas y verduras tardan entre una semana a dos, todo depende de que fruta o en su caso verdura sea.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- agícola, F. h. (2001). http://www.infoagro.com/frutas/deterioro_poscosecha_frutas_hortalizas.htm.
- Derosier. (1954-2004). *internet*.
- Educalindo. (2018). *internet*.
- Geog, I. (1992). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46111992000100005.
- Guiaverde. (1997). *internet*.
- Hugalde, E. (1999). [https://www.vix.com/es/imj/salud/2010/12/25/descomposicion agrícola, F. h. \(2001\). \[http://www.infoagro.com/frutas/deterioro_poscosecha_frutas_hortalizas.htm\]\(http://www.infoagro.com/frutas/deterioro_poscosecha_frutas_hortalizas.htm\)](https://www.vix.com/es/imj/salud/2010/12/25/descomposicion_agricola_F_h_(2001).http://www.infoagro.com/frutas/deterioro_poscosecha_frutas_hortalizas.htm).
- Derosier. (1954-2004). *internet*.
- Educalindo. (2018). *internet*.
- Geog, I. (1992). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46111992000100005.
- Guiaverde. (1997). *internet*.
- Hugalde, E. (1999). <https://www.vix.com/es/imj/salud/2010/12/25/descomposicion-de-alimentos>.
- Juan. (septiembre de 2009-2010). *internet*.
- L., G. (septiembre de 1970-2007). *internet*.
- Luisa. (2014). *internet*.
- Pérez, B. y. (2007). http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/mirm/enfoque_cualitativo.html.
- Perez, C. (18 de abril de 2017). <https://cocinillas.lespanol.com/2017/04/conservacion-de-frutas-y-verduras/>.
- Rafael. (2001-2002). *internet*.
- Ramirez. (2009). *internet*.
- sauld. (2016). *internet*.
- Soria, T. (2015). *interten*.

V., A. (2008). <https://www.monografias.com/docs/frutas-y-verduras-en-descomposicion-P3CCBAZBZ>.

Waldran-Grossl, L. (18 de julio de 2017). Waldron, L. (2017). *conservado*

ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN UTILIZANDO MÉTODOS COMBINADOS OSMÓTICO- CONVECTIVO DE CALABACITA ITALIANA PARA LA OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO SEMI-PROCESADO

EDWIN VÁZQUEZ BAUTISTA¹, IBIS RAFAEL HUERTA MORA²

INTRODUCCIÓN

Investigaciones recientes indican que una dieta rica en alimentos que contienen El b-caroteno puede reducir el riesgo de desarrollar ciertos tipos de cáncer y ofrece protección contra las enfermedades del corazón, principalmente porque de su importante actividad antioxidante(Korzeniewska et al., 2010). Hasta la fecha, no se ha establecido una recomendación cuantitativa sobre el consumo de carotenoides. Sin embargo, es posible establecer valores habituales de ingesta, que podrían asociarse con un menor riesgo de desarrollar enfermedades degenerativas, utilizando datos de los estudios epidemiológicos realizados sobre el consumo de frutas y hortalizas y su efecto en la salud. Los estudios de intervención realizados con dietas con un contenido controlado de carotenoides sugieren una ingesta de 3 a 6 mg/día de carotenoides (días et al., 2017)

El valor nutricional de las frutas de calabacita es alto, pero varía de una especie o cultivar a otro. Por lo tanto, en la fresca masa de la fruta, el contenido total de carotenoides es un importante contribuyente en el alto valor nutricional de las calabacitas, varía de 2 a 10 mg / 100 g, el contenido de vitaminas C y E representando 9-10 mg / 100 g y 1.3 a 1.6 mg / 100 g. La calabacita también es una fuente valiosa de otras vitaminas, por ejemplo, B6, K, tiamina y riboflavina, así como minerales, por ejemplo, potasio, fósforo, magnesio, hierro y selenio. La calabacita es una deliciosa y completamente apreciada hortaliza, además de ser utilizado en una diversidad de productos para niños y adultos. Las frutas de

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. edvazqz74@gmail.com

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. i.huerta@itstb.edu.mx

calabacita se están procesando para obtener jugo, encurtidos y productos secos (Nawirska *et al.*, 2009). además hay reportes de contenido de beta carotenos en calabacita de alrededor de 2-10 mg/100g (Días *et al.*, 2017). Es por ello que en este trabajo se busca la manera de estandarizar un método de conservación para la calabacita que nos permita conservar por más tiempo esta hortaliza afectando lo menos posibles a sus cualidades nutricionales.

OBJETIVO GENERAL

Estandarización de un proceso de deshidratación osmótico-convectivo de productos vegetales (*C. pepo*) para un producto semi-procesado que puedan conservar los atributos nutricionales de los vegetales frescos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.-Llevar a cabo las cinéticas de secado convectivo de calabacita con espesor de 0.5 cm y 1 cm con temperaturas 50°C, 60°C y 70°C.
- 2.-Desarrollar las cinéticas de secado osmótico con geometrías de 0.5 cm y 1 cm con concentraciones de NaCl de 10%, 15% y 20%.
- 3.-Desarrollar las cinéticas de secado combinado (osmótico-convectivo) con geometría de 0.5 cm, 1 cm con concentraciones de NaCl de 10%, 15% y 20% y temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C.
- 4.-Determinar cuáles condiciones son las ideales para la estandarización del proceso de secado, y que pueda cuidar las condiciones nutricionales de la materia prima.
- 5.-Determinar la caracterización fisicoquímica de la calabacita *C. pepo* originaria de la región.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La calabacita italiana (*Cucúrbita pepo*) es una hortaliza que se produce todo el año en muchas regiones de México, siendo Sinaloa y Puebla los principales productores a nivel nacional (SIAP 2017). México es un país con una alta producción de calabacita, alrededor de 444,078 toneladas son cosechadas a nivel

nacional y aunque Veracruz no es un estado de los principales productores no es insignificante la cantidad de toneladas que produce (atlas agroalimentario 2017).

Los productos que no entran en ninguna calidad son desechados por el agricultor, como no son de calidad aceptable se tiende a dejarlos en campo para no aumentar los gastos de producción. NMX-FF-020-1982

El fruto de calabacita (*C. pepo*) se cosecha inmaduro en un estado temprano de crecimiento y con un escaso desarrollo de cutícula, lo cual facilita el daño por cortes y abrasiones, una transpiración elevada y en general, la pérdida de calidad durante el manejo post cosecha (Lardizábal 2017).

Las pérdidas en campo resultantes de la decisión de descartar los alimentos que aún tienen valor y está principalmente asociado con la conducta de los mayoristas y minoristas, los servicios de compra-venta minorista de alimentos y los consumidores. World Bank- México 2016

HIPÓTESIS

Es posible la estandarización de un método de secado combinado (osmótico convectivo) que permita la conservación de las propiedades fisicoquímicas de la calabacita italiana *Cucúrbita pepo*.

JUSTIFICACIÓN

Fisiológicamente este fruto presenta un comportamiento no climatérico con producción de CO₂ moderada. Las condiciones de temperatura de almacenamiento inferiores o superiores a las recomendadas (5 a 10 °C y 90 a 95 % de HR), afectan la calidad y vida post cosecha de los frutos de calabacita (Carvajal *et al.*, 2011).

El tecnólogo en alimentos involucrado en el desarrollo del producto, diseño del proceso o su producción confronta cotidianamente con el efecto deseable o no, del agua en el alimento. Todos los alimentos incluyendo los deshidratados, contienen cierta cantidad de agua. En consecuencia, para el tecnólogo en alimentos es de suma importancia conocer las propiedades físicas y químicas del agua, ya que muchas de las reacciones que suceden en los alimentos, tanto positivas como

negativas, están relacionadas con la presencia de este líquido (Huerta-Mora *et al.*, 2010).

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIA PRIMA:

Este estudio se utilizará calabacita italiana (*Cucúrbita pepo*) de un distribuidor local de la zona de tierra blanca, la investigación se desarrollará con 3 métodos de secado: secado convectivo, secado osmótico, secado combinado (osmótico-convectivo) y un análisis fisicoquímico a las muestras obtenidas de los procesos anteriores. El objetivo de esta investigación es comparar los 3 tipos de secado con la finalidad de reducir tiempos de secado y minimizar los daños que el mismo deshidratado provoca en las propiedades nutrimentales de la muestra. (Moreno *et al.*, 2010).

ETAPAS DEL EXPERIMENTO

El experimento que estará desarrollado por etapas se realizará de la siguiente manera;

Etap 1.-Realizar la cinética de secado convectivo para la muestra con una geometría en rodajas de 1 cm y 0.5 cm a temperaturas de 50, 60 y 70 grados centígrados a una velocidad de flujo de aire de 2.5 m/s (Guiné *et al.*, 2012).

Etap 2.-Realizar la caracterización fisicoquímica de la muestra sometida al secado convectivo.

Etap 3.-Desarrollar el secado osmótico para la muestra en una geometría en rodajas de 1 cm y 0.5 cm cm con soluciones hipertónicas de cloruro de sodio a concentraciones de 10%, 15% y 20% en %p/p (Mora, 2007).

Etap 4.- Realizar la caracterización fisicoquímica de las muestras sometidas al secado osmótico.

Etap 5.- Realizar el secado combinado para una geometría de 1 cm y 2 cm en inmersión de soluciones salinas al 10%, 15% y 20% %p/p y después llevar al secado convectivo a una temperatura de 50 y 60 grados Celsius a una velocidad de flujo de aire de 2.5 m/s (Kowalska *et al.*, 2016).

Etapa 6.- Realizar la caracterización fisicoquímica de las muestras sometidas al secado combinado.

Etapa 7.- Realizar pruebas de vida de anaquel

SECADO CONVECTIVO

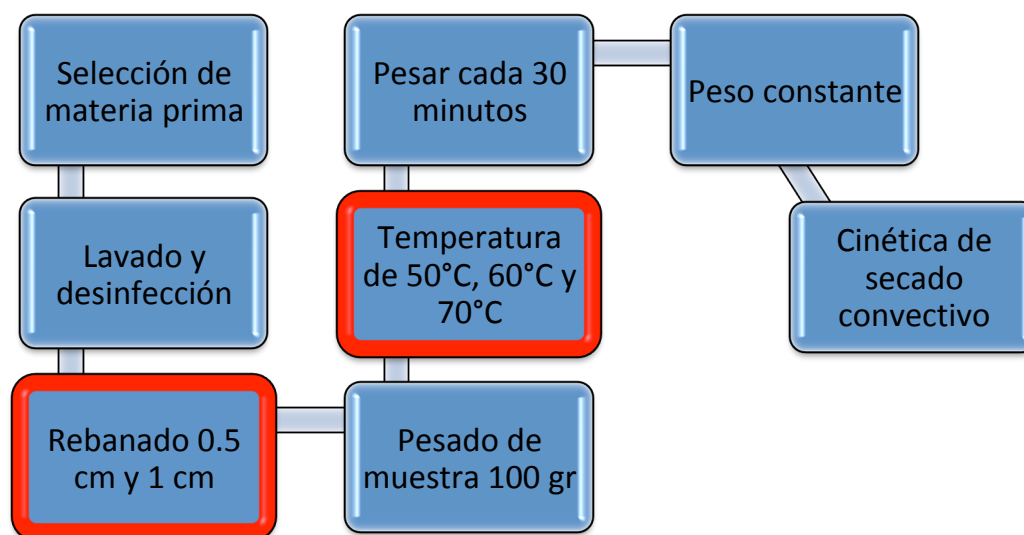
En la primera etapa que corresponde al secado convectivo, se realizara un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial 2 x 2 con 3 repeticiones donde se evaluara 2 geometrías (1 cm y 0.5 cm) las cuales se someterán a deshidratación en 2 temperaturas tabla 2 (50°C 60°C y 70°C) (Guiné *et al.*, 2012), en un horno de secado marca ICOSBRE 9053 A, con el fin de determinar la cinética de secado que mejor deshidrate el producto y que a su vez permita una mejor conservación de las cualidades nutrimentales del vegetal, por lo tanto el experimento tendrá el arreglo siguiente:

Tabla 2 Tratamientos para diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 2X3

	Factor 1	Factor 2
	Geometría	Temperatura
Niveles	0.5 cm	50°C
		60°C
		70°C
	1 cm	50°C
		60°C
		70°C

El procedimiento para llevar a cabo esta etapa se describe a continuación

Ilustración 1 Diagrama de procesos de secado convectivo



- 1.- El primer paso del experimento realizara la selección de la materia prima en este caso calabacita italiana *Cucúrbita pepo* la cual se va a adquirir en el mercado municipal 20 de noviembre local # 43 ubicado en el centro de Tierra Blanca, el criterio de selección se basará en obtener una muestra homogénea en tamaño, color y consistencia la cual permita que la muestra resultante sea consistente.
 - 2.-Se realizará un lavado de la calabacita a chorro de agua para eliminar los residuos post cosecha, posteriormente se realizará una inmersión en solución ácido cítrico en una concentración del 1 % p/v como desinfectante para disminuir la carga microbiana en la calabacita y se escurrirá el producto por 5 minutos (Francis y O'Brien 2002).
 - 3.-Se procederá a realizar el rebanado de la calabacita mediante un procesador de alimentos marca HOBART modelo FP-100 con cuchillas de 1 cm y 0.5 cm de espesor (ilustración 2) el cual se encuentra en el laboratorio de tecnología de alimentos de ITSTB en cual nos permitirá obtener rodajas uniformes, además de que estas 2 geometrías permitirán tener dos áreas diferentes para el desarrollo del experimento.
 - 4.-Para realizar las cinéticas de secado se colocarán 50 gramos de muestra esto para normalizar el proceso, esto se realizará en charolas metálicas previamente llevada a peso constante en un horno de secado marca ECOSHEL modelo 9053A, las temperaturas de secado a las cuales se programará el horno serán de 50, 60 y 70° grados centígrados (ilustración 2) para cada geometría respectivamente a una velocidad de flujo de aire de 2.5 m/s (Mora, 2007).
 - 5.-Una vez tomado el peso inicial de la muestra en tiempo 0 para realizar los pesajes se utilizará una balanza digital marca BONSO modelo 323, se proseguirá a darle seguimiento a la disminución de peso realizando medición de pesos cada 30 minutos hasta que la muestra llegue a peso constante.
- Para determinar el peso de las muestras en el lapso en el que realizara el secado se utilizara la formula siguiente:

Ecuación 1 Disminución de peso

$$P_m = P_{mc} - P_c$$

P_m: Peso de la muestra

P_{mc}: Peso de la charola con muestra

P_c: Peso de la charola

Una vez obtenidos todos los pesos durante el tiempo que dure el experimento se procede a realizar los cálculos para determinar el porcentaje de humedad que la muestra está perdiendo cada *z* que se realiza una medición (Guiné *et al.*, 2012), dicho porcentaje se calculara de la siguiente manera:

Ecuación 2 Porcentaje de humedad

$$\%H = \left(\frac{P_i - P_f}{P_i} \right) * 100$$

Donde:

%H: porcentaje de humedad

P_i: peso inicial de la muestra

P_f: peso final de la muestra

Cuando la muestra llegue a un porcentaje de humedad constante en un tiempo determinado se obtendrá el producto terminado al cual sabremos su contenido de gramos de agua por gramo de muestra, este se empaquetará en bolsas de celofán que se sellaran por medio de una selladora de calor para utilizarlas al final donde se realizaran las pruebas fisicoquímicas.

SECADO OSMÓTICO

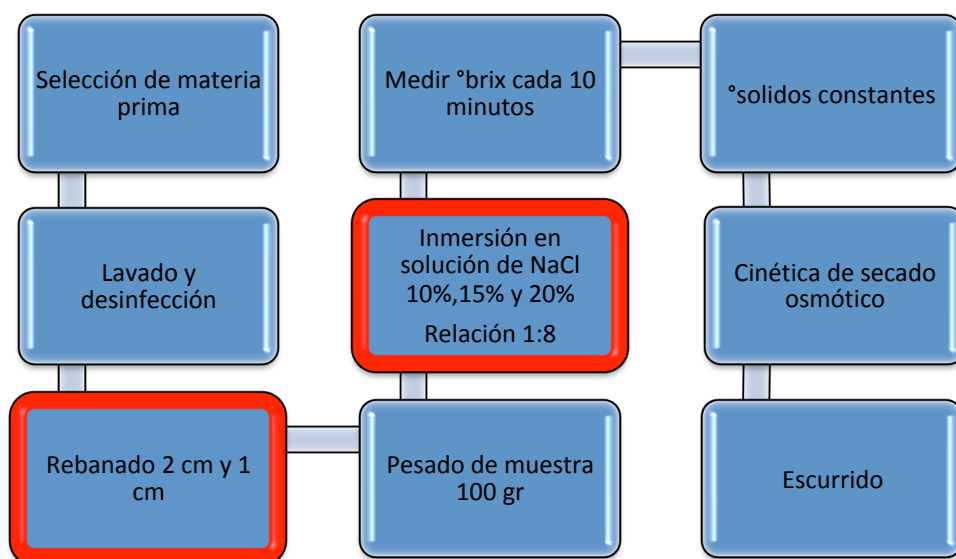
La esta etapa corresponde al secado osmótico, se realizara un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial 2 x 3 con 3 repeticiones donde se evaluara 2 geometrías (1 cm y 0.5 cm) las cuales se someterán a deshidratación osmótica a 3 concentraciones de soluto (tabla 3) (10%, 15% y 20%) (Ahmed *et al.*, 2016) en vasos de precipitados de 1 litro, con el fin de determinar la cinética de secado osmótico que permita una mayor pérdida de humedad y ganancia de sólidos y que a su vez permita una mejor conservación de las cualidades nutrimentales del vegetal, por lo tanto el experimento tendrá el arreglo siguiente:

Tabla 3 Tratamientos para diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 2x3

	Factor 1	Factor 2
	Geometría	Concentración NaCl
Niveles	0.5 cm	10%
		15%
		20%
	1 cm	10%
		15%
		20%

El procedimiento para llevar a cabo esta etapa se describe a continuación.

Ilustración 2 Diagrama de procesos de secado osmótico



Secado osmótico

- 1.- El primer paso del experimento realizara la selección de la materia prima en este caso calabacita italiana *Cucúrbita pepo* la cual se va a adquirir en el mercado municipal 20 de noviembre local # 43 ubicado en el centro de tierra blanca, el criterio de selección se basará en obtener una muestra homogénea en tamaño, color y consistencia la cual permita que la muestra resultante sea consistente.
- 2.-Se realizará un lavado de la calabacita a chorro de agua para eliminar los residuos post cosecha, posteriormente se realizará una inmersión en solución ácido cítrico en una concentración del 1 % v/v como desinfectante para disminuir la carga microbiana en la calabacita se enjuagará y se escurrirá el producto por 5 minutos (Francis y O'Brien 2002).

3.-Se procederá a realizar el rebanado de la calabacita mediante un procesador de alimentos marca HOBART modelo FP-100 con cuchillas de 1 cm y 0.5 cm de espesor ilustración 3 el cual se encuentra en el laboratorio de tecnología de alimentos de ITSTB en cual nos permitirá obtener rodajas uniformes, además de que estas 2 geometrías permitirán tener dos áreas diferentes para el desarrollo del experimento.

4.-Para realizar las cinéticas de secado osmótico se colocarán 100 gramos de muestra esto para normalizar el proceso, esto se realizará en vasos de precipitados de 500 ml previamente llevados a peso constante en un horno de secado marca ECOSHEL modelo 9053A, el secado osmótico se realizará a temperatura ambiente.

5.-Se preparará una solución hipertónica de cloruro de sodio en concentraciones de % p/p 10%,15% y 20% (Mora, 2007) ilustración 3 para lo cual se utilizará la relación siguiente:

Ecuación 1 Relación soluto/solución

$$\frac{g \text{ de soluto}}{100g \text{ de solución}}$$

Donde g de soluto será representado por el porcentaje en peso que se pretende contenga la solución.

6.-Se colocará la muestra en un vaso de precipitado 1 litro y se adicionara la solución hipertónica en una relación 1:8 correspondiente al peso de la muestra (Abud-Archila *et al.*, 2008), se medirán los grados brix en el tiempo 0 con un refractómetro de mano hasta que se alcance una medición constante.

Como se desea obtener la pérdida de peso de agua y la ganancia de solidos se debe tener un arreglo de las muestras dado que la muestra sometida a la solución se saca y escurre para poder pesarla, esta misma muestra no puede regresar a la solución dado que tendríamos un error ya que la concentración de la solución y el fenómeno de osmosis se verá afectado. Por consiguiente, se deberán tener 10 vasos con solución hipertónica y muestra, además de una muestra 0 sin tratamiento que será modelo para determinar la perdida de humedad la medición de grados °brix se realizará cada 10 minutos por lo cual se tendrá un experimento

con una duración de 10 minutos (Mora, 2007). Al término el experimento se dejará escurrir 15 minutos para eliminar el exceso de solución.

Posteriormente se pesará y se calculará la humedad residual por lo cual la muestra se debe someter a un secado convectivo exhaustivo a 105°C por 16 horas (AOAC 1990) con lo cual determinaremos la humedad residual por diferencia de peso con la muestra inicial y la muestra después del secado convectivo (Mora, 2007).

Una de las finalidades de esta etapa será el cálculo de pérdida de agua, dicho cálculo se realizará para cada muestra que obtenga en cada medición (Mora, 2007).. Para esto necesitaremos la fórmula siguiente:

Ecuación 2 Pérdida de porcentaje de agua

$$\%WL = \frac{M_0 \times X_0 - M_F \times X_F}{M_0}$$

Donde:

M_0 : masa inicial

M_F : masa final

X_0 : masa inicial (g de H₂O/g de s.s.)

X_F : masa final (g de H₂O/g de s.s.)

Otro cálculo necesario será los sólidos solubles ganados (SG), este se realizó para cada muestra que se retiró de la osmosis cumplido su tiempo (Mora, 2007), para esto se utilizará la fórmula siguiente:

Ecuación 3 Ganancia de sólidos

$$\%SG = \frac{M_F \times Y_F - M_0 \times Y_0}{M_0}$$

M_F : masa final (g)

M_0 : masa inicial (g)

Y_F : sólidos solubles finales (°brix)

Y_0 : sólidos solubles iniciales (°brix)

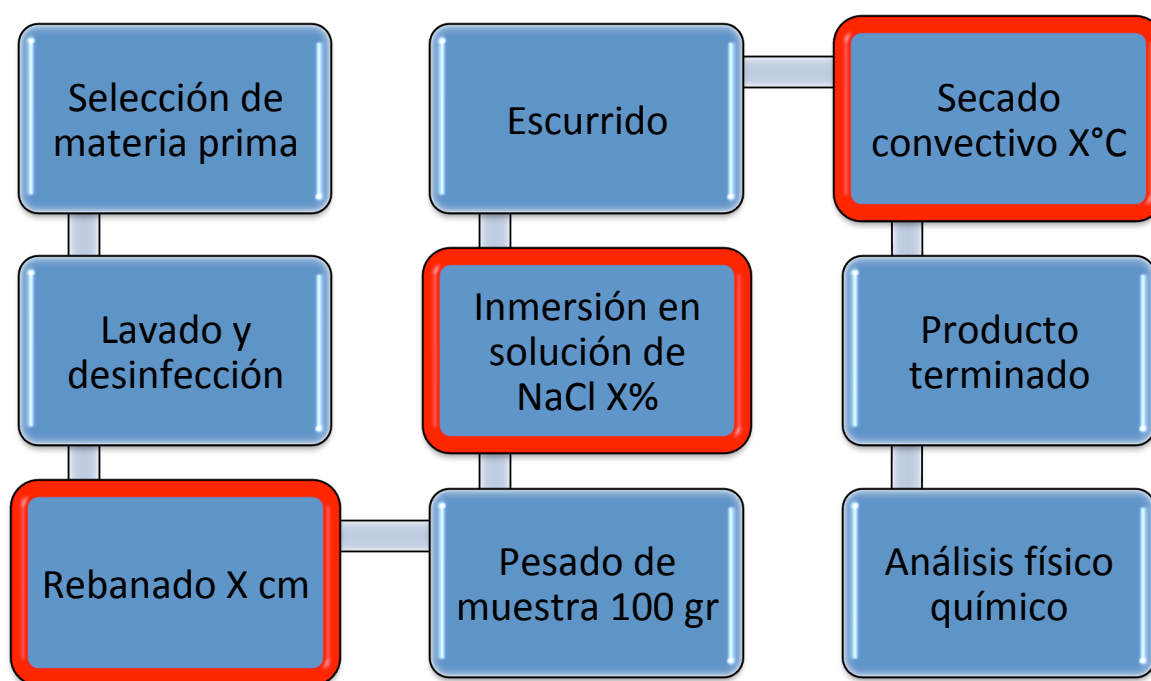
Esta etapa se realizará por triplicado para ver si hay alguna variación entre los procesos.

SECADO COMBINADO

Para esta etapa se realizara el método combinado donde se someterá la muestra a un pre-tratamiento osmótico del cual ya se deben conocer las mejores condiciones tanto de geometría, concentración y el tiempo de inmersión (ilustración 2 y 3) posteriormente se someterá a un secado convectivo el cual ya se debió establecer la temperatura ideal y el tiempo de secado por lo tanto se espera que se consiga reducir el tiempo de secado, este deberá significar una mejor preservación en las características físico químicas el producto al termino de experimento, la cinética se realizara por triplicado.

El metodo para llevar a cabo esta etapa se describe a continuacion

Ilustración 3 Diagrama de procesos de secado combinado (osmótico-convectivo):



Secado combinado

Los experimentos anteriores fueron para determinar las condiciones a las que se debe someter el producto ilustración 4 para obtener una mejor deshidratación y una mejor conservación de las cualidades organolépticas y químicas del producto.

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

Una vez teniendo todas las muestras con sus diferentes tratamientos se procede a realizar diversas pruebas (tabla 4) que nos permitirán evaluar si el método de secado convectivo permite conservar las características nutricionales del alimento tratado.

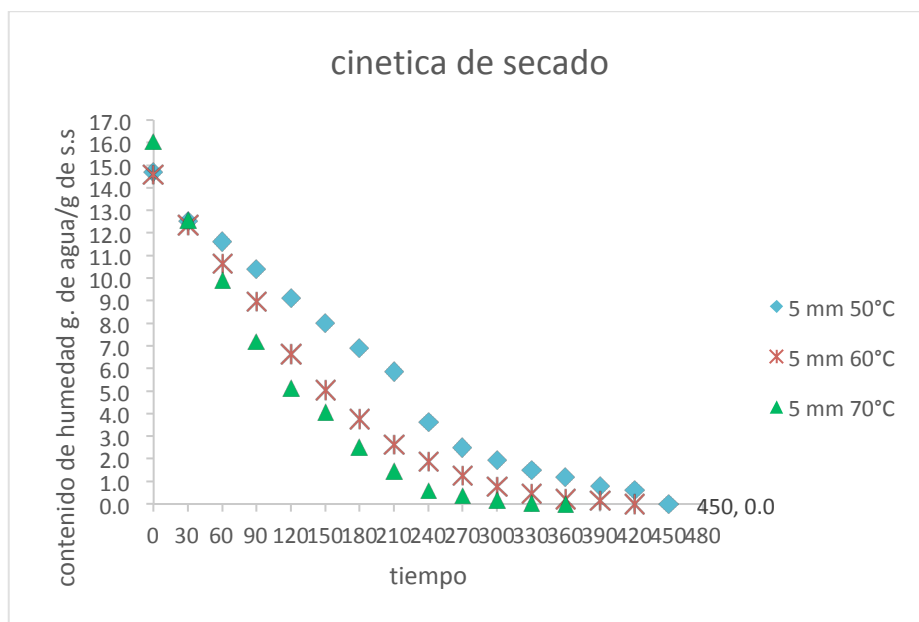
Tabla 4 Tabla de análisis fisicoquímicos

Análisis	finalidad
Determinación de carbohidratos	Correlacionar el contenido de hidratos de carbono con la temperatura
Contenido de grasas	Determinar si el proceso de osmosis permitió que no se oxidaran las grasas
Determinación de proteínas	Verificar si la temperatura de secado desnaturalizo las proteínas
Contenido de cenizas	Verificar la ganancia de solidos que se adquirieron en la osmosis
Determinación de acidez titulable	Determinar si el contenido de vitamina c resultado afectado por el proceso
Vida de anaquel	Determinar la vida útil del alimento (6 meses)

RESULTADOS

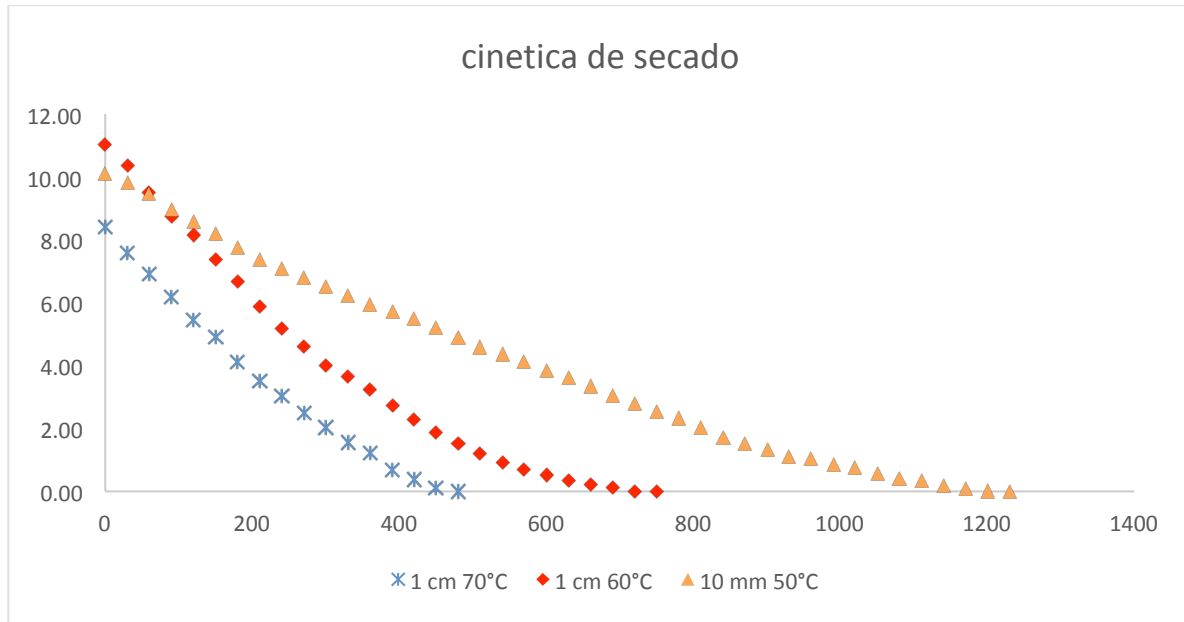
Se realizaron las cinéticas de secado convectivo donde podemos observar la perdida de humedad en la muestras. Estas graficas junto con los análisis físico-químicos nos ayudaran a elegir los parámetros óptimos para estandarizar el proceso.

Ilustración 3 cinética de secado convectivo 5 mm



En la gráfica anterior podemos observar el comportamiento de la muestra cuando se tiene una geometría de 0.5 cm y varían los niveles de temperatura, se tiene una visión clara del tiempo al cual debe ser sometida la muestra y obtener el producto seco.

Ilustración 4 grafica de secado convectivo 10 mm



Este grafico representa la perdida de humedad de la muestra con una geometría de 10 mm y variando la temperatura en este caso como era de esperar los tiempos son más largos que en la gráfica anterior por lo cual estas cinéticas servirán para definir los paramentos tiempo, temperatura y geometría a la cual será sometida la muestra para obtener el producto esperado.

Aún falta realizar las pruebas físico-químicas que nos darán la pauta para elegir las mejores condiciones del método.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, I., Qazi, I. M., & Jamal, S. (2016). Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 34, 29–43. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.01.003>
- Guiné, R. P. F., & Barroca, M. J. (2012). Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper). *Food and Bioprocess Technology*, 90(1), 58–63. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2011.01.003>
- Herman-lara, E. (n.d.). DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN MATEMÁTICA Eric Sánchez-Álvarez , 1 Ibis Rafael Huerta-Mora , 2 Cecilia Eugenia, (5).
- Korzeniewska, A., Jesionkowska, K., Konopacka, D., Seroczyn, A., Niemirowicz-szczytt, K., & Witold, P. (2010). LWT - Food Science and Technology Studies on the usefulness of Cucurbita maxima for the production of ready-to-eat dried vegetable snacks with a high carotenoid content, 43, 302–309. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.08.012>
- Kowalska, H., Czajkowska, K., & Lenart, A. (2016). Trends in Food Science & Technology Osmotic dehydration in production of sustainable and healthy food, 50, 186–192. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.01.017>
- Mora, H. I. R. (2007). Instituto Tecnológico De Aeronáutica, 2004. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo_Moura4/publication/270273909_ANALISE_DE ESTRUTURAS COERENTES E TRANSICAO PARA CAO S_EM_ESCOAMENTO_FLUIDODINAMICO SOBRE_CORPOS_ROMBUDO S/links/54a42cb10cf256bf8bb32020/ANALISE-DE-ESTRUTURAS-COERENTES-E-TRANSICAO-P
- Moreno, A., León, D., Giraldo, G., & Rios, E. (2010). Study of the physicochemical kinetics of mango (Mangifera indica L. Var. Tommy Atkins) treated by combined methods of drying . *DYNA (Colombia)*, 77(162), 75–84. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-79958167358&partnerID=40&md5=cf60078c08c4711515ad54e235c8ad86>
- Nawirska, A., Figiel, A., Kucharska, A. Z., Sok????-??etowska, A., & Biesiada, A. (2009). Drying kinetics and quality parameters of pumpkin slices dehydrated using different methods. *Journal of Food Engineering*, 94(1), 14–20. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.02.025>
- Universidad técnica de cotopaxi. (2017).
- Graça Dias, M & Olmedilla-Alonso (OR Olmedilla, Begoña & Hornero-Méndez, Dámaso & Mercadante, Adriana & Osorio, Coralía & Vargas-Murga, Liliana & Meléndez-Martínez, Antonio J.. (2017). Tabla de contenido en carotenoides de alimentos iberoamericanos. 354 - 429

DESARROLLO Y PRODUCCIÓN DE HARINA DE FRIJOL NUTRIMENTAL PARA COMBATIR LA DESNUTRICIÓN

MARGELI DAYANA SOLÍS BASULTO¹, PEDRO JAVIER PEÑA COLLI², ARTURO ENRIQUE BAYONA MIRAMONTES³

RESUMEN

Este proyecto está enfocado a mejorar la nutrición que aqueja al país consumiendo la harina de frijol, que sea saludable y nutritiva, realizar un producto que esté al alcance de todos, debido a que su costo de producción que sería más económico. Las conclusiones derivadas de este proyecto señalan que el frijol negro, es un alimento alto en propiedades nutricionales y un gran auxiliar en la prevención de enfermedades, por lo tanto, incluirlo en nuestra dieta diaria en modo de harina sería ideal para mejorar y conservar nuestra salud.

Palabras claves: Frijol, Harina, Nutrición.

INTRODUCCIÓN

La realización de este proyecto se debe a los malos hábitos alimenticios que existen en México, ya que nos encontramos en los niveles más altos de obesidad, sin embargo, existe una contraparte que de igual manera nos encontramos en los primeros lugares de pobreza en la cual la desnutrición se hace presente, en este proyecto pretendemos enfocarlo a esos dos graves problemas que aquejan el país realizando un alimento, en este caso la harina de frijol, que sea saludable y nutritiva, reemplazando las harinas blancas, que el exceso de consumo de ellos es lo que causa la obesidad y por otro lado realizar un producto que esté al alcance de todos, debido a su costo de producción que sería mucho más económico a los que hoy se encuentran en el mercado

¹ Instituto Tecnológico de Felipe Carrillo Puerto 151k0201@itscarrillopuerto.edu.mx

² Instituto Tecnológico de Felipe Carrillo Puerto 1551k0199@itscarrillopuerto.edu.mx

³ Instituto Tecnológico de Felipe Carrillo Puerto

REVISIÓN DE LA LITERATURA

En la comunidad de Felipe Carrillo Puerto es muy común utilizar harina de trigo o de maíz la cual es utilizada en la preparación de múltiples alimentos, incluso en aquellos platillos tradicionales, aunque es importante señalar que la harina utilizada no es realizada en nuestra región, si no, que es consumida de empresas las cuales sus productos son industrializados, aunque Larousse define que una harina es (Larousse, 2014) Producto de la molienda de los granos de trigo o de otro cereal (avena, espelta, maíz, arroz o centeno) o de ciertos vegetales harinosos o leguminosas (castañas, habas, lentejas, garbanzos, alforfón o soya). La denominación de harina, sin más precisión, designa el producto obtenido de la molienda del grano de trigo. En el caso de otro grano, en la etiqueta se debe mencionar el cereal del que se ha extraído. También como menciona Büskens (Büskens, 1982) Es la materia prima esencial en el completo sentido de la palabra: formadora de la masa, existen definiciones más precisas como la del autor Barriga (Barriga, 2003) Proviene del latín “Farina”, es una especie de polvo suave y fino, que se saca moliendo una variedad de semillas como el maíz, el trigo, obteniendo un polvo rico en almidón. En el mercado comercial se encuentra un gran grupo de diferentes harinas como la de centeno, avena, arroz, garbanzos, de girasol, acacios, pasando por un proceso de refinamiento en algunos casos el cual le da el color blanquecino, las hay integrales, conteniendo gluten que es una proteína que le da suavidad y consistencia. O otras más sencillas como (Spanish, 2018) Polvo que resulta de la molienda de los cereales y otras semillas. Citando a autores como (Española, 2014) La harina (término proveniente del latín farina, que a su vez proviene de far y de farris, nombre antiguo del farro) es el polvo fino que se obtiene del cereal molido y de otros alimentos ricos en almidón. Se puede obtener harina de distintos cereales .Aportaciones importantes como las del autor Baez (Báez, 2013) Producto de la molturación industrialmente limpio. Las harinas de otros cereales y/o leguminosas deberán llevar adicionado a su nombre genérico el del grano del cual procedan, en cuanto autores como Kirk menciona que (Kirk, 2009) Es un ingrediente básico en la preparación de nuestros bizcochos, pues va a aportar la estructura y el volumen que necesitamos para que

nuestros se hornean de forma correcta: la harina va a absorber los ingredientes líquidos que añadimos a una receta, además de aportar sabor, nutrientes y un poco de color a nuestros horneados. Para León la harina es un (León, 2007) Polvo despojado del salvado o la cascarilla. Harina es también polvo procedente de algunos tubérculos y legumbres. Cervantes nos dice que la harina es un (Cervantes, 2018) Polvo procedente de algunos tubérculos y legumbres y otras materias sólidas. O aportaciones como la de Hernández (Hernández, 2018) La harina es algo básico porque puede ayudar a la alimentación en cualquier país de todos sus habitantes. Es por ello que la producción anual de cereales cada vez está aumentando más para poder dar mayor cobertura a las necesidades mundiales. Hoy día, los cereales están considerados como algo básico en la dieta para cualquier persona en cualquier país del mundo.

Gracias a todas estas aportaciones de los múltiples autores citados determinamos que en la ciudad de Felipe Carrillo Puerto es posible desarrollar este proyecto, ya que, el frijol negro es una de las mayores cosechas que se realizan en esta región.

Desnutrición

(Barros, 2010) La desnutrición es una enfermedad que es producto de una dieta inadecuada, que no permite la absorción de los nutrientes necesarios para mantener el equilibrio del organismo, ésta ocurre cuando no se ingieren alimentos y la falta de consumo de éstos hace que el cuerpo de una persona gaste más energías calóricas de las que consume.

(Janice, 2008) La desnutrición es una enfermedad por la falta de consumo de combustibles y proteínas necesarias para que un organismo funcione correctamente, esta enfermedad está asociada a la muerte de lactantes y niños de países en vías de desarrollo.

(Webber, 2014) La palabra desnutrición se refiere a la ausencia de ingesta de alimentos, por lo tanto, ausencia de calorías y proteínas.

(Antonio, 2016) Se define como un estado patológico inespecífico, sistémico y potencialmente reversible que se genera por el aporte insuficiente de nutrimentos, o por una alteración en su utilización por las células del organismo.

(Peralta, 2018) El termino desnutrición hace referencia a un estado patológico

ocasionado por la falta de ingestión o absorción de nutrientes.

(Rull, 2014) La desnutrición, especialmente en la infancia es un obstáculo que impide que los individuos, e incluso las sociedades, desarrollen todo su potencial.

(Hernández, 2018) La desnutrición refiere a una mala alimentación, una dieta deficiente en cuanto a las calorías, nutrientes, proteínas, hierro y demás sustancias necesarias para el cuerpo.

(López, 2014) Estado de debilidad del organismo a causa de la falta o escasez de ciertos elementos esenciales de la alimentación (vitaminas, calorías, sales minerales, etc.) es cuando uno no ingiere los alimentos con más nutrientes, que son necesarios.

(Holford, 2010) La desnutrición es la carencia o falta de nutrientes indispensables para el organismo de todo ser humano.

(Healey, 2014) Es el desequilibrio que se produce en el organismo, llevando a problemas físicos, psíquicos y sociales.

METODOLOGÍA

Hipótesis ¿La harina de frijol es mejor que las harinas convencionales?

En este proyecto se usó la investigación documental ya que tuvimos que consultar en diferentes fuentes, como lo son libros, páginas web, artículos, etc. Para la realización de los antecedentes, en el marco teórico se investigaron los dos conceptos más sobresalientes y por último se investigó el nombre y dirección de empresas de Felipe carrillo puerto, para saber quiénes serían nuestros posibles clientes. (Santa Palella y Feliberto Martins, 2010) la investigación documental se concreta exclusivamente en la recopilación de información en diversas fuentes. Indaga sobre un tema en documento-escrito u orales.

Se realizó la investigación de campo al realizar encuestas para tiendas y/o abarrotes que serían posibles clientes para conocer la factibilidad que tendría la haría de frijol en el mercado. (Fidias G. Arias 2012) La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de todos directamente de los sujetos investigados, o de realidad donde ocurren hechos sin manipular las variables, el investigador obtiene información, pero no altera las condiciones existentes.

En este trabajo se usó la investigación cuantitativa ya que al aplicar las encuestas fue necesario evaluar y analizar los resultados arrojados. (Hernández, 2006) La investigación cuantitativa son estudios que utilizan enfoques que confían en la medición numérica, en el conteo y en el uso de estadística para establecer indicadores exactos.

Debido a la naturaleza del proyecto fue necesario implementar como herramienta de recolección, la encuesta. Ya que fue necesario de una recopilación de datos con información de diversas perspectivas de los comerciantes de abarrotes de la localidad de Felipe Carrillo Puerto, ya que ellos fueron tomados como el universo de nuestro proyecto y, por lo tanto, la

información brindada fungirá como una determinante del proyecto.

Al aplicar esta herramienta conoceremos si la gente de Carrillo Puerto es consciente de su salud y de los alimentos que consume comúnmente, y si estos serían capaces de sustituir las harinas tradicionales por una alternativa más saludable.

RESULTADOS

Para saber si de nuestro proyecto podría ser comprado en el mercado usamos el instrumento de la encuesta, que fue aplicado a los comerciantes de Felipe carrillo puerto que a continuación se presentan los resultados representados en gráficas y descripciones.

Con la propuesta de la harina de frijol más saludable que las convencionales nosotros realizamos una encuesta a 30 empresarios de Felipe Carrillo Puerto donde nos respondieron que el 73.3% (*Ilustración 1*) de sus clientes consumen la harina de maíz y el alimento donde más lo consumen es en las tortillas (*ilustración 2*), ya que la mayoría consume diariamente, la mayoría de los empresarios nos respondió que sus clientes comprarán la harina a un precio de \$10 a \$ 15 pesos en un porcentaje (*ilustacion3*). La frecuencia exactamente en la que los clientes compran harina es semanal (*ilustración 4*) algo muy importante en este proyecto fue saber en qué se basan los clientes al comprar una harina, la respuesta fue que se basan por el precio (*ilustración 5*). Los empresarios respondieron que si saben

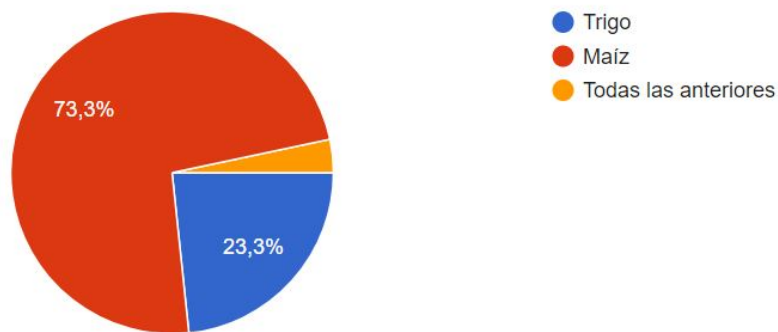
que las harinas son la principal causa de sobre peso (*ilustración 6*), Para saber si los empresarios comprarían otra alternativa de harina, se les realizó esta pregunta y el 76.7% respondió que sustituirían a la harina convencional (*ilustración 7*). Los empresarios nos respondieron que si estarían dispuestos a comercializar nuestra harina a base de frijol (*ilustración 8*).

PRESENTACIÓN DE GRÁFICAS Y RESULTADOS

Ilustración 1

¿Conoce que tipo de harinas se consumen más en la ciudad de Felipe Carrillo puerto?

30 respuestas

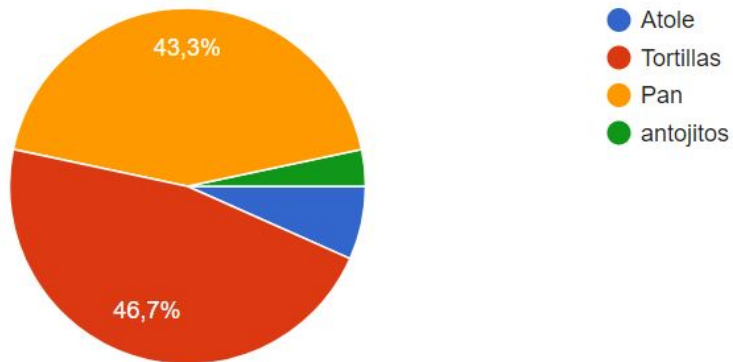


En la encuesta aplicada a 30 empresarios la respuesta obtenida es que la harina de maíz se consume más en Felipe Carrillo puerto con un 73.3% de porcentaje obtenido.

Ilustración 2

¿En qué tipo de alimentos se consumen las harinas?

30 respuestas

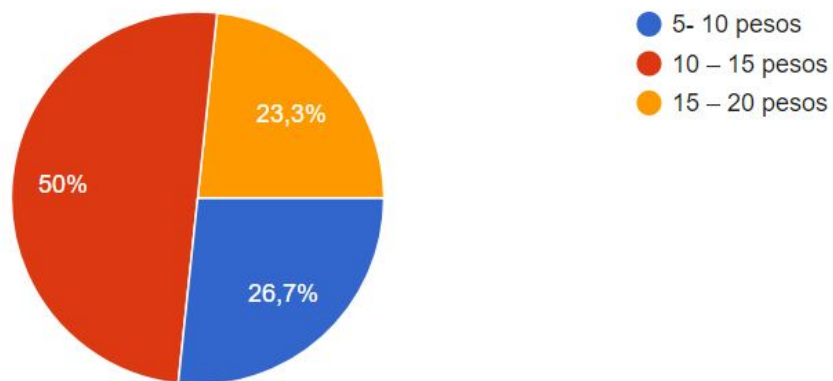


En la encuesta realizada obtuvimos que las personas de la comunidad de Felipe Carrillo Puerto consumen las harinas principalmente en las tortillas, con base a eso nosotros podemos implementar nuestra harina de frijol en las tortillas.

Ilustración 3

¿Cuánto gastan sus clientes en harinas comúnmente?

30 respuestas

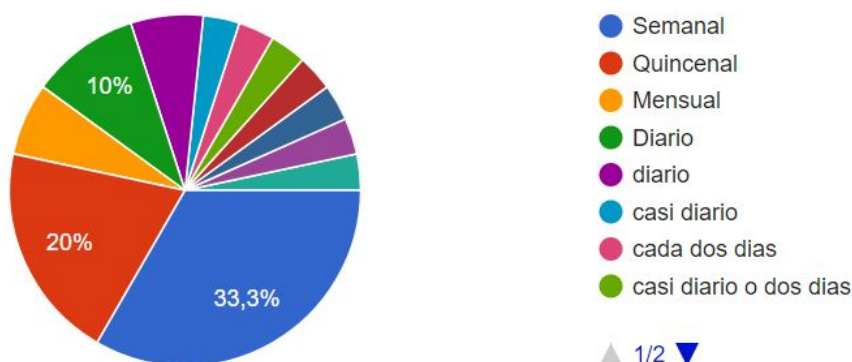


El resultado obtenido fue que los clientes de los empresarios gastan en harina de \$10 a \$ 15 pesos en un porcentaje obtenido del 50%.

Ilustración 4

¿Con que frecuencia sus clientes consumen este producto?

30 respuestas

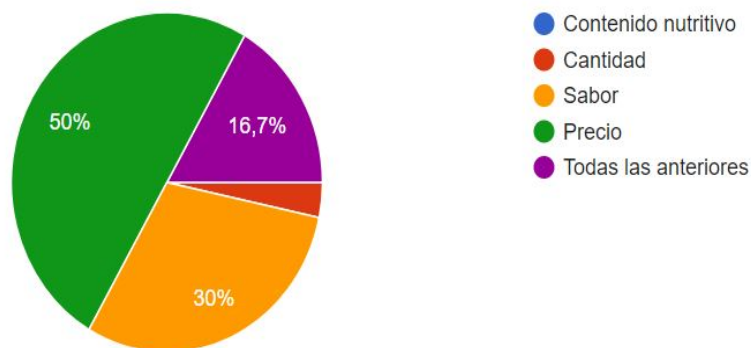


Los empresarios nos respondieron con qué frecuencia sus clientes compran harinas, así nosotros tener una idea de cuántas veces nos podrían comprar la harina de frijol.

Ilustración 5

¿En que se basan los clientes cuando eligen este tipo de productos?

30 respuestas



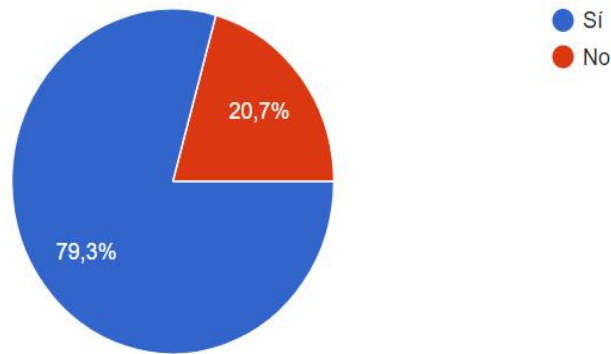
Para saber en qué se basan los clientes para comprar una harina, le preguntamos a los empresarios, y la respuesta fue que los clientes se basan un 50% en el precio.

- 2 veces a la semana
- Casi todos los días
- Diario
- Casi diario

Ilustración 6

¿Sabía usted que las harinas procesadas son la principal causa de enfermedades como el sobre peso?

29 respuestas

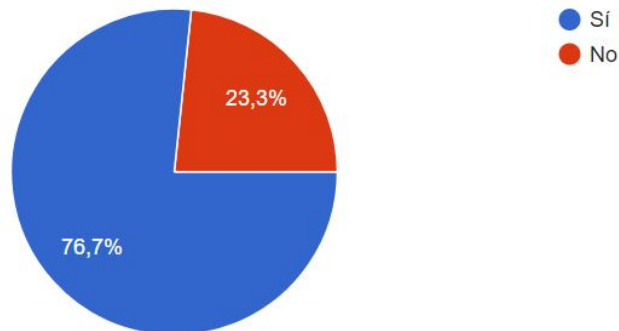


El 79.3% de los empresarios respondieron que si saben que las harinas procesadas son la principal causa de enfermedades como el sobrepeso.

Ilustración 7

Si existiera otra alternativa de harina más saludable. ¿Usted cree que sus clientes la sustituirían por la harina tradicional?

30 respuestas

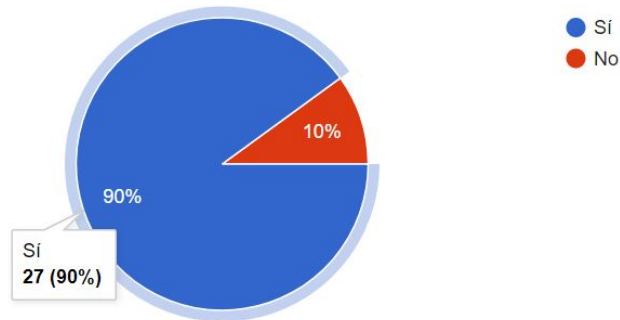


Para saber si los empresarios comprarían otra alternativa de harina, se les realizó esta pregunta y el 76.7% respondió que sí.

Ilustración 8

¿Estaría dispuesta a comercializar una harina elaborada a base de frijol negro?

30 respuestas

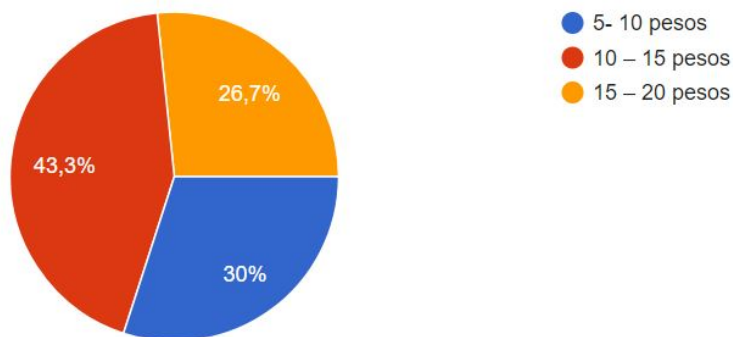


En esta pregunta se requería la información si los empresarios de la localidad de Felipe Carrillo Puerto estarían dispuestos a comercializar nuestra harina de frijol elaborada a base de frijol, y las respuestas fueron mayormente positiva con un 90% diciendo que sí y un 10% eligieron no.

Ilustración 9

¿Cuánto cree usted que sus clientes estarían dispuestos a pagar por un producto con alto nivel de hierro y vitaminas?

30 respuestas



En preguntas anteriores nos respondieron los empresarios que una harina tradicional los clientes la compran en \$10 a \$15, con esta pregunta pudimos obtener que los clientes pagarían la misma cantidad por nuestra harina de frijol.

DISCUSIÓN

Tal como nos menciona *Rosalía Reynoso Camacho en su investigación El consumo de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) y su efecto sobre el cáncer de colon en ratas Sprague-Dawley*, el frijol es una importante leguminosa la cual es alta en hierro y en vitaminas esenciales para la prevención de enfermedades, debido que en nuestras regiones es apta para su cosecha y su producción, el frijol forma parte de la mayoría de nuestras comidas diarias, como se hace mención en la investigación antes mencionada, se determinó que en América Latina son pocos los casos presentados de cáncer de colon debido al consumo frecuente de esta leguminosa, por lo tanto hace que nuestro proyecto tenga un punto más a nuestro y es sin duda una alternativa natural para la prevención de enfermedades.

CONCLUSIONES

Al finalizar este proyecto pudimos darnos cuenta que nuestro proyecto de la harina de frijol sería factible ya que, al realizar encuestas a nuestros posibles clientes que fueron empresas locales como abarrotes o tendejones de Felipe Carrillo Puerto, respondían que si estarían dispuestos a vender la harina de frijol y que ellos pensaban que sus clientes podrían responder favorablemente a comprarla.

La harina ayudará a la sociedad ya que es una harina natural muy poco procesada, evitará enfermedades como el sobrepeso, además es que la mayoría de los productos naturales tienen un costo elevado, en este caso la harina de frijol podrá tener el mismo costo de cualquier otro tipo de harina, Nosotros pretendemos informar a los habitantes sobre los beneficios que podría tener dejar de consumir harinas procesadas y probar la harina de frijol y que con esta harina pueden elaborar productos como tortillas, pan etc., la única diferencia es que será más natural, así ayudaríamos a mejorar las condiciones de salud de las personas con sobrepeso ya que actualmente, México ocupa el primer lugar mundial en obesidad infantil, y el segundo en obesidad en adultos.

Además de evitar enfermedades, la elaboración de la harina de frijol aumentará los empleos locales, ya que la materia prima la consumiríamos de personas que habitan en la región y la procesarían ellos mismos, así creando más empleos para la comunidad de Felipe Carrillo Puerto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antonio, L.-E. (2016). *La educación en la alimentación y nutrición*. Buenos Aires: McGraw-Hill.
- Badillo, M. (2009). *Morir en la miseria*. Mexico: OCEANO.
- Báez, H. (2013). *Harina y pan*. México D.F: Cátedra.
- Barriga, X. (2003). *La Importancia De La Harina (Ed. Digital)*. México D.F: Montagud.
- Barros, F. M. (2010). *Contro viento y marea hasta erradicar la desnutrición*. Bogota: EL MERCURIO.
- Büskens, H. (1982). *Curso Profesional de Repostería Alemana*. Alemania: Editorial Hyspamerica.
- Cervantes, M. (12 de Abril de 2018). *Alimentación sana*. Obtenido de Alimentación sana: <http://www.alimentacion-sana.org/informaciones/Chef/harina.htm>
- Cimadore, A. (2008). *La economía política de la pobreza*. Buenos Aires: CLACSO.
- Española, R. a. (2014). *Diccionario de la lengua española*. Madrid, espasa.: Academia española edición 23.
- Ester Duflo, A. B. (2012). *Repensar de la pobreza*. Barcelona: Taurus.
- Healey, S. B. (2014). *La nutrición inteligente*. Barcelona: Grupo Planeta.
- Hernández, M. (12 de Abril de 2018). *Definición*. Obtenido de Definición: <https://definicion.mx/harina/>
- Hernández, R. E. (2018). *Nutrición y salud*. México: Ergon.
- Herrera, C. (2016). *Pobreza y prejuicio*. Bogota: PAIEMPCOL.
- Holford, P. (2010). *El libro de la nutrición óptoma*. Buenos Aires: ROBINBOOK.
- Janice, T. L. (2008). *Nutrición*. California: Pearson.
- Kirk, R. S. (2009). *Composición y análisis de alimentos*. México: Grupo Patria.
- Larousse. (2014). *El pequeño larousse en español*. México D.F: Larousse, equipo editorial.
- León, A. E. (2007). *De tales harinas, tales panes. Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica*. México, D.F: ISEKI-Food.
- Lopez, A. (2007). *La pobreza no es rentable*. Barcelona: Icaria.

- López, C. A. (2011). *Pobreza y desigualdad*. Buenos Aires: CLACSO.
- López, L. B. (2014). *Fundamentos de Nutrición*. Santiago: Ateneo.
- Maschwitz, E. M. (2012). *La pobreza no es un destino*. Bogota: Aquitania Ediciones.
- Mendoza, R. P. (2008). *La pobreza en México*. Mexico: Trillas.
- Peralta, C. A. (2018). *Fisiología de la nutrición*. Medellin: Manul Moderno.
- Romero, M. (2012). *Pobreza 2.0*. Buenos Aires, Argentina: Icaria.
- Rull, M. T. (2014). *Alimentación Inteligente*. Mexico: Trillas.
- Sebastian, L. d. (1997). *Mundo rico, Mundo Pobre*. Barcelona: Cartone.
- Spanish, D. (12 de Abril de 2018). *oxforddictionaries*. Obtenido de oxforddictionaries: <https://es.oxforddictionaries.com/definicion/harina>
- Webber, J. (2014). *El gran libro de la nutrición*. Berlin: AMAT.

ELABORACIÓN DE UN DENTÍFRICO NATURAL HECHO A BASE DE HOJAS DE GUAYABO, ALOE Y CARBONATO DE CALCIO

PERLA ANAHÍ UITZIL MIS¹, KERVIN MARTIN MUÑOZ TORRES², CLAUDIA CAROLINA PRADO PALOMO³

RESUMEN

La investigación se originó por la necesidad de contar con un dentífrico natural que le pueda hacer competencia a la pasta comercial, con un precio accesible, con beneficios para las personas y el medio ambiente.

La primera referencia conocida un dentífrico se encuentra en un manuscrito egipcio del siglo IV A.C. que establece una mezcla de polvo, sal, pimienta, menta y flores.

Este producto consiste en una pasta dentífrica 100% natural, los químicos de muchas pastas son dañinos para la salud, y el medio ambiente, al sustituir el triclosan, el flúor y el micro plástico, se busca mejorar la salud y preservar el medio ambiente.

Para llevar a cabo esta investigación se empleó el método cualitativo, documental y experimental, se realizó a través de investigaciones previas como fuente principal de información, se realizaron pruebas de laboratorio y la cuantitativa para medición estadística.

Esta pasta consta de una mezcla de plantas siendo las hojas de guayabo la principal especie. Dentro de su fórmula se emplea carbonato de calcio y aloe. Los beneficios brindados por el producto son variados: se encuentra libre de flúor, permitirá blanquear los dientes, neutralizar el mal aliento e inhibir el crecimiento bacteriano, ayudando a combatir la gingivitis.

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Felipe Carrillo Puerto. 151k0210@itscarrillopuerto.edu.mx

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Felipe Carrillo Puerto. 151k0197@itscarrillopuerto.edu.mx

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Felipe Carrillo Puerto. c.prado@itscarrillopuerto.edu.mx

Palabras clave: Aloe, Carbonato de sodio, Dentífrico natural, Hojas de guayaba

INTRODUCCIÓN

El producto se originó por la necesidad de contar con una pasta dental con ingredientes naturales que le pueda hacer competencia a la pasta comercial, cabe señalar que las pastas blanqueadoras contienen peróxido el cual a largo plazo debilitan los dientes, al leer las indicaciones de estas pastas se menciona lo siguiente “no se pueden usar por un periodo igual o mayor de 5 a 15 días “ (Colgate palmolive), si se recurre a un profesional para llevar a cabo un tratamiento blanqueador, el dentista advierte que se puede debilitar los dientes, e incluso hay personas que no deberían realizárselo, así como otras que no obtienen resultados debido al color natural de sus dientes.

Las pastas de uso diario contienen flúor y una serie de agentes químicos que dañan a largo plazo los dientes. El flúor es absorbido por los dientes cuando aún se es un niño y de adulto es prácticamente innecesario (Barbería Leache, Cárdenas Campos, Cruz Suárez, & Maroto Edo, 2005). Así también las pastas naturales competidoras tienen un elevado costo y muchas contienen bicarbonato de sodio, el bicarbonato de sodio a pesar de ser recomendado por dentistas para aliviar ciertos padecimientos, no se debe usar de forma continua al ser un agente abrasivo va maltratando y sensibilizando los dientes (Villalba, 2014), este proyecto presenta una alternativa natural con ingredientes que se pueden encontrar en la región como la hoja del guayabo y el Aloe, aunque aún está en fase de experimentación y desarrollo, los resultados obtenidos son viables hasta los alcances que se pudo observar en las pruebas predeterminadas realizadas

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Acharan explica la importancia de la limpieza bucal recomendando utilizar agua de romero ya que él explica que “Las pastas dentífricas son perjudiciales porque casi todas contienen piedra pómez o creta, que gastan el esmalte y suben las encías” (Acharan, 1997) (Pérez J. L., 2015) Asegura que el carbonato de calcio es benéfico para el cuerpo, además de cumplir funciones similares al flúor, se era de forma natural encuentra rocas, especialmente caliza, en conchas, corales,

cascaras de huevo, esqueletos de animales

- **Hojas de guayaba**

(Calixto Cotos, 2006) Nos dice que las hojas son un analgésico dental

Aloe Vera tiene propiedades antibacterianas y anti fúngicas que son muy eficaces contra la gingivitis.. (Varo, Aloe, 2012) Esta afirmación es confirmada desde el primer estudio científico realizado en 1936 al igual que sus múltiples beneficios dados a la odontología como es para combatir enfermedad periodontal y la caries dental. (Alarcón Galleguillos & Silva, 2013)

Si es cierto que el flúor ofrece beneficios para los dientes uno de sus principales inconvenientes es que se encuentra en la actualidad en todo lo que comeos y en caso de las grandes ciudades también en el agua que consumen todo esto crea problemas en la salud tal como lo es la fluorosis. (Chirinos, 2011)

METODOLOGÍA

Se realizó a través del método cualitativo de experimentación y de investigación literaria, el dentífrico se realizó durante un periodo de 6 meses con 9 prototipos experimentales con diversos ingredientes, hasta llegar a la fórmula que más se acerca al propósito que es crear una pasta natural que pueda ofrecer beneficios en limpieza y salud y que a su vez sea económica

RESULTADOS

 Tabla 1. *Bitácora* Fuente: *Propia*

Bitácora de experimentación			
Prototipo 1			
Materiales	Vida de anaquel	Tiempo de contacto	Observaciones
- Una porción de 30 g de carbón en polvo - Una porción de 50 g de bicarbonato - Raspadura de toda la parte interna de la cascara de un plátano Roatán (Cantidad aprox.)	4 días	4 min.	
Prototipo 1b (blanqueador de emergencia)			
Materiales	Vida de anaquel	Tiempo de contacto	Observaciones
- Una porción de 40 g de carbón en polvo - Una porción de 50g de bicarbonato - Raspadura de toda la parte interna de la cascara	4 días	3 min.	1._ el peróxido se puede usar por un periodo limitado de uso (recomendado 5 días) 2:_ contribuye al deterioro de los dientes
Prototipo 2			
Materiales	Vida de anaquel	Tiempo de contacto	Observaciones
- Una cucharada de 5 g de bicarbonato de sodio - Una cucharada de 10 g de carbón en polvo 5 gotitas de limón - Toda la parte interna de la cascara de plátano manzano 1 cucharada de miel de 5 mililitros	7 días	5 min.	1._ Diferencia, el plátano manzano se descompone más rápido que el roatán
Prototipo 3			
Materiales	Vida de anaquel	Tiempo de contacto	Observaciones
12 gr Bicarbonato de sodio 50 gr Cascara de plátano incinerado 1 cucharada Miel de 5 mililitros	15 días	4 min.	1._ Mal sabor, rápida oxidación por parte del plátano
Prototipo 4			

Materiales	Vida de anaquel	Tiempo de contacto	Observaciones
• 50 gr Cascara de plátano triturado • 60 gr Romero • 3 hojas hierba buena • 15 gotas Aceite de menta	• 1 días	• 3 min.	• Feo a la vista, mala consistencia y • rápida oxidación •
Prototipo 5			
Materiales	Vida anaquel de	Tiempo de contacto	Observaciones
• 30 gr Plátano secado • 65 gr Romero • Glicerina • Agua	2 días	N/A.	Falta de consistencia
Prototipo 6			
Materiales	Vida anaquel de	Tiempo de contacto	Observaciones
• 30gr Romero incinerado • 15 gotitas Aceite de menta • 100gr Cascara • plátano incinerado • Glicerina	3 semanas	4 minutos	Resultados positivos, algo seca la pasta, y mal sabor
Prototipo 7			
Materiales	Vida anaquel de	Tiempo de contacto	Observaciones
• 21 gr Romero • 50 gr Hojas de guayaba trituradas • 15 gotitas Aceite de menta • 1gr Carbonato de calcio • 40gr Aloe	15 días	3 minutos	Resultados positivos, con un buen sabor, aún falta consistencia
Prototipo 8			
Materiales	Vida anaquel de	Tiempo de contacto	Observaciones
• 21 gr Romero • 50 gr Hojas de guayaba trituradas y secadas • 15 gotitas Aceite de menta • 1gr Carbonato de calcio • 10gr Aloe • 8 ml. De glicerina	2 meses	• 3 minutos	• Resultados positivos, con un buen sabor, aún falta consistencia • Aumento de la vida útil

Los resultados obtenidos en la experimentación fueron positivos sobre todo para los últimos dos prototipos con buenos resultados en los 2 sujetos de prueba, sin embargo cabe destacar que aún está en proceso de experimentación.

DISCUSIÓN

Al igual que la investigación realizada por la Profeco (Profeco, 2003) se puede observar como muchas marcas no cumplen todas las normas de calidad y seguridad. Al igual que varias irregularidades observadas por el ministerio de la salud, con el excesivo uso de peróxido en las 3D white whitestrips producto de la marca Oral B (MINISTERIO DE SALUD, 2014), se puede destacar la importancia de que existan opciones alternas con productos naturales, que pueden satisfacer a los consumidores sin comprometer su salud, si se compara la restricciones y precauciones de uso en productos dentales se puede observar cómo cambian las edades recomendadas de uso tal como sucede con la Colgate Luminous White mientras que en México si lo podría utilizar un menor de 6 años, en otros países como Venezuela y Perú no lo recomienda la propia marca. Debido a los ingredientes que contiene el producto, este dentífrico natural ofrece beneficios para la salud dental, sin comprometer el bienestar del cuerpo, como se menciona es importante dejar de consumir químicos nocivos para la salud y empezar a utilizar productos de origen natural con resultados similares a los de las grandes marcas pero seguros para utilizar con toda la familia

CONCLUSIONES

El trabajo que se realizó por un periodo de 6 meses para poder crear una pasta natural cuyos principales ingredientes son el romero y las hojas de guayaba, dio resultados en sus primeros días de uso aun sin tener los ingredientes en las cantidades más adecuadas (inferior al usado al producto final), después de haber intentado con varios ingredientes estamos seguros de que al fin hemos encontrado los indicados, nuestra pasta de dientes a base de romero y hojas de guayabo permite tener dientes saludables y limpios sin presentar riesgos para la salud, el costo de fabricación es bajo poniendo un precio al público alrededor de 45 a 50 pesos permitiendo llegar a mas hogares, nuestros ingredientes son biodegradables así que se reintegran al ambiente sin causar ningún daño, el guayabo es un árbol estacional al utilizar sus hojas estaríamos dándole mayor productividad a las personas que dedican al cultivo de esta fruta, impulsando un nuevo sector económico en nuestra zona

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón Galleguillos, M., & Silva, R. (2013). Aplicación terapéutica del Aloe vera L. *Salus online*, 42-49.
- Almaguer Vargas, R. (1991). *Species Plantarum*. Amador G.j.
- Barbería Leache, E., Cárdenas Campos, D., Cruz Suárez, M. C., & Maroto Edo, M. (2005). Fluoruros tópicos : Revisión sobre su toxicidad. *Estomatológica Herediana*, 86-92.
- Dental watch . (FEBRERO de 2007). *dentalwatch.org* . Obtenido de www.dentalwatch.org
- Smith, R. (1998). *Liquid Cromatography in analytical Chemistry*. Estados Unidos: Jonh Wisley and Sons.
- (29 de 03 de 2016). Obtenido de LA GUAYABA NUTRICION POR EXCELENCIA: <http://apromeci.org.mx/2016/03/29/la-guayaba-nutricion-por-excelencia/>
- (2016). Obtenido de Remedios Populares: <https://www.remediospopulares.com/guayaba.html>
- Acharan, M. L. (1997). *medicinas naturales*. mexico: editorial pax mexico, libreria carlos cesarman S.A. Obtenido de ceniza de romero: <https://books.google.com.mx/books?id=MNWWLzxYkywC&pg=PA247&lpg=PA247&dq=ceniza+de+romero+en+los+dientes&source=bl&ots=2gvRhoZAaJ&sig=FN8zvpfR3HbtfOGr1XqVGidAc0k&hl=es&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwiDxICn2obTAhXJ7iYKHd5VCXQQ6AEIGjAA#v=onepage&q=ceniza%20de%20romer>
- Calixto Cotos, M. R. (2006). plantas medicinales utilizadas en la odontologia. *Kiru*, 84.
- Chirinos, L. M. (09 de enero de 2011). *desventajas del fuor* . Obtenido de <https://es.sott.net/article/2792-El-peligro-latente-del-fluor>
- Clinica Estudi Dental. (12 de agosto de 2016). *estudidentalbarcelona.com*. Obtenido de <https://estudidentalbarcelona.com/tipos-de-pastas-de-dientes/>
- Colgate palmolive. (s.f.). luminous white advanced. Mexico.
- Conqueiro, A. (2010). *historia articulos guayaba*. Obtenido de <https://www.historiacocina.com/historia/articulos/guayaba.htm>
- Escamilla Pèrez, B. E. (2015). *Plantas Medicinales*. Xalapa, Veracruz: Instituto Literario de Veracruz, S.C.
- FUH , W. (1994). *El cultivo de la guayaba Cañas Guanacaste*. Costa Rica :

ZELEDON.

- Geck, M. S. (2017). *Medicina tradicional y herbolaria zoque*. Mexico: La cosecha.
- Goncalves. (2016). Properties of *Psidium guajava*. En *Properties of Psidium guajava* (pág. 4199). Asian Pacific Journal of Cancer Prevention.
- Laboratorio Profeco Reporta. (2017). Dentífricos. *REVISTA DEL CONSUMIDOR* |, 42-43.
- Leon, J. (1987). *Botánica de los cultivos tropicales*. San Jose Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- LISTERINE® Professional. (18 de abril de 2013). *listerine.es*. Obtenido de <https://www.listerine.es/definition/pasta-de-dientes>
- MINISTERIO DE SALUD, 398 (Comisión de Régimen de Control Aplicable 5 de febrero de 2014).
- Pérez, J. L. (28 de diciembre de 2015). *como tener una buena higiene bucal*. Obtenido de http://www.eldiario.es/consumoclaro/cuidarse/cepillarse-dientes-muelas-higiene_0_453205525.html
- Pérez, R. A. (13 de febrero de 2016). *propiedades hoja de guayaba para los dientes*. Obtenido de <https://www.plantasyremedios.com/quitar-un-dolor-de-muelas-con-hojas-de-guayaba/>
- Profeco. (2003). Pastas Dentales . *Revista del Consumidor*.
- Puerto Cano, R. (2010). Las claves para presumir de sonrisa. *Mi Farmaceutico*, 55.
- Ramirez Duran , L. F. (2012). Manual de Cultivos Orgánicos y alelopatía. Grupo Latino LTDA.
- Real Academia Española ©. (s.f.). *Rae*. Obtenido de <http://dle.rae.es/?id=CDXGgnB>
- Revista del Consumidor. (2003). Pastas Dentales. *Revista del Consumidor No 311*.
- Rivera, C. (25 de abril de 2010). *CÉSAR RIVERA*. Obtenido de http://www.cesarrivera.cl/pastas-dentales/#Para_cada_mal_una_ayuda_Tipos_de_Pastas
- Sircus, D. M. (1979). *bicarbonato de sodio, efectos secundarios*. estados unidos: Sodium Bicarbonate E-Book .

TecMilenio, U. (12 de mayo de 2007). *estudio de preferencia de pasta dental*. Obtenido de <https://infogr.am/Pasta-dental-0847>

Tienda Pro. (2016). *Tienda Pro*. Obtenido de ¿Cuál será la marca dental ganadora?: <http://www.tiendapro.mx/cual-es-la-pasta-dental-preferida-del-consumidor/>

Universidad Nacional del Nordeste . (Junio de 2008). Obtenido de Facultades de Odontología y Medicina de la Univesidad Nacional del Nordeste: <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/investigacion/com2008/M-058.pdf>

Varo, Aloe. (15 de agosto de 2012). *aportacion de aloe a los dientes*. Obtenido de aloearo: <http://aloevaro.blogspot.mx/2012/08/remedio-natural-con-aloe>

-vera-para.html

Villalba, K. (29 de 12 de 2014). Mitos y verdades del bicarbonato de sodio. *El comercio*.

APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE CONSERVACIÓN EN EL DESARROLLO DE SAZONADORES CON PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS DE SEGUNDA CALIDAD.

IBIS RAFAEL HUERTA MORA¹, ERIKA DOLORES RUIZ², JULIO FERNANDO SALAZAR GÓMEZ³

RESUMEN

El chile habanero es una de las hortalizas de mayor importancia en el estado de Yucatán, donde se tiene la mayor producción y comercialización nacional. El principal problema de comercialización estriba en la fluctuación de precios, calidades y tiempo de corte del producto. La presente investigación tiene como objetivo “Desarrollar y evaluar un sazónador empleando productos agroalimentarios de segunda calidad (ajo, cebolla, chile habanero)”. Se desarrollaron cinéticas de secado convectivo mediante un secador de bandejas a dos diferentes temperaturas 50° y 65°C a una velocidad de secado de 2 m/s. Los resultados obtenidos de la deshidratado tomando en cuenta que el tiempo de secado a 50 °C de los tres producto fue de 500 minutos y al emplear 65°C el tiempo fue de 250 minutos, las materias obtenidas fueron reducidas a un tamaño de partícula 350 micras, Chile Habanero Humedad 0.15±0.03 a 50°C, 0.14±0.03 a 65°C, % Cenizas 6.37±0.02 a 50°C, 4.75±0.02 a 65°C, % Proteína 0.14±0.02 a 50°C, 0.15±0.02 a 65°C, % Grasas 0.23±0.03 a 50°C, 0.75±0.02 a 65°C. De las pruebas hedónicas se evaluaron a 150 personas las cuales el 88.67% acepto el sazónador y el 11.33% por la pungencia o picor que genera.

Palabras Claves: Agroalimentario, secado, Sazónador, Calidad.

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. i.huerta@itstb.edu.mx

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

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. j.salazar@itstb.edu.mx

INTRODUCCIÓN

El ser humano necesita ingerir alimentos para obtener los nutrientes y así realizar las funciones fisiológicas del cuerpo humano, por ello un sazónador el cual da gusto y sabor a los alimentos es recomendable para la dieta diaria.

Además de brindar un sabor diferente a la comida se está aprovechando diferentes hortalizas como lo son el chile habanero, ajo y cebolla, utilizando un método de conservación como el secado convectivo.

El chile habanero es una de las especies hortícolas de mayor importancia que se cultivan en la península de Yucatán esta pertenece al género *Capsicum* es una baya hueca en forma de trompo, poco carnosa, con dos y hasta ocho hojas modificadas que constituyen el aparato reproductor femenino de la flor y se denominan carpelos. Es una excelente fuente de vitamina A, vitamina C (el doble de los cítricos) y fortalece el sistema inmunológico. Posee una alta concentración de beta-caroteno y flavonoides antioxidantes que desaceleran el envejecimiento; la capsaicina contenida en el chile habanero ayuda a aliviar migrañas y dolores de cabeza.

El chile se ha consumido desde hace muchos siglos principalmente en países en vías de desarrollo como los latinoamericanos, africanos y asiáticos, el consumo en países como los de la Unión Europea y Estados Unidos ha ido en aumento, por un lado, debido a la gran cantidad de inmigrantes que lo demandan, y por otro, la población en general que ha empezado a dar sabor a sus platillos con chile.

México a nivel mundial ocupa el segundo lugar en producción y de dicha cosecha solo se consume un 73% en estado fresco entre consumidores nacionales y exportadores.

La cebolla es una especie bianual cultivada como anual. Las raíces no superan los 30 cm de profundidad.

El tallo tiene una forma de disco subcónico situado en la base del bulbo. Con ciertas condiciones ambientales y de desarrollo, su yema apical y a veces las laterales generan cada una un tallo floral o escapo, que es hueco.

El consumo de cebolla está asociado con la reducción de lípidos en sangre, el colesterol y la actividad antiplaquetaria, factores que contribuyen a disminuir los

riesgos de padecer enfermedades cardiovasculares, una de las principales causas de muerte en muchos países.

El sabor de cebolla está dado por compuestos azufrados volátil y no volátil y en menor medida por azúcares solubles. La pungencia se desarrolla cuando compuestos azufrados conocidos como precursores de sabor, luego de cortado el bulbo y cuando se rompe el tejido, reaccionan con una enzima llamada allinasa. Esta enzima convierte a los precursores de sabor en compuestos azufrados muy inestables, responsables del sabor y el efecto lacrimógeno de la cebolla.

El ajo es un condimento natural por excelencia y forma parte de los hábitos alimentarios y terapéuticos de muchas culturas. El ajo fresco posee distintos componentes entre los que se destacan el agua y los carbohidratos, como la fructuosa, compuestos azufrados, fibra y aminoácidos libres. Tiene altos niveles de vitaminas A y C y bajos niveles de vitaminas del complejo B. Asimismo, posee un alto contenido de compuestos fenólicos, poli- fenoles y fitoesteroles.

El método de secado un proceso de gran importancia en la cadena de producción de alimentos, es un fenómeno complejo que involucra la transferencia de calor y materia (el transporte de calor hacia dentro del material y el transporte de agua hacia el exterior).

El secado consiste generalmente en la eliminación de humedad de una sustancia por evaporación del agua de la superficie del producto, traspasándola al aire circundante.

PROBLEMATICA

En México el chile habanero se produce mayormente en la zona sureste, siendo los principales productores: Yucatán, Quintana Roo, Tabasco y Veracruz con 964 ha y una producción de 9073 toneladas anuales.

El rendimiento de los principales productores no alcanza a cubrir la demanda de los consumidores, ya que existen factores que afectan la producción como; falta de tecnología, cultivos criollos degradados, mala calidad de la semilla, plagas y enfermedades. Por estos factores el fruto crece de menor tamaño y menor calidad por tal motivo las empresas exportadoras no compran este fruto debido a que no

cuenta con los estándares de calidad suprema, siendo destinadas a las principales centrales de abastos del país, de donde se distribuyen a los mercados (verdulerías), donde es elevado para el consumidor y al final el producto no es aprovechado.

JUSTIFICACION

La población mexicana se caracteriza por utilizar un alto nivel de picor (dada por chiles) en su gastronomía, por ello se pretende innovar un producto, como lo es un sazónador dándole un valor agregado incorporando a su fórmula el chile habanero, al cual se le está dando una alternativa para alargar su vida, ya que es una hortaliza que tiene grandes beneficios nutrimentales para el ser humano, como lo son: vitaminas, antioxidantes y capsaicina. El chile habanero es una hortaliza perecedera, por ello se implementó utilizar un método de conservación de alimentos como lo es, el secado por aire convectivo ya que utilizando esta tecnología se logra conservar por más tiempo y en óptimas condiciones el chile habanero.

El sazónador al ser un producto que se utiliza día a día en la cocina genera una gran demanda, al elaborar este sazónador a una mayor escala se requiere invertir en una empresa pudiendo generar empleos para aprovechar los productos agroalimentarios de tercera calidad y a su vez generando empleos que ayuden a la economía de la región.

ANTECEDENTES

Características de secado de nopal (*Opuntia ficus-indica*) por lecho fluidizado. Martínez Soto Gerardo (2010).

Los objetivos de este trabajo fueron determinar la temperatura del aire sobre la cinética de secado de nopal escaldado en un secador de lecho fluidizado y seleccionar el mejor modelo que describa las curvas de secado, se emplearon rangos de velocidad en la columna de fluidización de 0 m/s a 13 m/s y el rango de temperaturas del aire de secado fue desde la temperatura ambiente hasta 100 °C. Los trozos de nopal se deshidrataron en el secador a una temperatura del aire de

secado de 50 °C, 60 °C, 70°C y 80 °C, se redujo también la humedad de las muestras, el secado suspendió hasta que alcanzaron contenidos de humedad de 4 % a 6 % (b.h); humedad a la cual se puede considerar un producto estable para su almacenamiento, posteriormente se hicieron análisis de nopal pero ahora sin escaldar el tiempo de secado se redujo en aproximadamente 47 %, 56 % y 72 %, y para el nopal escaldado la reducción fue del 41 %, 59 % y 85 %; conforme la temperatura del aire de secado se incrementó de 50 °C a 80 °C. (Martinez, Soto, 2010)

Cinética de secado de tiras de cladodios de nopal (*opuntia ficus indica*) en un secador convectivo de flujo transversal. Díaz Ayala Felipe (2015).

El objetivo de este estudio fue evaluar la cinética de secado de tiras delgadas, de 4 mm de grosor, 140 mm de longitud y 17 mm de anchura de nopal. El secado se realizó en un secador de charola con flujo convectivo cruzado a 35 °C, 45 °C y 60°C y velocidades de aire de 1 m/s-1, 1.5 m/s-1 y 2 m s/1, en condiciones de laboratorio. Los resultados mostraron que el efecto de la temperatura del aire en el tiempo de secado de las tiras de nopal fue mayor que la velocidad del aire ($p < 0.05$). (Diaz, Ayala, 2015)

Construcción de un secador de charolas giratorio y su valoración con ajo (*Allium sativum* L.) Herrera Pérez Aleyda (2006).

La deshidratación, es un medio de conservación de los alimentos, donde el agua retirada durante este proceso puede ser eliminada de los alimentos por simples condiciones ambientales (solares) o por procesos controlados de deshidratación (secadores) en los que se someten a técnicas que emplean diferentes medios para evaporar el agua, con su deshidratación se obtuvieron curvas de secado empleando cuatro condiciones de operación M1 (50°C y 1.2 m/s), M2 (50°C y 0.9 m/s), M3 (40°C y 1.2 m/s) y M4 (40°C y 0.9 m/s) llegando a eliminar hasta 97% del agua total que tiene el ajo. (Herrera, 2006)

Deshidratado de tomate saladette en un secador de charolas giratorias. Gómez Soledad Mayra (2009).

Se realizó el deshidratado de tomate saladette en un secador de charolas diseñado y construido en la Universidad Tecnológica de la Mixteca. Las condiciones de secado empleadas fueron temperaturas de 45, 50 y 60 °C, con velocidades de aire de 0.6 y 1.2 m/s, con y sin rotación de charolas. (Gómez, 2009)

Elaboración de un sazónador a base de harina de cabezas de camarón de cultivo. D Andrade P, Ricardo; Torres G, Ramiro (2007).

Se preparan tres formulaciones con 10, 20 y 30 % p/p de harina de cabezas de camarón, adicionándoles condimentos y aditivos. Una vez obtenida la mezcla del sazónador, se pesaron cantidades de 10 g y se empacaron en bolsas flexibles. Al sazónador seleccionado se le realizaron análisis microbiológicos: Mesófilos aerobios, por recuento en placa profunda; coliformes fecales, por número más probable; *Bacillus cereus* por recuento en placa en superficie; mohos y levaduras por recuento en placa profunda (13); y análisis bromatológicos: proteína por método Kjeldahl, grasa por método Soxhlet, cenizas por calcinación en mufla. (D Andrade P & Torres G, 2007)

MARCO TEÓRICO

Sazonador

Un sazónador, es un elemento vegetal que da gusto y sabor a los alimentos. Los sazónadores más útiles para la vida humana, son aquellos vegetales que son irritantes y picantes, ante bien, son los vegetales que además de dar gusto y sabor a las comidas, tienen efecto terapéutico, es decir, son medicinales, que pueden evitar y controlar ciertas enfermedades. (A. González, 2008)

Los vegetales de uso común como sazónadores naturales son el ajo, ajo chino, ajonjolí, albahaca, cilantro y almendras, existen infinidad de formas y maneras de utilizar los sazónadores naturales (Medicina natural científica). (Siripongvutikorn, 2013).

Los sazónadores representan una parte muy importante en el mundo actual, ya que han venido en constante crecimiento y hoy en día el consumidor cataloga los mismos como imprescindibles a la hora de elaborar sus alimentos.

La industria alimentaria, consciente del creciente interés del consumidor por los “sabores del mundo”, ha querido facilitar la mezcla de especias en envases prácticos y funcionales para emplear en casa. (Uribe, 2014)

Tipo de sazónadores

Los sazónadores se pueden encontrar en diferentes tipos de presentación algunas de ellas son las siguientes:

Tipo I en polvo: Producto homogéneo donde el 95% del producto pasa a través de un tamiz de 0.250 mm de abertura de malla.

Tipo II Granulado: El 95% del producto pasa a través de un tamiz de 1.25 mm de abertura de malla y la mayor parte es retenido en un tamiz de 0.250 mm de abertura de malla.

Tipo III Picado en trozos: Producto donde el 95% de las partículas pasa a través de un tamiz, de 4 mm de abertura de malla y la mayor parte es retenido en un tamiz de 1.25 mm de abertura de malla.

Tipo IV Escamas o rebanadas: Trozos y partículas obtenidas por el corte de la cebolla deshidratada pudiendo ser tostada o no y eliminando por tamizado los trozos inferiores a 4 mm, usando una malla. (Bruce, 2008)

La composición elemental de los productos de condimentos, especias como el ajo y la cebolla, se ha examinado con especial atención a los métodos propuestos en la literatura para determinar los elementos específicos o en lo posible los componentes de estos productos que se han generalizado utilizado en la conservación de alimentos o saborizante de alimentos y puede contribuir a la ingesta.

La ingesta de nutrientes de la dieta para optimizar la salud humana, la evaluación nutricional de la ingesta de alimentos es de interés permanente. Las fuentes dietéticas de elementos esenciales son importantes para la correcta función fisiológica del cuerpo humano. Ingesta diaria de referencia para 12 elementos significativos se han establecido: calcio (1.000 mg), cloruro (3,400 mg), cromo (120 mg), cobre (2 mg), hierro (18 mg), yodo (150 mg), potasio (3,500 mg), magnesio (400 mg), manganeso (2 mg), molibdeno (75 g), de sodio (2400 mg), fósforo (1,000 mg), selenio (70 mg), y zinc (15 mg).

METODOLOGÍA

Para la obtención del secado de las tres hortalizas, se adquirieron en el mercado que se ubica el centro de la ciudad de Tierra Blanca, se compraron en base a la calidad de cada una de las hortalizas. Para llevar la aplicación del método de secado convectivo, se empleó un equipo de secado por charolas de la marca Armfield a temperaturas de 50°C y 65°C con una velocidad de secado de 2 m/s. El método de secado se implementó con la finalidad de alargar la vida de anaquel de la materia prima, así como reducir su espacio. Otro beneficio que se obtuvo con este método fue su implementación como método innovador para la elaboración de un sazonador.

Se realizó una cinética de secado en el secador de charolas o 2 diferentes temperaturas procedimiento fue el siguiente: se colocando 100 g de muestra en el secador de charolas primeramente a una temperatura de 50 °C a una velocidad de 2 m/s pesando la muestra en intervalos de 10 min hasta que se llegó al equilibrio deseado, es decir, hasta que se logró obtener peso iguales a un tiempo determinado. Este proceso se realizó por triplicado con el fin de comparar las cinéticas.

El grado de calidad de la materia prima en fruto fresco se debe definir por medio de pruebas bromatológicas como son (Humedad, Cenizas, (A.O.A.C, 2005), y físicas: color y textura, establecidas en la norma oficial mexicana PROY-NOM-189 SCFI-2012 y tamaño por el método establecido en la NMX-FF-025-SCFI-2007. Caracterización de las muestras, para ello se procedió a realizar análisis físico-químicos como cenizas, humedad, grasas y proteínas, cada muestras se realizó por cuadruplicado.

Se procede a realizar la combinación de los cinco ingredientes, (ajo, cebolla, chile habanero, sal y grasa) para encontrar las cantidades necesarias para un buen sabor y consistencia, teniendo en cuenta que el chile habanero contiene capsaicina que para algunos consumidores es muy irritante al paladar.

Se encontraron 345 posibles combinaciones para esto se empleó una hoja de cálculo en Microsoft Excel. Se colocó en cada una de las celdas un nombre distinto de uno de los 5 ingredientes ver tabla 1, para tener un total de 11 que es el peso total del cubo

Tabla 1. Primer ensayo para la formulación.

Ingredientes	Peso	Peso total
Ajo	1.5	6
Cebolla	2.5	10
Chile habanero	2.5	10
Grasa	2.5	10
Sal	2	8

RESULTADOS

Antes de realizar el secado se realizaron análisis fisicoquímicos en muestra verde de las tres muestras ajo, cebolla y chile habanero obteniendo los siguientes resultados.

Los valores que se obtuvieron durante la experimentación en los análisis en muestra verde fueron comparándolo con (D. Bender-Bojalil, 2013), en donde el análisis de las proteínas tiene una variación significativa observándolos en la tabla 2.

Tabla 2. Análisis fisicoquímicos del Ajo en muestra verde.

Ajo		
	Experimentación	(D. Bender-Bojalil, 2013)
Análisis	Muestra verde	Muestra verde
Humedad	69.11	58.58
Cenizas	1.57	0.77
Grasas	0.8	0.5
Proteínas	5.26	6.36

En los análisis experimentales de la cebolla comparados con (Rothman & Dondo, 2013) se observó que los valores se encuentran en un rango equitativo en la tabla 3.

Tabla 3. Análisis fisicoquímicos de la Cebolla en muestra verde.

Cebolla		
	Experimentación	(Rothman & Dondo, 2013)
Análisis	Muestra verde	Muestra verde
Humedad	93.44	86-90
Cenizas	1.88	0.5-1.6
Grasas	0.4	0.1-0.6
Proteínas	1.6	0.185

La experimentación de los análisis fisicoquímicos al ser comparados con el autor (Pesquera, 2010) se observa en la tabla 4 que resultados son similares y es casi nula la diferencia.

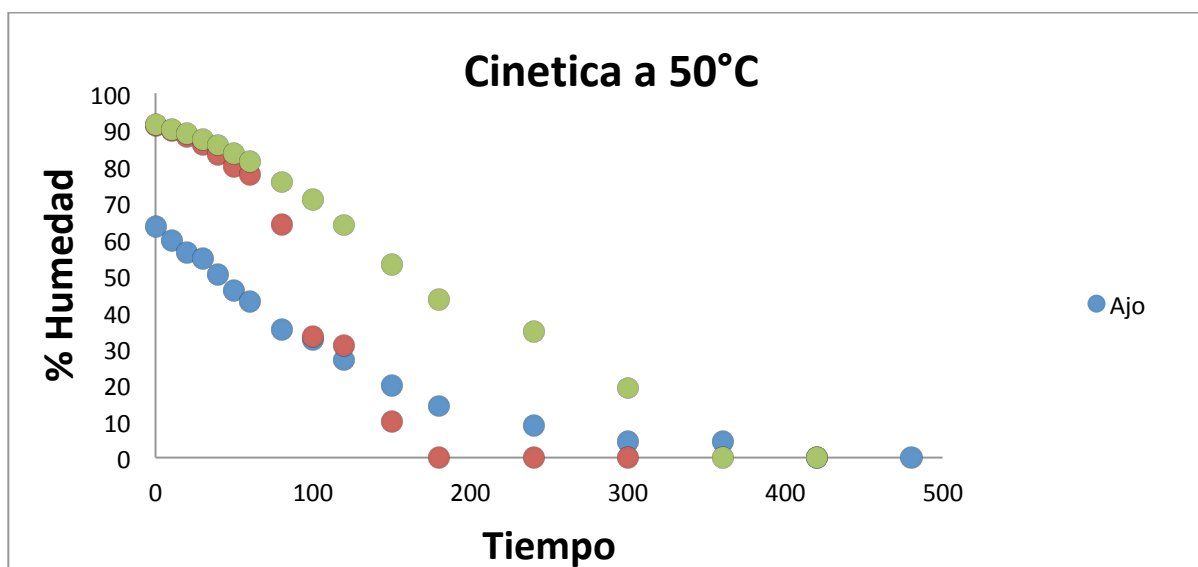
Tabla 4. Análisis fisicoquímicos del Chile habanero en muestra verde.

Chile habanero		
	Experimentación	(Pesquera, 2010)
Análisis	Muestra verde	Muestra verde
Humedad	91.95	91
Cenizas	0.66	0.51
Grasas	0.25	0.3
Proteínas	1	1.3

En el método de secado convectivo desarrollado en un secador de bandejas a una velocidad de 2 m/s, se obtuvieron las cinéticas de secado a dos temperaturas 50°C y 65°C en donde se establecen los valores obtenidos de las tres hortalizas secadas (ajo, cebolla y chile habanero).

Se graficaron las tres muestras juntas en donde se observa que las hortalizas, cebolla y chile habanero comienzan con un mayor porcentaje de humedad ya que el contenido de agua presente en ellos es mayor que el ajo. El ajo es la hortaliza que más tarda en secarse debido a su estructura.

Grafica 1 Cinética 50°C de Ajo, Cebolla y Chile Habanero.

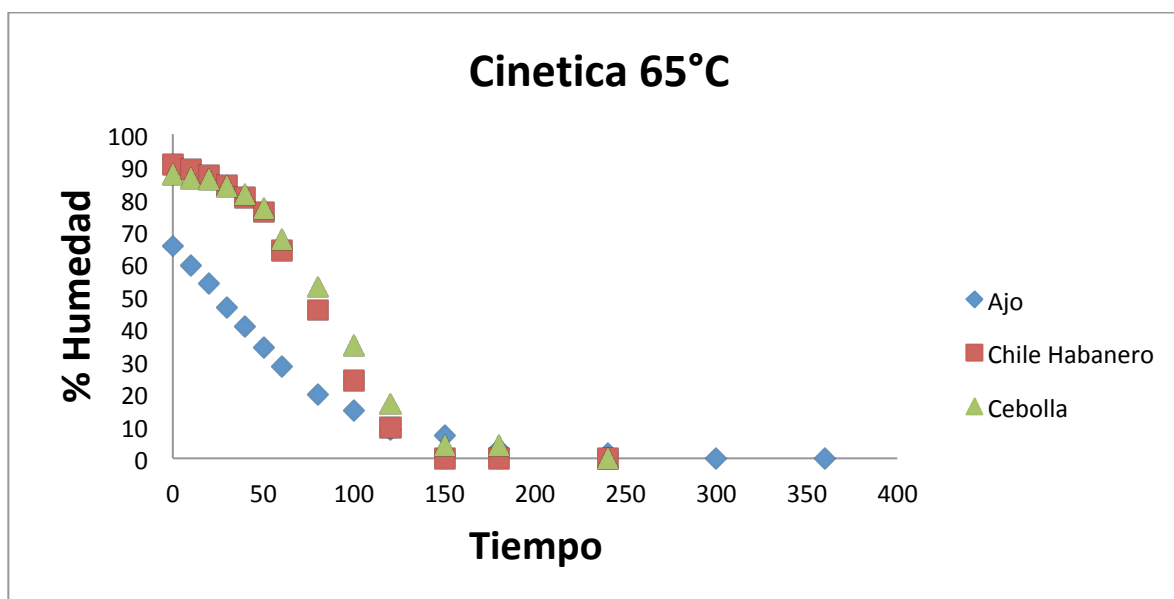


En la gráfica 1 se puede observar el comportamiento de las tres hortalizas (Ajo, Cebolla y Chile Habanero, utilizando 100 g de cada muestra) durante un tiempo total de 500 min. Obteniendo un resultado de 91% de pérdida de humedad del chile habanero, donde en el tiempo 90-100 se observó el pico de caída donde se establece la mayor pérdida de agua, como resultado final 9% de muestra seca en el tiempo 300.

En la muestra de la cebolla se observó un comportamiento lineal, en donde en tiempo 180-300 se observó el pico de caída, posterior a este tiempo se alcanzó el punto de equilibrio en tiempo 420, por lo cual la cebolla quedó con un contenido de 8% de humedad final donde el producto se concluye que contenía un 92% de humedad.

El ajo muestra un contenido inicial de humedad de 64%, en la gráfica anterior se observa que la pérdida de humedad fue constante llegando a tiempo 500 donde se encontró el punto de equilibrio, obteniendo como resultado un 36% de muestra seca.

Grafica 2 Cinética 65°C de Ajo, Cebolla y Chile Habanero



Las curvas antes mostradas (Grafica 2) representan el proceso de secado para las tres hortalizas con las que se trabajó, sometidas a una temperatura de 65°C. Cada una de las muestras empezaron en tiempo 0, por separadas se introdujeron al secador de charolas con cortes diferentes debido la estructura de las hortalizas.

El ajo comienza en el tiempo cero con un contenido de 66% de humedad, en la gráfica se aprecia como aparece el decremento lineal de su contenido de humedad, del rango 20-60 medido en tiempo (min), la mejor perdida de agua seguido de este acontecimiento fue en el tiempo 300-360 min se encuentra el punto de equilibrio obteniendo un 34% de humedad final para el ajo.

Se puede observar que tanto el chile habanero y la cebolla presentan un comportamiento similar en esta cinética por lo cual el chile habanero contiene un 91% de humedad mientras que la cebolla 88% estas dos permaneciéndose con un decremento lineal en tiempo de 25-100 min obteniendo la mayor pérdida de agua, para el tiempo 150-240 min comienza a permanecer constante ambas hortalizas, terminando con un 9% de humedad el chile habanero y la cebolla 12%.

Obteniendo la muestra seca se realizaron los análisis fisicoquímicos de las tres muestras con las dos temperaturas establecidas.

En la tabla 5 se puede apreciar en la cinética a 65 °C el contenido de humedad prácticamente se redujo el 54.2% en comparación con el contenido de humedad de la muestra de la cinética a 50° C, en cuanto al contenido de cenizas al haberse reducido el contenido de humedad este aumento en un 10% en comparación con el contenido de cenizas en la cinética a 50° C, mientras el contenido de grasa ocupa un 3.3%, en las proteínas representa un 1%

Tabla 5. Análisis fisicoquímicos de Ajo en muestra seca

Ajo		
Análisis	Muestra seca 50 °C	Muestra seca 65°C
Humedad	0.35	0.19
Cenizas	3.23	3.57
Grasas	4.83	0.16
Proteínas	0.07	0.07

En la tabla 6 se compara con el autor Machado Mancilla Mileydi a una temperatura de 68°C el contenido de humedad se redujo a un 12.7%, en comparación con el contenido de humedad de la muestra de 65°C, mientras las cenizas ocupan un 92% respecto a la muestra de 65°C, las grasas se establecen con un 19.5%, en base a la muestra de proteínas de 65°C ocupa un 75.5% con respecto al autor.

Tabla 6. Análisis fisicoquímicos de Cebolla en muestra seca

Cebolla			
	Experimentación		Machado Mancilla Mileydi
Análisis	Muestra seca 50 °C	Muestra seca 65°C	Muestra seca 68°C
Humedad	0.63	0.55	0.7
Cenizas	0.043	0.063	0.058
Grasas	0.178	0.246	0.048
Proteínas	0.054	0.065	0.086

En la siguiente tabla 7 se observa que el porcentaje de humedad en la muestra seca de la cinética 65 °C es de 93.3% con respecto a la cinética de 50 °C, al igual que las cenizas se establecen con un 74.5%, las grasas arrojaron un valor en la cinética de 50 °C con 30.5%, mientras que las proteínas un 96%.

Tabla 7. Análisis fisicoquímicos de Chile habanero en muestra seca

Chile habanero		
Análisis	Muestra seca 50 °C	Muestra seca 65°C
Humedad	0.15	0.14
Cenizas	6.37	4.75
Grasas	0.230	0.753
Proteínas	0.144	0.150

Para la formulación se estableció los siguientes valores, (ver tabla) dado que en algunos ensayos era mayor el porcentaje de algún ingrediente y eso ocasionaba que el sabor no fuera agradable al paladar, un ejemplo claro de ello es cuando el porcentaje de chile era mayor eso resultaba ser muy picante, o el utilizar mayor porcentaje de ajo o cebolla siendo estos potencializadores opacarían el sabor el chile.

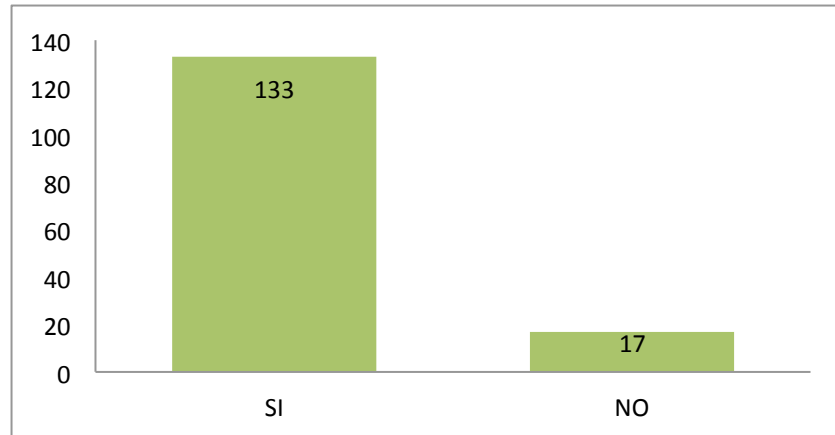
Tabla 8. Formulación final

Ingredientes	% Peso/peso de producto
Ajo	2.5
Cebolla	2.5
Chile habanero	1.5
Grasa	2
Sal	2.5
Total	11

PRUEBA SENSORIA

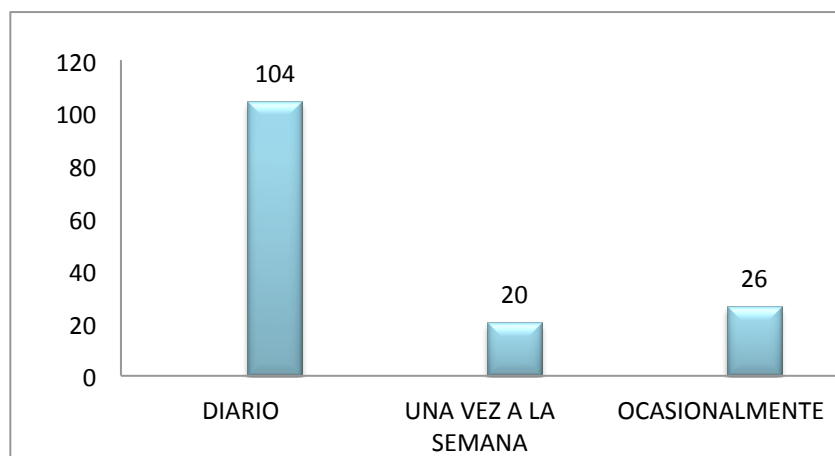
Para llevar a cabo la prueba sensorial se tomó una muestra de 150 personas, tomando como punto de referencia en centro de la ciudad de Tierra Blanca entrevistando en su mayor parte amas de casa, este estudio se basa en la introducción de un sazón empleando el chile habanero. Para lo que se desarrolló una entrevista con preguntas. La grafica 3 muestra la evaluación de un análisis realizado a 150 personas de la población de Tierra Blanca, que son principalmente amas de casa para conocer si les gusta consumir el chile habanero obteniendo como resultado que 133 que equivalen a un (88.67%) de la población que lo consumen mientras 17 (11.33%) no por la pungencia que genera el chile habanero.

Grafica 3 Consumo de chile habanero



Se muestra en la gráfica 4 la evaluación de la frecuencia con la que se consume el picante por parte de las amas de casa, análisis que fue realizado para 150 personas de las cuales 104 que equivalen a un (69.34%) del total de la población encuestada consume el picante diariamente, 20 (13.33%) lo consume por lo menos una vez a la semana y 26 (17.33%) lo consume ocasionalmente lo cual nos permite observar que la mayoría de la población consume el picante diariamente debido a que cuenta con características que lo hacen un producto atractivo.

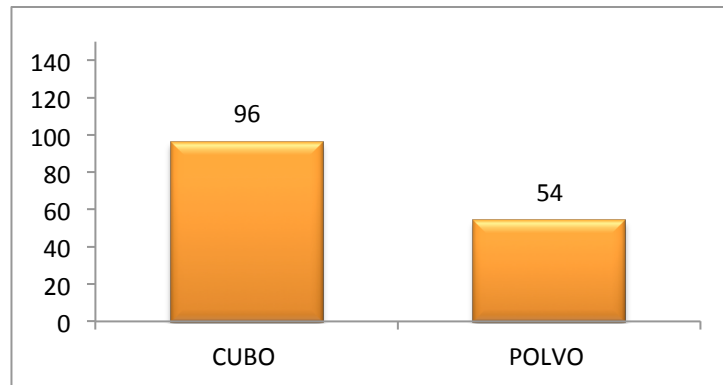
Grafica 4 Frecuencia de consumo de picante



En la gráfica 5 se obtuvieron los resultados de un análisis de mercado a 150 personas de Tierra Blanca para conocer la forma en que quisieran consumir el producto ya sea en polvo o cubo, obteniendo como resultado que 54 personas de

la población prefiere consumirlo en polvo y un 96 en cubo.

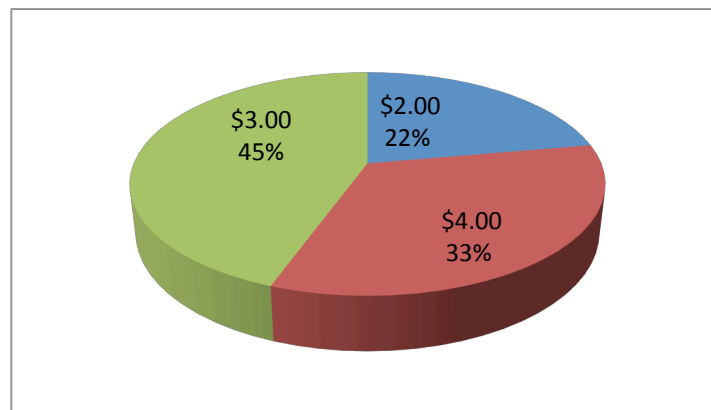
Grafica 5 Forma de consumo de chile habanero.



En la siguiente grafica 6 se muestra la realización del estudio de mercado para 150 personas para saber cuánto estarían dispuestas las amas de casa a pagar por un

sazonador de chile habanero en presentación de cubo (11 g) obteniendo como resultado que un 45% está dispuesto a pagar \$3.00, un 22% a pagar \$2.00 y un 33% dispuesto a pagar \$4.00.

Grafica 6 Precios dispuestos a pagar por el cubito.



La grafica 7 nos muestra que conforme a las 150 personas que se encuestaron la mayoría opto por adquirir el producto en tiendas cerca de casa con un 47% y en tiendas de autoservicio un 33%, mientras que el resto que es un 20% dijo que en ambas.

Grafica 7 Donde adquirir el producto.



CONCLUSIÓN

En este trabajo se presentó el método de secado convectivo en un secador de bandejas para secar ajo, cebolla y chile habanero, empleándolos para la caracterización de un sazónador. Donde la mejor cinética de secado es la de 65 °C a 2 m/s. ya que en esta es donde se muestra que las tres hortalizas obtuvieron su curva de secado en menor tiempo y su comportamiento fue lineal.

Un sazónador es un producto típico de la cocina mexicana por ello se entrevistó a 150 amas de casa de la zona de Tierra Blanca Veracruz; de las cuales 96 compraría el sazónador en cubo, al ser este un producto innovador ya que cuenta con la característica del picor la cual es muy aceptada por la población mexicana. Por ello la formulación establecida contiene 1.5% de chile habanero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. Gonzálvez, S. A. (2008). Composición elemental de los productos de condimentos. *Talanta*, 1085-1095.
- Bruce, M. (2008). Manual de especias, condimentos y saborizantes. *Trends in Food Science y Technology*, 219.
- D Andrade P, R., & Torres G, R. (2007). Elaboracion de un sazónador a basa de harina de cabezas de camarón de cultivo. *redalyc.org*, 109-113.
- D. Bender-Bojalil, M. E.-P. (2013). El ajo y sus aplicaciones en la conservación de alimentos. *Temas selectos de Alimentos*, 25-36.
- Díaz, Ayala, F. (2015). Cinética de secado de tiras de cladodios de nopal (*Opuntia ficus indica*) en un secador convectivo de flujo trasnversal. *Agrociencia*, 845-857.
- G, C. B. (2012). Dehydration of foods. *Universidad de las Americas Puebla*.
- Gómez, Díaz, R. (2014). *Actividad del agua de los alimentos. Metodos de determinación*.
- Gómez, M. S. (2009). *Deshidratado de tomate saladette en un secador de charolas*. Huajuapán de león: Tesis.
- Gonzáles, E, T., Gutiérrez, P, L., & Contreras, M, F. (Mayo de 2010). *Ciencia y desarrollo*. Recuperado el Lunes de Octubre de 2016, de Ciencia y desarrollo: <http://www.cyd.conacyt.gob.mx/>
- Hanco, J. (2015). Operacion de secado en un secador de bandejas. *E.A.P. Ingeniería química*.
- Herrera, A. P. (2006). *Construcción de un secadorde charolas giratorio y su valor con ajo (Allium sativum)*. Huajuapán de León: Tesis.
- J. Farkas, C. M.-F. (2014). Seguridad de los alimentos y bebidas: Especies y Condimentos. *redalyc.org*.
- Krejčova, A., Cernohorsky, T., & Meixner, D. (2007). El análisis elemental de sopas instantáneas y mezclas de condimentos por ICP -OES. *redalyc.org*.
- L.L. Méndez- Lagunas, J. R.-R.-C. (2008). Variaciones del contenido de humedad por efecto de congelado a temperaturas de criogenia. *Mexicana de Ingeniería química*, 139-144.
- Loizzo, R. M., & etal. (2013). Influencia del proceso de secado y la cocción en el contenido fitoquímico, propiedades antioxodantes. *Food and Chemical Toxicology*, 392-401.

- Marín, V. P. (2013). Frutas y Hortalizas. *Qumica de alimentos*.
- Martinez, Soto, G. (2010). *Características de secado de nopal (Opuntia ficus-indica) por lecho fluidizado*. México: redalyc.org.
- Rothman, S., & Dondo, G. (2013). *CEBOLLA (Allium cepa L.)*. Argentina: Departamento produccion vegeta.
- Ruiz-Lau, M. M. (2011). El chile habanero su origen y usos. *Ciencia*, 70-77.
- Sagarpa. (2015). Márgens de comercialización. *Servicio de la informacion agoalimentaria y pesquera*.
- SAGARPA. (2015). MÁRGENS DE COMERCIALIZACIÓN. *SERVICIO DE LA INFORMACION AGOALIMENTARIA Y PESQUERA*.
- Santos, C. T. (2010). Cinética e modelagem da secagem de carambola (Averrhoa carambola L.) em secador de bandeja. *Redalyc.org*, 309-313.
- Siripongvutikorn, S. (2013). Antimicrobianos y antioxidacion efectos de condimentos tailandés. *LWT- Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 347-352.
- Trejo, H. L. (7 de Junio de 2015). Recuperado el 8 de septiembre de 2016, de <http://www.manualdeshidratacion1.blogspot.com>
- Uribe, G. A. (2014). *Sazonadores Naturales*. Colombia: Min Salud.
- Vizcarra-Mendoza, L. V.-C. (2008). Secado por lecho fluidizado del trigo y su calidad. *Mexicana de Ingeniería Química*, 131-137.
- Zuluaga, J. (2010). Evaluación de las características físicas de mago deshidratado aplicando secado por aire caliente y deshidratación osmótica. *Facultan de Ingeniería*, 127-135

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SECADOR SOLAR PARA CAFÉ

DANIEL HERNÁNDEZ PITALUA¹, MARÍA LUISA SILICEO RODRÍGUEZ², RAÚL LÓPEZ LEAL³

RESUMEN

La disponibilidad de los recursos energéticos renovables es variable, especialmente si hablamos del recurso solar, por lo que es indispensable una comprensión de dónde, y en qué cantidad está disponible. El secado es el proceso de disminuir la humedad a una determinada sustancia o cuerpo, por medio de la evaporación y eliminación del agua contenida en la misma.

El objetivo de este prototipo es la evaluación del utilizar un secador solar como apoyo para el secado del café en pergamino.

Un secador solar es un equipo o instalación que utiliza la radiación solar como fuente de energía para disminuir la humedad del producto o material a secar. Se elaboró el diseño y la construcción de un secador solar para café en pergamino, en fincas cafetaleras de una pequeña comunidad de plan de las hayas en Veracruz, México, con la finalidad de aportar una mejora en la técnica de secado de café en esa zona, el desempeño del secador fue evaluado en la cosecha del 2018.

Los secadores, al igual que los calentadores solares, utilizan el efecto invernadero como trampa de calor. La estructura de este secador fue basada en el diseño de los calentadores solares modificado para ser desarmable y fácil de manejar con una longitud de 1.30 m de largo y 1 m de alto, compuesto por 2 secciones unidas, una de ellas para almacenar el café y la otra para generar el efecto invernadero.

Los resultados obtenidos a partir del prototipo, fueron gradientes de temperatura entre 10°C y 25°C con respecto al medio ambiente, así como temperaturas máximas de hasta 35°C. El secador alcanzo una garantía en el secado de mínimo

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. dpitalua@yahoo.com

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. maluisasili@hotmail.com

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. rlopezleal@gmail.com

el 50% con respecto a los métodos tradicionales.

Palabras Clave. Recurso solar, Secador solar, Café pergamino .

INTRODUCCIÓN

El principal factor que influye en la calidad del café almacenado es la humedad. Los granos húmedos constituyen un medio ideal para el desarrollo de microorganismos e insectos que dañan al producto y deterioran su aspecto. El secado es el método de acondicionar los granos por medio de la eliminación del agua hasta un nivel que permita su equilibrio con el aire del ambiente, de tal forma que preserve su aspecto, su calidad nutritiva y la viabilidad de la semilla.

El presente trabajo muestra los resultados de la evaluación de un prototipo de secador solar a través del secado del café, ya que el principal factor consiste en retirar por evaporación el agua de la superficie del producto. La rapidez de estos procesos depende de la velocidad de la radiación solar, su grado de sequedad y su temperatura, así como de las características del producto, su composición su contenido de humedad y tamaño. El uso de secadores solares para el secado de café es una tendencia en el desarrollo de tecnologías sustentables que permiten proteger al grano seco de calidad y lograr un secado en días con la radiación solar.

En la etapa del secado es cuando más daños pueden sufrir los granos, si no se realiza inmediatamente después de haberse lavado, se presentan granos negros, mohosos, fermentados, mal oliente, el pergamino se mancha y consecuentemente el rendimiento en peso es menor. Cuando el grano es secado adecuadamente, se hace fácilmente conservarlo por lo que se evita un posible desarrollo de mohos, al mismo tiempo que se garantiza su buen gusto y aroma.

Con el presente trabajo de investigación se buscó “evaluar en finca” de pequeños y medianos productores un prototipo de secador solar de café en pergamino, realizando comparaciones con el secado tradicional, para conocer su efecto en los tiempos de secado, que en términos monetarios favorecen la economía del productor y como inciden estos en la calidad del café. Se tomó como referencia para realizar los experimentos el municipio San Rafael del Norte, por ser ésta una

zona representativa del “café de altura” donde se cosechan los cafés de “buena calidad” de exportación.

MARCO TERORICO

El secador solar es un método en el cual se permite acondicionar los granos del café por medio de la eliminación del agua hasta un nivel que permita su equilibrio con el aire del ambiente, de tal forma que preserve su aspecto nutritivo y la viabilidad de la semilla.

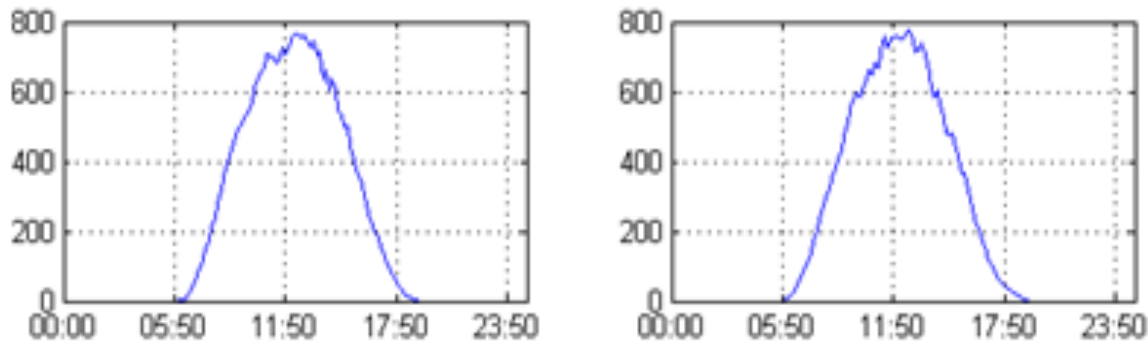
El contenido de humedad de la cereza del café está entre el 50% y el 60% del peso total, dependiendo del tipo de fruto y sus condiciones. Las cerezas ya secas, bolas o capulines contienen de 15% a 25% de humedad. Para que el grano de café pueda ser embodegado, y posteriormente comercializado, se recomienda una humedad de alrededor del 12%.

Una Hora solar pico es el término que se utiliza en el campo de la energía solar térmica y fotovoltaica y su conocimiento resulta útil en el análisis de sistemas, el origen e interpretación de la hora solar pico puede comprenderse a partir de consideraciones:

La irradiación solar sobre la superficie terrestre en un día cualquiera puede tener un comportamiento como el mostrado en la figura 1. La presencia de las nubes modifica esta distribución, pero en el presente análisis, no resulta y no cuenta.

La característica de esta distribución cambia según el verano o el invierno, algo también importante para un análisis integral a lo largo del año, pero para la interpretación de la hora solar pico mantendremos como referencia la distribución mostrada en la figura 1, como ejemplo de un día cualquiera.

Figura 1.- Hora solar pico



En esencia un deshidratador solar es un aparato que aprovecha la energía solar para calentar aire, provocando por convección, una corriente de aire caliente que pasa entre los productos colocados en su camino, secándolos, y arrastrando la humedad al exterior por una chimenea.

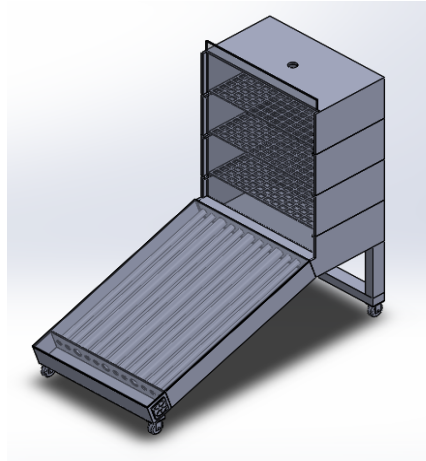
El secador de bandejas, o secador de anaqueles, (cuyo caso es el diseño de este secador solar) consiste en un gabinete, de tamaño suficientemente grande para alojar los materiales a secar, en el cual se hace correr suficiente cantidad de aire caliente y seco. En general, el aire es calentado por vapor, pero no saturado, de modo que pueda arrastrar suficiente agua para un secado eficiente.

DESARROLLO

Diseño

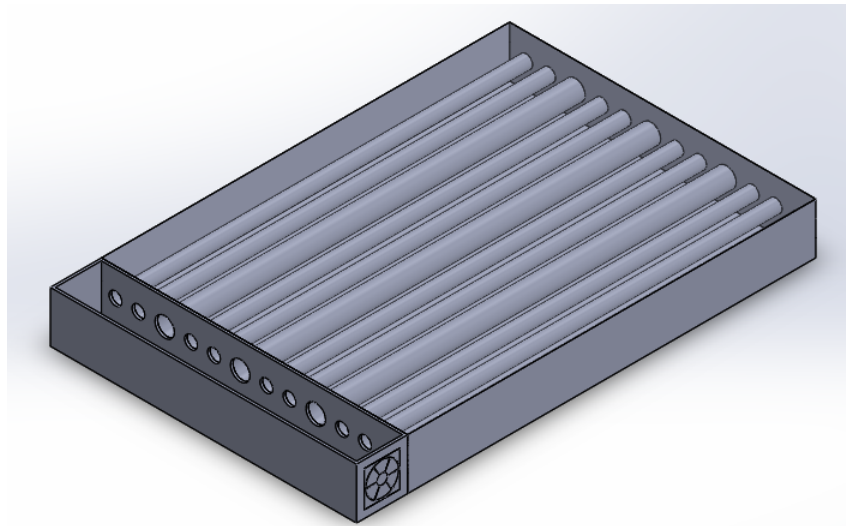
El objetivo general planteado al comienzo, establece diseñar un secador-deshidratador de alimentos solar para el óptimo aprovechamiento de los alimentos perecederos en la ciudad de Xalapa Veracruz, se realizó el diseño de un deshidratador solar mixto ya que en este tipo de deshidratador se puede aprovechar en mayor cantidad la energía del sol ya que la radiación puede llegar tanto al colector como a la cámara de secado, mientras que en los deshidratadores directos e indirectos la radiación llega a la cámara de secado y al colector respectivamente. En la siguiente figura se muestra el diseño del deshidratador solar mixto realizado con la ayuda del software SolidWorks.

Figura 2: Diseño del secador solar mixto



La Figura 3 muestra al colector solar, este es el encargado de recibir la energía del sol, dentro de él se encuentran distribuidos varios tubos que van hacia la cámara de secado, esos tubos son por donde viajara el aire que es impulsado por el ventilador que se encuentra al costado derecho.

Figura 3: Diseño del colector solar



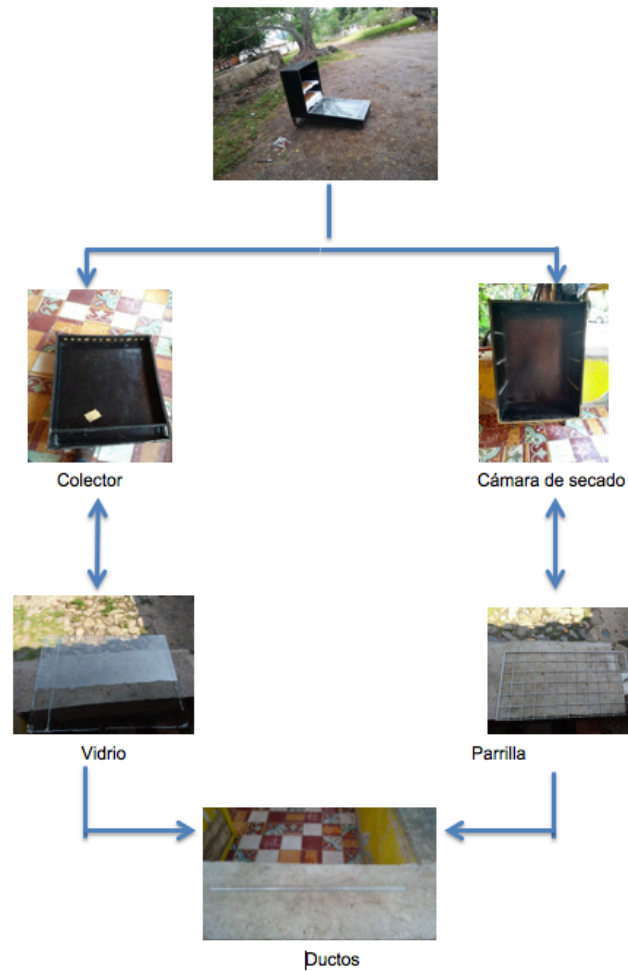
CONSTRUCCIÓN

Después de haber hecho las correcciones y asegurarse que el prototipo quedara en perfectas condiciones se trasladó a la comunidad del Plan de las Hayas Municipio de Alto Lucero de Gutiérrez barrios donde se realizaron las pruebas al secador solar.

La cámara de secado, lugar donde se colocará todo el producto a deshidratar, en este caso el café, se encuentra seccionada para colocar en ella las charolas que contendrá el producto. Además se observa que cuenta con una ranura vertical a los costados interiores de la cámara donde se introducirá un cristal el cual será el encargado de cerrar la cámara de secado, cabe mencionar que este cristal será corredizo por lo cual se podrá quitar y poner cuando se desea introducir o retirar las charolas con el producto.

Secador solar de café

Figura 4.- Diagrama de las partes del secador solar para café



Secado del café

Para poder llevar a cabo la evaluación del secado del café se realizó una matriz de experimentos mostrada en la siguiente tabla

Tabla 1 Matriz de experimentos planeada

	Hora del día	Masa	Radiación solar	Pronostico del día
Día 1				
Día 2				
Día 3				

La muestra inicial fue de 2 kg de café húmedo como se muestra en la figura 5

Figura 5.- Peso del café húmedo



La figura 6 representa el primer día del café listo para secarse.

Figura 6.- El café dentro del secador solar.



La figura 7 representa el tercer día, donde el café se encuentra oreado.

Figura 7.- Café oreado



RESULTADOS

El secador solar tuvo por lo general de 7 a 9 horas efectivas de oreado al día de 9am a 6pm, se usaron 3 parrillas de con la capacidad de 1 kg de café pergamino húmedo, el secador demostró tener una capacidad de secado de 2 kg. , lo cual se muestra en la tabla 2.

Diseño o matriz de experimento completada

	Hora del día	Masa	Radiación solar	Pronostico del día
Día 1	9am	2 kg	121 W/m ²	26°
	12pm	1.980 kg	120 W/m ²	26°
	3pm	1.950 kg	122 W/m ²	26°
	6pm	1.900 kg	119W/m ²	26°
Día 2	9am	1.895 kg	119 W/m ²	28°
	12pm	1.870 kg	120 W/m ²	28°
	3pm	1.830 kg	119 W/m ²	28°
	6pm	1.790 kg	122 W/m ²	28°
Día 3	9am	1.780 kg	122 W/m ²	28°
	12pm	1.730 kg	123 W/m ²	28°
	3pm	1.700 kg	122 W/m ²	28°
	6pm	1.669 kg	120 W/m ²	28°

El primer día se colocaron 2 kg de las 9am hasta las 6pm, cada 3 horas se checo una temperatura promedio de 26° y la radiación solar promedio de 121 W/m², este primer día de secado el café tuvo una pérdida de peso de 100g. El segundo día se colaron 1.895g de café, de 9am a 6pm, checando cada 3 horas la temperatura promedio de 28 ° y una radiación solar promedio de 120 W/m², con una pérdida de 105 g. El tercer día se colocaron 1.780g de café de 9am a 6pm, checando cada 3 horas la temperatura promedio de 28° y una radiación solar de 122 W/m², con una pérdida de 111g.

Al no contar con un piranómetro adecuado para medir la radiación solar y la temperatura del grano del café se utilizó una aplicación llamada solar tester.

Los resultados obtenidos del secador solar fueron de un 10% de ahorro de tiempo en el secado del café en comparación de otros secadores convencionales y un mejor control de higiene en el café.

CONCLUSIONES

Es posible diseñar un secador para café gourmet, que aproveche una energía alternativa sin perjudicar la calidad final del producto mediante el control preciso de la razón de des humidificación y temperatura del secado. Este control evita exponer al grano a condiciones que le pueden restar propiedades deseables o hacer mal uso de la energía o el espacio físico destinado al proceso de secado.

La energía térmica solar disponible (18 MJ/M² día) se usa muy bien en el diseño propuesto dado que aprovecha un 58 % más de la energía que un proceso convencional en los patios. Esta innovación incorpora un secador solar, que realiza un proceso de calentamiento sensible, aumentando la temperatura del bulbo seco del aire ambiente en 10°C aproximadamente y disminuyendo la humedad relativa en casi en 50 % lo que se traduce directamente en un aumento de la capacidad del aire para extraer aguas desde el grano hacia el ambiente.

Las variables de entrada para el diseño de secador solar, como la temperatura de bulbo seco de 22° y la humedad relativa de 78 %, se determinaron con rigurosidad debido a que influyen directamente en la energía que puede entregar el cajón al aire para calentarlo. Interpretando de otra manera, entre más baja sea la temperatura y más alta sea la humedad relativa el secador solar lograra un mejor rendimiento

Como el proceso de secado es un factor muy importante en la producción de café gourmet se determinó que este prototipo es capaz de secar el grano de una manera más rápida y segura, ya que el grano no está expuesto a la temperatura ambiente y pueda tener algunos inconvenientes es su calidad y su venta en el mercado.

Esta investigación es importante para llevar una mayor calidad de café al mercado, en todo proceso investigativo el impacto sobre la realidad dentro de las empresas se determina por la socialización de los resultados y de todo el personal que se encuentra involucrado en la misma, por esa razón es importante concientizar sobre los secadores solares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almada, M., & et al. (2005). *Guía de uso de secadores solares para frutas legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes*. Recuperado el 5 de Septiembre de 2016, de UNESCO: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/E-D-Guiasecaderosolar.pdf>
- BioRenaces. (s.f.). *Deshidratador solar mixto*. Recuperado el 22 de Agosto de 2016, de BioRenaces: http://biorenaces.mx/tienda/index.php?route=product/product&product_id=63
- Cengel, Y. A. (2007). *Transferencia de calor y masa*. México : McGraw Hill.
- Olmedo, F. (14 de Diciembre de 2014). *Que es un colector Solar o captador solar*. Recuperado el 28 de Agosto de 2016, de Biodisol: <http://www.biodisol.com/destacado/que-es-un-colector-solar-o-captador-solar-tipos-de-colectores-solares-energia-solar-termica/>
- SGCG. (18 de Agosto de 2014). *Transferencia de calor por convección*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2016, de SGCG: <http://sgcg.es/articulos/2014/08/18/transferencia-de-calor-por-conveccion-3-conveccion-natural-y-conveccion-forzada/>
- Sitiosolar.com. (s.f). *Los Deshidratadores solares*. Recuperado el 18 de Agosto de 2016, de Sitiosolar.com: <http://www.sitiosolar.com/los-deshidratadores-solares/>
- Stackhouse, P. W. (s.f.). *Monthly Averaged Direct Normal Radiation (kWh/m2/day)*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2016, de Surface meteorology and Solar Energy - NASA: https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&num=084110&lat=19.54&submit=Submit&hgt=100&veg=17&sitelev=&email=&p=grid_id&p=swvdowncook&p=midday_dwn&p=clrskycook&p=clrskyday&p=swv_dwn&p=exp_dif&p=avg_dnr&p=srf_dwn0&p=avg_kt&p=avg_nkt&p=clr_sky&p=clr_k
- Stackhouse, P. W. (s.f.). *Monthly Averaged Direct Normal Radiation (kWh/m2/day)*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2016, de Surface meteorology and Solar Energy - NASA: https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&num=084110&lat=19.54&submit=Submit&hgt=100&veg=17&sitelev=&email=&p=grid_id&p=swvdowncook&p=midday_dwn&p=clrskycook&p=clrskyday&p=swv_dwn&p=exp_dif&p=avg_dnr&p=srf_dwn0&p=avg_kt&p=avg_nkt&p=clr_sky&p=clr_k
- UNAM. (s.f.). *Diseño y construcción de un secador solar para frutas*. Recuperado el 18 de Agosto de 2016, de Universidad Nacional Autónoma de México:

http://www.feriadelasciencias.unam.mx/anteriores/feria22/feria327_01_diseno_y_construccion_de_un_secador_solar_de_fruta.pdf

Valdés Marín, P. (4 de Septiembre de 2008). *Frutas y hortalizas*. Obtenido de Manual de deshidratación 1: <http://manualdeshidratacion.blogspot.mx/>

Villen, M. (7 de Septiembre de 2012). *Deshidratación, la forma más antigua y sana de conservar los alimentos*. Recuperado el 18 de Agosto de 2016, de Conasi: <http://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/deshidratacion-la-forma-mas-antigua-y-sana-de-conservar-los-alimentos/>

MODELADO Y DISEÑO DE UN SISTEMA TÉRMICO PARA CULTIVO DE TILAPIA

GERARDO GRIJALVA AVILA¹, MARTIN MONTES TREJO², JULIO CESAR GRIJALVA AVILA³

RESUMEN

El presente trabajo trata sobre el modelado de un sistema intercambiador de calor orientado a proporcionar la energía térmica necesaria para mantener un estanque de cría de tilapia en condiciones óptimas para su desarrollo. Dado que la tilapia es un pez originario de zonas tropicales la temperatura del ambiente influye considerablemente en su desarrollo y sostenimiento, considerando que el rango de temperatura óptima para su ciclo de reproducción y crecimiento es de 24°C a 30°C y su temperatura mínima letal a temperaturas inferiores a 5°C, mismas que son fácilmente alcanzables en el estado de Durango se vuelve necesario que las unidades de producción de la especie en cuestión cuenten con sistemas de respaldo adecuados. Durango presenta condiciones climáticas favorables para el cultivo de tilapia solo en algunas temporadas del año, lo que provoca que en la actividad económica no se puedan implementar producciones escalonadas y con ello no sea posible un suministro constante del producto durante todo el año. El sistema propuesto plantea la posibilidad de potenciar las tecnologías en energías renovables mediante el empleo de modelos de caja negra, basados en sistemas neuro-borrosos multivariantes.

Palabras clave: Neuro-Borroso, Producción Acuícola, Energías Renovables, Modelado.

¹ Universidad Politécnica de Durango. gerardo.grijalva@unipolidgo.edu.mx

² Centro de Investigación de Materiales Avanzados. Martin.montes@smtworldwde.com

³ Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango. jcgrjalva69@gmail.com

ABSTRACT

This paper deals with the modeling of a heat exchanger system oriented to provide the thermal energy necessary to maintain a tilapia breeding pond in optimal conditions for its development. Since tilapia is a fish native to tropical areas, the temperature of the environment has a considerable influence on its development and maintenance, considering that the optimum temperature range for its reproduction and growth cycle is 24 ° C to 30 ° C and its minimum temperature lethal temperatures below 5 ° C, which are easily achievable in the state of Durango, it is necessary that the production units of the species in question have adequate backup systems. Durango has favorable climatic conditions for the cultivation of tilapia only in some seasons of the year, which means that in the economic activity it is not possible to implement staggered productions and with this a constant supply of the product throughout the year is not possible. The proposed system raises the possibility of boosting renewable energy technologies through the use of black box models, based on multivariate neuro-fuzzy systems.

Keywords: *Neuro-Fuzzy, Aquaculture Production, Renewable Energy, Modeling*

INTRODUCCIÓN

La acuacultura aporta el 91% de la producción de tilapia en México, y se cultiva en 31 estados de la República Mexicana, sin embargo dependiendo de la especie de pez, se tiene mayor productividad en las zonas tropicales como son los estados de Veracruz, Michoacán, tabasco, Sinaloa, Jalisco, Nayarit, Chiapas y Guerrero (SAGARPA, 2011). Para su cultivo, las regiones donde la temperatura se encuentra por debajo del rango de 24°C a 30°C no son aptas para dicha actividad, es por ello que el adoptar nuevas tendencias tecnológicas como son los criaderos de peces bajo invernaderos, ofrece la posibilidad de permitir o aumentar la productividad en granjas (Mar et al, 2012). Este tipo de tecnología permite obtener diferentes ventajas, entre ellas disminuir las pérdidas de temperatura del estanque hacia el ambiente.

El aprovechamiento del calor proveniente de la energía solar varía según la región y la tecnología empleada, las aplicaciones principales de esta fuente de energía han sido el calentamiento de agua para uso doméstico y albercas (SENER, 2018) más sin embargo existen diversas aplicaciones en donde la energía termosolar puede contribuir significativamente a la reducción de costos, muestra de ello es que en ciertos procesos industriales, el rendimiento se mejora en la medida en que se incrementa o se mantienen niveles altos de temperatura, por ejemplo en acuicultura, ganadería, acondicionamiento de biodigestores (García & Pilatowsky, 2017).

Como es bien sabido, cualquier aplicación de la Energía Solar requiere una evaluación del recurso potencial, preferentemente a partir de mediciones de la cantidad de energía solar disponible y justificar la utilización de estos sistemas en aplicaciones específica. Para el caso de México se han implementado proyectos a fin de poder generar redes de estaciones climáticas que permitan obtener datos fiables y permitan obtener periodos de muestreo lo suficientemente confiables, tal es el caso de la Red Nacional de Estaciones Agroclimáticas que opera en 29 entidades federativas, se dispone de infraestructura para ofrecer a los productores información meteorológica en tiempo real (muestreo de 15 min), aplicada a los procesos de producción (INIFAP, 2018). Dicha red además de apoyar a la toma de decisiones relacionadas a las condiciones climatológicas permitió en este estudio contar con mediciones realmente útiles para hacer una estimación estadística del recurso solar.

El uso de software permite analizar y validar modelos que analíticamente tardarían más tiempo, además de representar la disminución de costos en métodos experimentales, como también asegurar los resultados esperados, como por ejemplo, en el modelado de sistemas térmicos. En la actualidad existe software diverso que permiten realizar dichas tareas de simulación, por ejemplo Avila, Alesanco, & Veliz (2011) se utiliza el software HOMER® para la modelización de sistemas híbridos de generación de energía eléctrica para el abastecimiento de plantas desaladoras, por su parte Mundo Hernández et al (2012) propone una integración de energía solar fotovoltaica en un edificio utilizando el software

Polysun Simulation® para el dimensionamiento y ubicación de módulos fotovoltaicos, finalmente en Rodríguez, Ciaddy, & Sarmiento (2011) se realiza un dimensionado mediante simulación de sistemas de energía solar fotovoltaica aplicados a la electrificación rural. En todos estos casos para llevar a cabo simulaciones lo más conveniente es poder contar con datos de radiación total para cada hora del día (denominada irradiación horaria; MJ/m²), ya sea por separado para cada día del año, o por promedios sobre los días de un mes, las simulaciones de sistemas termo-solares no están exentos de esta aseveración.

Con relación a las aplicaciones termo-solares enfocadas en el sector industrial, la tecnología utilizada permite alcanzar temperaturas requeridas por los procesos industriales que van de 60 a 280°C, y hasta 400°C para los sistemas de generación de electricidad (Ramos, Ramírez, & Beltrán, 2018), lo que la convierte en una tecnología capaz de potenciar los sistemas de producción de tilapia bajo invernaderos.

MARCO DE REFERENCIA

CULTIVO DE TILAPIA BAJO INVERNADEROS

El cultivo de tilapia regiones donde la temperatura se encuentra por debajo del rango de 25°C a 32°C no son aptas para dicha actividad, es por ello que el adoptar nuevas tendencias tecnológicas como son los criaderos de peces bajo invernaderos ofrece la posibilidad de aumentar la productividad en granjas. Este tipo de tecnología permite obtener diferentes ventajas, entre ellas disminuir las pérdidas de temperatura del estanque hacia el ambiente.

El desarrollo del proyecto de cría de tilapia, inicio por el Centro Tecnológico de la Industria Auxiliar de la Agricultura-Tecnova, en colaboración con la Fundación Centro Tecnológico de la Acuicultura de Andalucía, España en el 2008, lo cual favoreció el crecimiento de esta tendencia. (Acuicultura, 2009).

Un invernadero es toda aquella estructura cerrada cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener unas condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar fuera de estación en condiciones óptimas. Se considera un sistema cerrado, a aquella unidad de producción en la cual se

reemplaza menos del 10% del volumen total de agua por día. Los sistemas de cultivo se diseñan de acuerdo a las necesidades de cada granja, los componentes que regularmente conforman a un modelo comercial se muestran en la figura 1.

Para el cultivo intensivo de tilapia, se utilizan estanques circulares de geomembrana, el tamaño más usado es de 9.20 m de diámetro por 1.20 m de profundidad, y puede almacenar un volumen de hasta 80 m³. Este estanque normalmente se oxigena con un aireador de 1 HP en este modelo se puede producir de 1 a 1.5 ton de tilapia en un tiempo de entre 6 y 8 meses, alcanzando una talla de 450-650 gr, dependiendo de la calidad y cantidad de agua con que se cuente. En el caso de la aireación de los estanques, existen varias opciones en el mercado por ejemplo el aireador de paleta, muy conocido en los estanques rústicos, es muy eficiente en la transferencia de oxígeno, pero intercambia o pierde temperatura con el medio ambiente, por lo que es muy recomendable para climas cálidos, y el aireador de inyección que aunque es eficiente ocasiona que el movimiento del agua dentro del estanque sea muy alto, lo que provoca que el pez nade contra corriente innecesariamente. Aunado a las condiciones de transferencia térmica al interior de las instalaciones, la operación del aireador juega un papel preponderante en el sostenimiento de la temperatura a un nivel deseado al actuar como una perturbación al sistema.

AGRICULTURA PROTEGIDA

El sector de agricultura protegida, es el sector más dinámico de la agricultura mexicana y el que ha mostrado mayor capacidad de competir en los mercados, tanto nacionales como internacionales. Sin embargo su crecimiento no ha sido ordenado y presenta serios peligros de perder las ventajas que hasta ahora le han permitido crecer (SAGARPA, 2009).

Figura 1.- Módulo de acuaponía y sus componentes en las instalaciones del Campo Experimental Valle del Guadiana Durango Dgo.



La agricultura protegida está creciendo a una tasa anual estimada de 20% pero los proyectos instrumentados en el sector tienen una tasa de sobrevivencia de 60%, debido a la falta de acompañamiento tecnológico, los costos altos de capital, la falta de tecnologías apropiadas a las condiciones particulares de cada región del país y a la instalación de estructuras en lugares inadecuados, lo cual incrementa montos de inversión y costos de producción (SAGARPA, 2009).

Desde el año 2000 El INIFAP Durango ha desarrollado diversos proyectos de investigación, validación y transferencia de tecnología en el área de acuacultura. Estos proyectos han sido apoyados por diversas fuentes de financiamiento, debido principalmente a la demanda de productores del Estado y al impacto de la actividad. En este contexto, surge la necesidad de dar respuesta a la problemática existente en Durango en cuanto al poco desarrollo tecnológico de las unidades de producción de tilapia, donde se obtienen cosechas muy por debajo de la capacidad instalada de la infraestructura disponible en cada unidad acuícola. Esta problemática se debe principalmente a que esta especie por ser de clima tropical, alcanza la talla comercial hasta después de un año o se presenta una alta mortandad cuando la temperatura del agua desciende a 7 u 8 °C.

Para atender la problemática anterior, SAGARPA en la convocatoria 2009 del Fondo Sectorial de Investigación en materia Agrícola, Pecuaria, Acuacultura,

Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos, estableció como demanda específica el Identificar y fortalecer polos de desarrollo regional de Agricultura Protegida, que generen empleos, mejoren los ingresos de los productores y eleven su nivel de vida, así como apoyar la innovación en los sistemas de producción de Agricultura Protegida, entre otros.

SISTEMA DE ACUAPONIA

Como respuesta a lo expuesto en el apartado II.1 se propuso un sistema de acuaponía, que es una técnica de cultivo que combina los métodos de la hidroponía con la acuicultura para producir cultivos orgánicos con mayor eficiencia, que proporciona diversas ventajas entre ellas que no producen contaminantes, y requieren menores recursos básicos comparados con las técnicas agrícolas tradicionales.

La acuicultura permite el control de las condiciones de crecimiento del pez, obteniendo una producción de mayor calidad. Permite la selección de las características deseadas en la cría de especies, y permite ampliar los plazos de conservación del pez, al tiempo que generar un consumo en estado fresco. En esta técnica, los peces, al ser criados en grandes concentraciones dentro de tanques de agua debido a sus deyecciones y los excedentes de su alimentación generan grandes cantidades de amoníaco, que si no son controlados puede ser letales. De manera similar sucede con la hidroponía, el agua contaminada por nitritos necesita ser depurada y aunque puede ser reutilizada parcialmente a través de filtros de distinto tipo, acaba siendo necesario renovarla por completo periódicamente. Es frecuente, también, la utilización de diversos tipos de tratamientos químicos y hormonales que finalmente afectan no sólo a la calidad del agua, sino a la del propio pez, que llegaría a no poder cumplir los requisitos de un producto orgánico.

La acuaponía combina las técnicas de la hidroponía con la acuicultura mediante la recirculación del agua, resolviendo de forma eficiente y natural los inconvenientes que presentan ambas actividades cuando se desarrollan por separado. El agua de los tanques de peces, contaminada por el amoníaco que resulta de la

descomposición de restos orgánicos, se hace circular a través de unos biofiltros poblados por colonias de bacterias nitrificantes, de origen natural. Estas bacterias transforman el amoníaco en nitratos que son utilizados por los cultivos como fertilizantes orgánicos para su crecimiento, aplicando las técnicas hidropónicas.

DISPONIBILIDAD DEL RECURSO SOLAR EN LA REGIÓN.

México se encuentra entre los países latinos con mayor captación de radiación solar, su ubicación geográfica se encuentra entre los paralelos 14 y 23 de latitud norte. Por lo tanto, es un país viable para proyectos orientados al aprovechamiento de energía solar. Las regiones de mayor irradiación en México son las de Sonora, Chihuahua y el oriente de la península de Baja California, y las zonas de Durango, Zacatecas, Aguascalientes y la mayor parte de Puebla, Guerrero y Oaxaca cuentan con más de 5.8kWh/m² al día.

Ante la recurrencia de eventos climáticos adversos que afectan las actividades agroalimentarias del país, la SAGARPA, con apoyo del INIFAP y de las Fundaciones Produce de los Estados, implementaron la Red Nacional de Estaciones Estatales Agroclimatológicas, generando una red que permite de manera automatizada, monitorear y generar una base de datos climatológicos en distintos puntos del país, como podemos observar en la figura 2. En el estado de Durango se encuentran instaladas 36 estaciones climáticas, de las cuales se pueden obtener datos promedios diarios de temperatura, humedad relativa, radiación global, velocidad del viento, dirección del viento, precipitación, punto de rocío entre otras. Permitiendo también obtener los datos históricos de dichas variables.

Figura 2.- Red Nacional de Estaciones Estatales Agroclimatológicas. Tomado de http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/#ctl00_TreeViewAplicaciones_SkipLink



CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS Y RECURSO SOLAR EN LA REGIÓN

Al ser Durango uno de los estados favorecidos por el recurso solar, permite proyectar el crecimiento en áreas de energía renovable solar térmica. En la figura 3, se muestra la radiación promedio diaria con la que se cuenta en los diferentes meses. Durango cuenta con una diversidad climática notable, ya que en estaciones de primavera verano alcanza temperaturas máximas de 35° y por otro lado temperaturas mínimas que oscilan entre los 0° - 10°C , teniendo una variación de temperatura mayor a 18°C , como puede observarse en la figura 4.

MODELADO DE SISTEMAS MEDIANTE SISTEMAS DE INFERENCIA NEURO-DIFUSAS (ANFIS) Para optimizar y controlar el ambiente de un invernadero se requieren modelos matemáticos precisos. Desarrollar estos modelos de forma analítica implica complejidad y tiempo. El desarrollo de modelos basados en el balance de energía y masa del interior del invernadero requieren tiempo, ya que

deben de ser desarrollados y validados para su uso como puede ser áreas de control automático (Cruz, 2010).

Figura 3.- Radiación global diaria en el lugar de estudio, datos obtenidos de la estación agro-climatológica CEVAG Municipio de Durango 2013. Red Nacional del Clima, INIFAP.

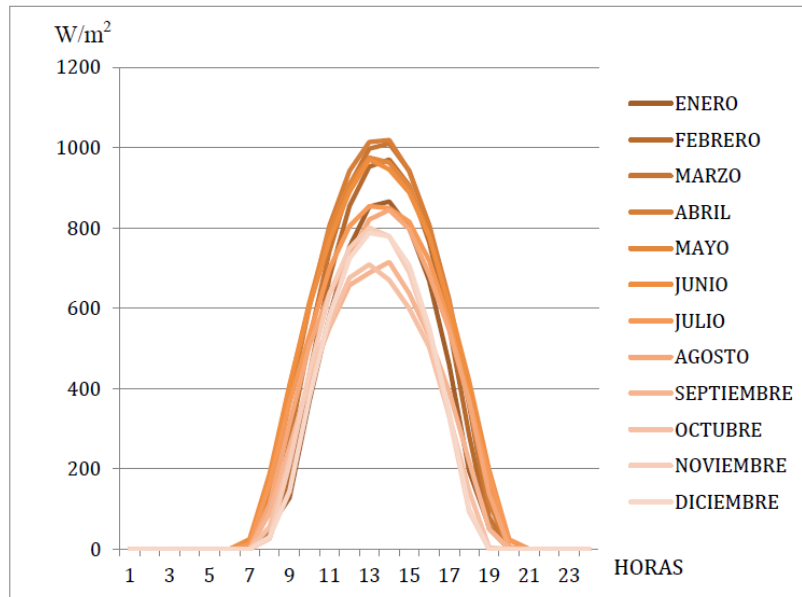
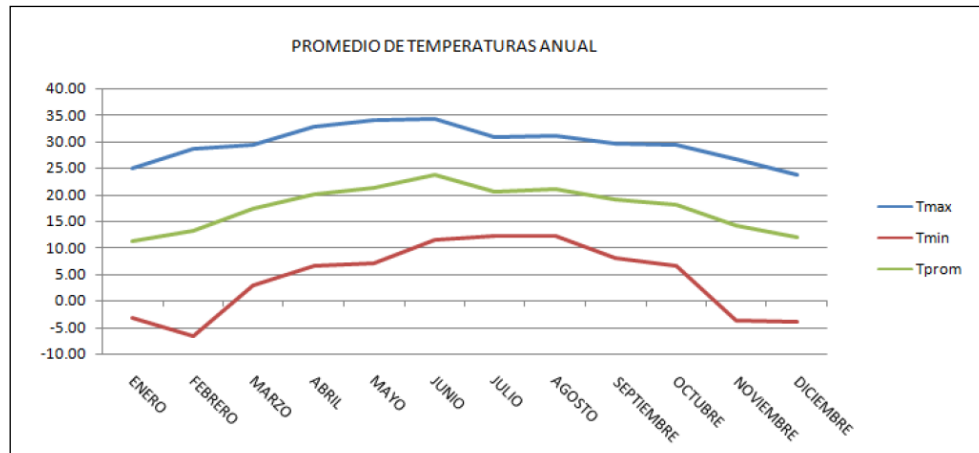


Figura 4.- Temperatura ambiente, datos obtenidos de la estación Agro-climatológica, CEVAG Municipio de Durango. Red Nacional del Clima, INIFAP.



El uso de sistemas computarizados en la solución de sistemas no lineales y el uso de simuladores favorece el desarrollo y minimiza el tiempo del mismo, los modelos neuro-difusos ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System), tienen la ventaja de ser generados con facilidad, ya que se obtienen experimentalmente al establecer las relaciones entrada-salida del sistema. Su versatilidad para modelar sistemas multivariables y la interfaz muy intuitiva de algunos paquetes computacionales que la soportan han hecho de este algoritmo una herramienta para el modelado como en Gómez et al (2010) donde se contrastó la potencia del algoritmo ANFIS con las redes neuronales al problema predictivo de caudales medios mensuales de un río, o el desarrollado por Trejo y Lopez (2011) en donde se abordan algunas técnicas de inteligencia artificial en modelado y control del ambiente de invernaderos, o el implementado específicamente al control de temperatura propuesto por Grijalva et al (2011) en donde se muestran los resultados obtenidos durante las fases de entrenamiento y aplicación en tiempo real de una red neuro-borrosa tipo ANFIS para la manipulación de la variable temperatura en un Reactor Continuo de Tanque Agitado.

La red ANFIS consta de dos fases para su aplicación (Jang, 1993), la primera es el entrenamiento de la red a partir de un conjunto de datos de entrada-salida del proceso y en donde además es posible considerar el modelo obtenido como una “identificación de la planta” y utilizarse para fines de estudio de esta última. La segunda es la fase de aplicación de la red en donde el modelo obtenido se coloca en serie con la planta para fungir como controlador de la misma bajo los principios del control inverso (Grijalva et al, 2011).

SISTEMA DE TÉRMICOS EN INVERNADEROS

Climatización en invernaderos.

Los sistemas de calefacción en invernaderos usualmente son utilizados dos tipos, sistemas de calefacción por aire y los sistemas de calefacción por medio de fluidos calientes. Estos sistemas están compuestos de dos elementos principales, un generador de calor y un sistema de distribución de calor.

Las Principales fuentes de energía en calefacción de invernaderos son los

generadores de calor mediante combustión generalmente es utilizando gas natural, propano, biomasa, diésel, entre otros. Existen también calentadores eléctricos y solares. Los sistemas de agua caliente utilizan con más eficiencia la energía que los sistemas de calefacción por aire. Sin embargo, la inversión inicial por este equipo es mayor y la puesta en marcha tomara más tiempo que el sistema de aire. El calor no está disponible de manera instantánea ya que es necesario primeramente calentar el agua, que a su vez deberá ser distribuida en el invernadero para la difusión del calor. Es recomendable usar un sistema de calefacción de agua caliente con un sistema de control climático computarizado lo que genera un manejo climático más preciso.

El Calentamiento de agua en estanques y piscinas se realiza mediante la quema que combustibles, y en algunos casos se utilizan calentadores eléctricos. Con el surgimiento de las energías renovables, actualmente el uso de colectores solares como medio de calentamiento para esta aplicación ha sido creciente, con la única limitante de la ser dependientes de la radiación solar en el lugar, estos sistemas son complementados con sistemas auxiliares como son calentadores de gas.

Los invernaderos son calentados pasivamente, a través de la energía solar que entra a través de las superficies y se mantiene atrapada mediante el efecto invernadero. Sin embargo, algunos invernaderos usados en temporadas de invierno, requieren mecanismos de calefacción adicional para logra permanecer productivos. Debido a que los sistemas de calefacción para invernaderos son costosos, surgió la necesidad de buscar opciones económicas.

En busca de mejorar la eficiencia de los invernaderos han surgido técnicas alternativas, una de las formas de reducir las pérdidas de calor en los invernaderos, es utilizar sistemas de aislamiento interno, lo que ayuda a elevar la temperatura, esto puede ser al instalar doble techo y paredes proporcionando un aislante natural. Otro método utilizado es aplicar hojas plateadas en las paredes del invernadero que sirven como reflejante a la radiación interna del mismo.

Utilizar tecnologías como colectores solares en aplicación de calefacción y calentamiento de agua, es una opción que presenta diversas ventajas, entre ellas los costos y el mantenimiento. El tipo de colector utilizado varia principalmente al

máximo de temperatura requerido, al área disponible para la instalación del colector y la cantidad de energía calorífica requerida para mantener la temperatura en el sistema, ya sea en estanques o piscinas.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se desarrolló en el módulo de acuaponía instalado en las instalaciones del Campo Experimental Valle del Guadiana del INIFAP Durango, consta de los equipos enlistados en la tabla 1.

Tabla 1: Equipamiento de la unidad de experimentación acuícola del INIFAP-Durango.

Cantidad	Equipamiento
1	Contenedor de agua para abastecer los estanques
1	Invernadero acuícola
1	Invernadero hidropónico
4	Estanques de 28 m ³ para el cultivo de peces.
2	Sedimentadores-Clarificadores para la remoción de sólidos
2	Bio-filtros
2	Mineralizadores
1	Aireador
4	Desgasificadores
9	Camas de crecimiento de plantas
2	Sistemas de recirculación de agua.
1	Estación climática que permite la lectura de las variables temperatura, radiación y humedad.
	Tuberías y drenes

Este módulo cuenta con una estación climatológica, además de registros de monitoreo de temperaturas de los tanques.

- Mediante la base de datos histórico con la que cuenta la red nacional de estaciones estatales de INIFAP, se podrá establecer la disponibilidad solar en esta zona, además de establecer el modelo no paramétrico del sistema de invernadero para la producción de la tilapia mediante las variables ambientales fuera y dentro del invernadero.
- Para el dimensionamiento del colector solar se determinara el medio de climatización para el módulo, teniendo dos posibles soluciones, modelar un sistema de calefacción para los tanques donde se cultiva al pez, mediante intercambiadores de calor entre el colector y el agua del tanque. O modelar un sistema de calefacción para el ambiente dentro del invernadero que

reduzca la pérdida de calor por convección del tanque hacia el ambiente. De las opciones a analizar se determinara cual es método más eficiente para reducir o mantener el nivel de temperatura necesario para el aseguramiento del pez.

- Se realizará el análisis de la transferencia de calor del tanque del pez, considerando el descenso de temperatura desde el atardecer, al igual que la radiación solar. Demostrando cuanto tiempo el sistema termo-solar puede mantener las condiciones requeridas de temperatura (25°-32°C).

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Modelado del invernadero mediante ANFISEDIT en MATLAB®

El modelo del invernadero obtenido a través de esta técnica, permitirá predecir la temperatura del interior del invernadero. Este estudio se centra en el desarrollo del modelo del invernadero de acuacultura, ya que será abordado nuevamente en el apartado IV.1.4.

Adquisición de datos

Se cuenta con el conjunto de datos, *“múltiples entradas (Rad-i; Radiación al exterior del invernadero, Vel-vi; Velocidad de Viento en el lugar de estudio, Dir-vi; Dirección del viento en el lugar de estudio) - única salida(Temp-ii; temperatura al interior del invernadero)”*, mismo que son dispuestos en un vector de entrenamiento como lo estipula la metodología de diseño de la red ANFIS, como se muestra en la ecuación 1. $[Rad-i; Vel-vi, Dir-vi ; Temp-ii]$ ecuación 1: *vector de entrenamiento para ANFIS*

7 donde se muestra la respuesta del modelo generado (en azul), y la respuesta del modelo con los datos de validación (en rojo), le eficiencia del modelo se evalúa en el grado de aproximación entre una y la otra.

Figura 5.- Editor ANFIS, tomado de Matlab® v7.14.

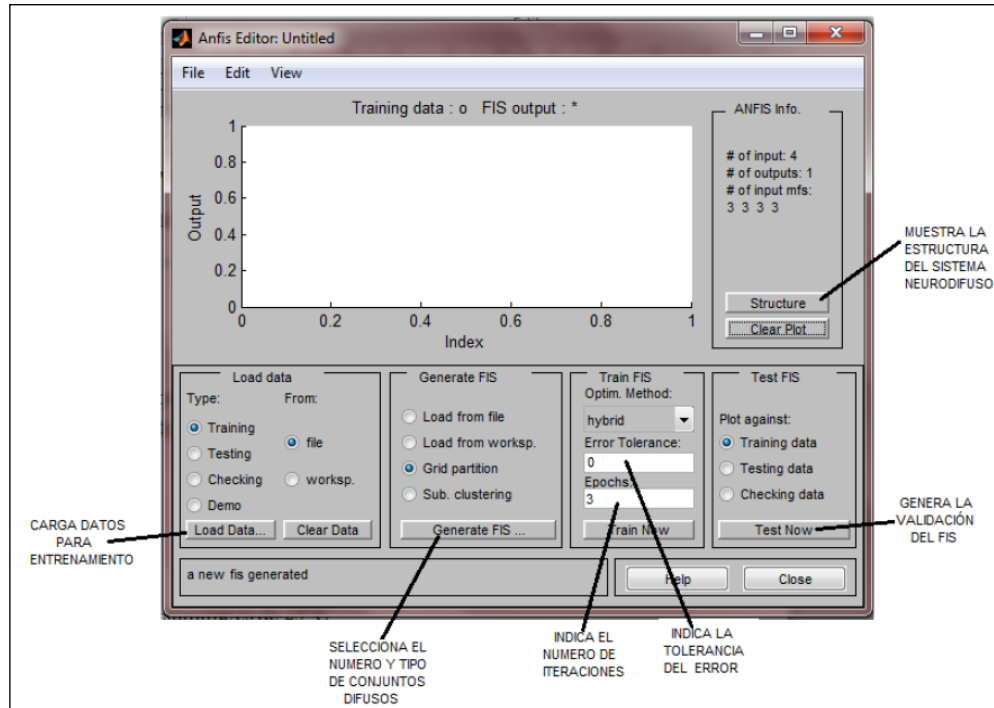


Figura 6.- Proceso de generación del modelo a través de ANFIS

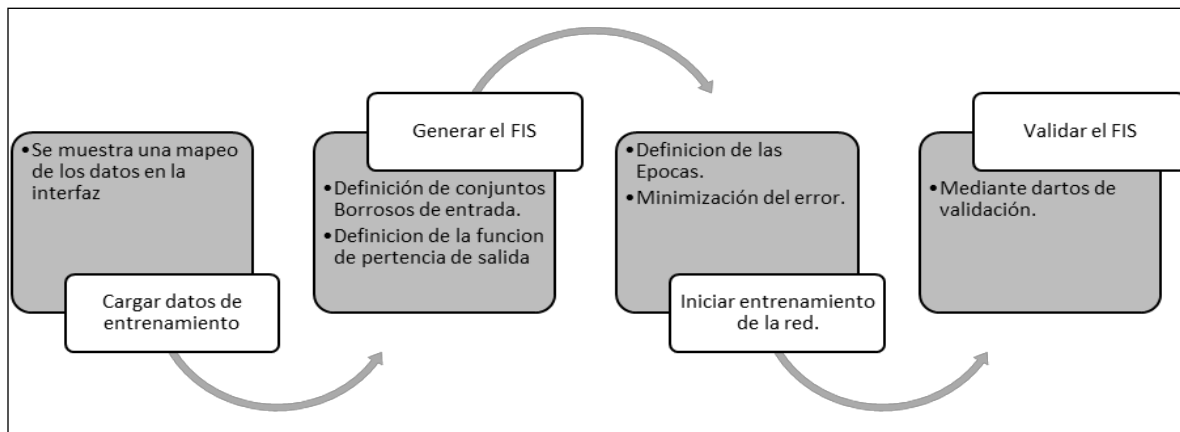
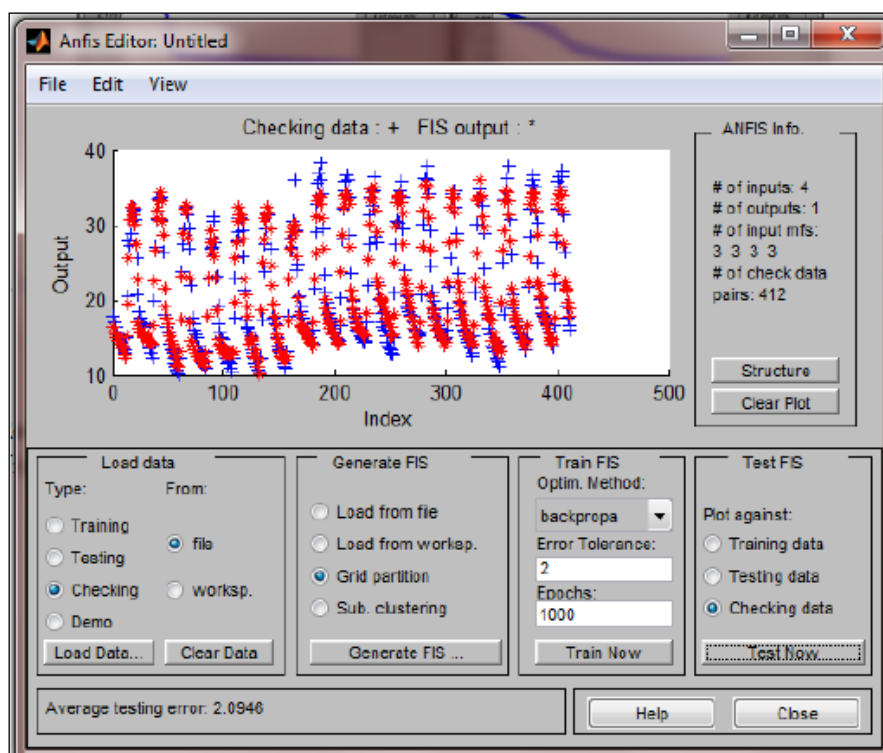


Figura 7.- Validación del sistema de inferencia difuso



Resultado del modelo ANFIS del invernadero

En la estructura del modelo neuro-difuso generado obtenido con 1000 épocas, se utilizó una partición de rejilla, con un tipo de función de pertenencia gaussiana, con un método híbrido. Sus características son 81 reglas difusas y 91 nodos. En la tabla 3, se muestran los valores utilizados para la validación y su resultado, donde los datos de entrada son: radiación, temperatura al exterior del invernadero, velocidad y dirección del viento, en la siguiente columna se muestra la temperatura que se tomó con un intervalo de cada hora y se muestra la comparativa con la temperatura inferida por el sistema ANFIS.

El sistema FIS se obtuvo con un tipo de función de pertenencia gaussiano, con un método de retro-propagación y 3 funciones de pertenencia por entra, con un tipo de función de pertenencia de salida tipo lineal. El modelo obtenido a partir del sistema ANFIS puede ser exportado a un archivo .FIS y utilizado para simulaciones dentro del simulink®.

Tabla 3: Muestras del tipo de respuesta del sistema neuro-difuso

HORA	RADIACIÓN (W/m ²)	TEMPERATURA (°C)	VELOCIDAD DE VIENTO (m/s)	DIRECCION DE VIENTO (°)	TEMPERATURA MEDIDA (°C)	TEMPERATURA INFERIDA (°C)	% DE ERROR
7	0	1.4		262	11.85	11.2	5%
8	52.325	0.5	3.4	265	11.5	12.1	5%
9	114	4.3	3.2	263	12.775	13	2%
10	381	8.7	3.9	261	18.05	17.7	2%
11	607	12.6	3.4	280	23.2	22.1	5%
12	750	15.8	3.9	287	26.125	27	3%
13	821	18.2	3.4	223	29.35	27.9	5%
14	852	19.9	3.7	236	33.4	32.7	2%
15	781	20.8	3.6	253	32.375	32.9	2%
16	683	21.1	3.6	240	31.525	30.7	3%
17	422	19.8	4.1	239	28.75	27.8	3%
18	145	17.3	4	264	26.1	26.3	1%
19	64.65	14.5	4	274	21.85	22.7	4%
20	0	13.6	3.2	284	18.5	17.9	3%
21	0	12.8	2.9	241	17.225	17	1%

Diseño del sistema de calentamiento del agua mediante energía solar.

Consideraciones del diseño

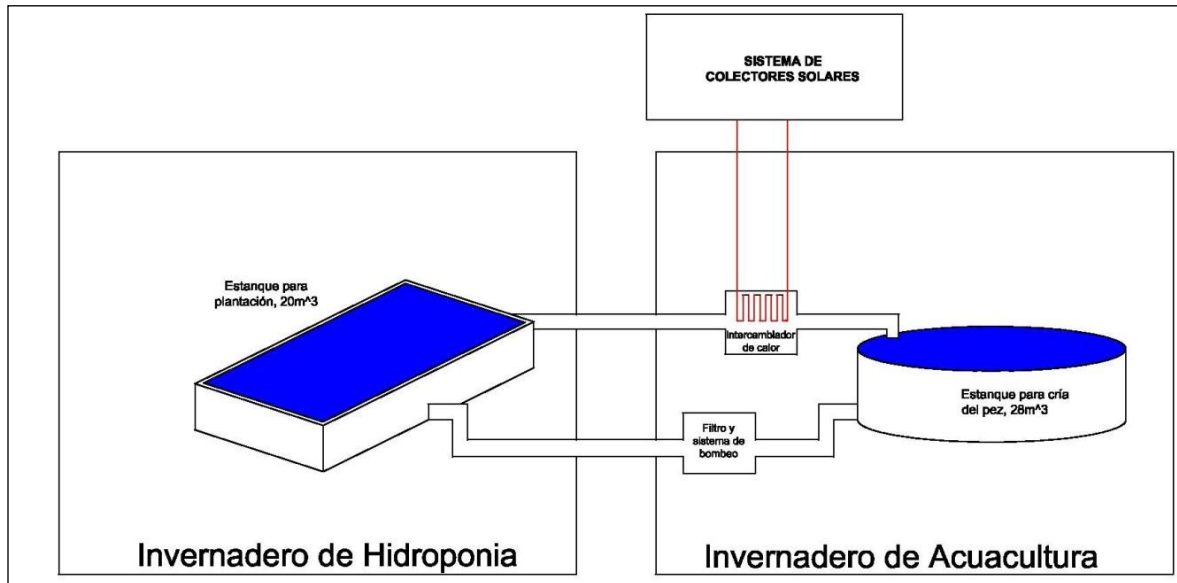
En el apartado IV.1, se mencionó las posibles técnicas a utilizar para mantener la temperatura de sostenimiento del pez. En la figura 8, se muestra el esquema del sistema de acuaponía a estudiar, se limita al invernadero de acuacultura, el objetivo es analizar las condiciones al interior del invernadero y proveer un mecanismo de sostenimiento térmico para el desarrollo del pez.

Para el caso de estudio se tendrán las siguientes consideraciones:

- La temperatura ideal para el desarrollo del pez esta entre 24°C y 35°C, en este caso se considerara como temperatura de sostenimiento 25°C.
- El pez es susceptible a cambios bruscos de temperatura, estos no deben ser mayores a 5°C.
- Para el cálculo térmico se considerara un solo estanque ya que el comportamiento de temperatura es similar.
- Se considera la recirculación del agua del estanque como mecanismo de agitación del agua por lo que la temperatura será igual en cualquier punto del estanque.
- La estimación de las perdidas térmicas del sistema se realizan considerando un sistema en estado estacionario, teniendo en cuenta la

temperatura mínima registrada durante el año al interior del invernadero y la temperatura deseada en el tanque de criadero del pez.

Figura 7.- Esquema del sistema de acuaponia a estudiar



Se realizó un muestreo de la temperatura de los 4 estanques de agua con los que cuenta el módulo de acuaponia en los periodos máximos y mínimos, en la tabla 4 se muestran algunas de esas muestras. Se consideraron las muestras más significativas para los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero. Sin embargo, este muestreo se realizó en la superficie de los estanques, considerando que existe recirculación en el estanque y por ello existe un movimiento del fluido en el tanque, por tanto se considerará que esta temperatura es constante en cualquier punto del estanque.

Tabla 4: Muestra de datos obtenida del módulo de acuaponia Campo experimental Valle del Guadiana

	HORA	TEMPERATURA AMBIENTE	TEMPERATURA DEL INVERNADERO	TEMPERATURA DE LA TINA 1	TEMPERATURA DE LA TINA 2	TEMPERATURA DE LA TINA 3	TEMPERATURA DE LA TINA 4
16/10/2012	08:30	13 °C	22 °C	25.2 °C	25.1 °C	25.3 °C	25.4 °C
	15:30	20 °C	25 °C	27. 5°C	27 °C	27 °C	27,5 °C
21/11/2012	08:30	9 °C	17 °C	23.5 °C	23 °C	23 °C	23.5 °C
	15:30	19 °C	22 °C	24.5 °C	24 °C	24 °C	24.5° C
11/12/2012	08:30	4 °C	13 °C	19.5 °C	19 °C	19 °C	19.5 °C
	15:30	22 °C	32 °C	23 °C	23 °C	22.5 °C	23 °C
16/01/2013	08:30	-3 °C	8 °C	17.5 °C	17 °C	17.5 °C	17.8 °C
	15:30	13 °C	19 °C	18.5 °C	18.5 °C	18.5 °C	18.5 °C

La operación del sistema de calentamiento de agua, será principalmente cuando la radiación solar disminuya hasta ser nula, este periodo se contempla desde las 17:00 hasta las 8:00 horas, donde la máxima temperatura alcanzada por el agua del estanque será a las 15:30, y la mínima se tendrá a las 8:00, teniendo en cuenta que la pérdida de temperatura del estanque se tiene cuando este no percibe radiación solar.

Dentro de las soluciones es posible considerar un sistema de calefacción que mantenga constante y por encima de la temperatura del estanque la temperatura del interior del invernadero, como mecanismo que permita la disminución de pérdidas térmicas del estanque del agua hacia el exterior. Sin embargo, este mecanismo se descartara debido a que la temperatura del estanque alcanzada durante el día en las épocas más frías como lo es el mes de diciembre-enero está por debajo de los 20°C.

La segunda opción es realizar el calentamiento del agua del estanque, en este caso será el caso de estudio a desarrollar.

Diseño del sistema de calentamiento de agua

Se plantea el diseño y dimensionamiento de un sistema de calentamiento de agua del estanque utilizando captadores foto-térmicos, donde el agua del estanque debe permanecer en 25°C, utilizando un intercambiador de calor de tipo contra flujo. Para estimar la pérdida de temperatura del estanque se consideran los mecanismos de transferencia de calor por conducción y radiación del estanque hacia el ambiente al interior del invernadero.

Se desarrollaron modelos matemáticos para la estimación de transferencia de calor en el sistema de acuicultura, considerándolo como un sistema estacionario, teniendo como datos las condiciones ambientales con la menor temperatura registrada en el lugar de estudio.

El modelo para la estimación de pérdidas térmicas, transferencia de calor en el intercambiador de calor y la el flujo total de calor del sistema, se implementó en la plataforma del EES®, en donde se desarrollaron las ecuaciones, además de mostrar un gráfico donde se resumen los resultados térmicos como se muestra en la figura 8.

Para la estimación del calor útil y las pérdidas de calor del colector de placa plana se desarrolló de igual forma el modelo en el software EES®, según (Duffie & Beckman, 2013) en su libro Solar engineering of thermal processes. El resultado de los cálculos para el sistema térmico de calentamiento de agua del estanque se muestra en la tabla 5.

De la estimación del comportamiento de la temperatura del agua en el estanque obtenida del modelo térmico se puede concluir que es posible utilizar como almacén de energía el propio estanque teniendo una variación menor a 5°C. Las mediciones realizadas de la temperatura al interior del invernadero y se obtienen los resultados de la tabla 6.

Figura 8.- Modelo matemático térmico del estanque de cría del pez, desarrollado en el EES®

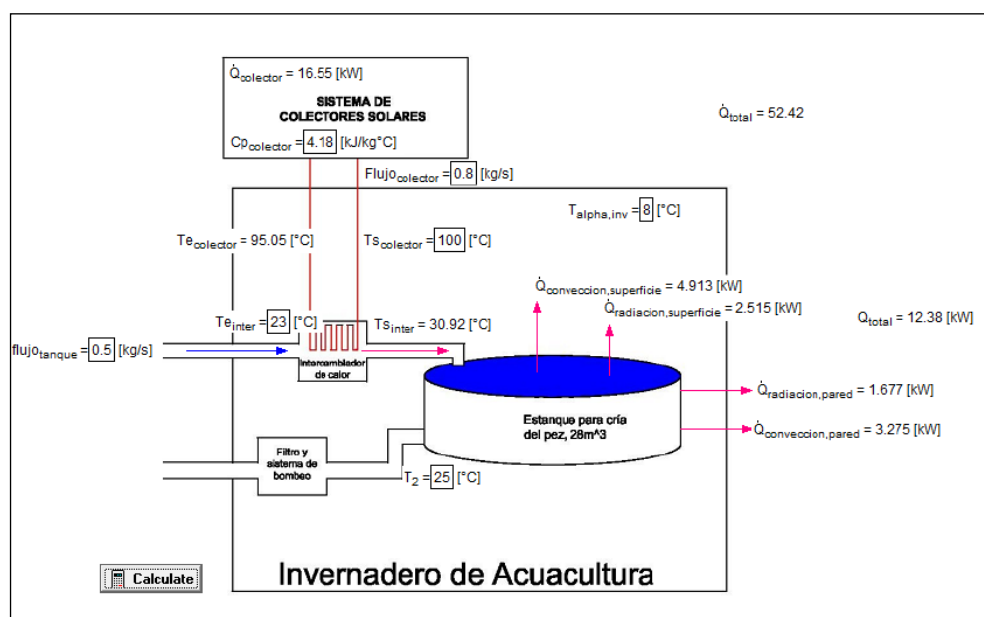


Tabla 5: Resumen de los resultados para el dimensionamiento del sistema térmico

DESCRIPCIÓN	RESULTADO
Volumen del estanque de cría de pez	28 000 litros
Temperatura de entrada del intercambiador, lado caliente (colector)	60°C
Temperatura de salida del intercambiador, lado caliente (colector)	34°C
Temperatura de entrada del intercambiador, lado frío (tanque de cría de pez)	20°C
Temperatura de entrada del intercambiador, lado frío (tanque de cría de pez)	26.48°C
Tipo de intercambiador	Contraflujo, tubos concéntrico
Longitud del tubo interno del intercambiador	6 m
Flujo másico lado caliente	0.5 kg/s
Flujo másico lado frío	2 Kg/s
Energía térmica necesaria para mantener el sistema en condiciones adversas (cuando la temperatura ambiente este por debajo de los 10°C)	54.18 kW
Numero de colectores	13
Área unitaria de colectores	2m ²

Tabla 6: Estimación de temperatura del estanque en función de Horas sin aportación de energía al sistema

HORA (HRS)	VALOR MEDIDO EN EL SISTEMA			VALOR ESTIMADO DEL SISTEMA	
	RADIACIÓN (W/M ²)	TEMPERATURA EXTERIOR (°C)	TEMPERATURA INTERIOR (°C)	TEMPERATURA ESTANQUE (°C)	RAZON DE TRANSFERENCIA DE CALOR (Kw)
17:00	421.72	20.4	28.71	28.0	0.00
18:00	167.64	18.5	25.03	28.0	1.59
19:00	26.55	16.0	21.06	27.8	4.15
20:00	0.29	15.0	18.32	27.6	6.10
21:00	0.00	13.9	17.49	27.4	6.73
22:00	0.00	12.9	16.84	27.2	7.17
23:00	0.00	11.8	16.10	27.0	7.50
00:00	0.00	10.7	15.46	26.7	7.80
01:00	0.00	9.5	14.77	26.5	8.15
02:00	0.00	8.5	14.34	26.2	8.35
03:00	0.00	7.5	14.10	26.0	8.30
04:00	0.00	6.5	13.69	25.7	8.40
05:00	0.00	5.5	13.40	25.4	8.43
06:00	0.00	4.5	13.02	25.2	8.45
07:00	0.00	3.4	12.79	24.9	8.48
08:00	34.33	2.6	12.49	24.7	8.50
09:00	164.65	6.5	13.71	24.4	7.32
10:00	407.37	10.1	18.29	24.4	--

RESULTADO Y CONCLUSIONES.

Con el presente trabajo se obtuvo un sistema neuro-difuso múltiple entrada una salida, capaz de estimar la temperatura al interior del invernadero con un error de estimación del 5%, mediante los datos de entrada de radiación, temperatura ambiente, velocidad y dirección del viento. El sistema fue desarrollado utilizando la base de datos con un total de 1316 muestras de las cuales se tomaron 916 datos para el entrenamiento del FIS y se separaron 400 datos para la validación del mismo.

El modelo térmico obtenido e implementado en el software EES® combinado con el poder de cálculo de Matlab® para la generación de modelos neuro-difusos permite estimar la transferencia de calor del estanque hacia el ambiente al interior del invernadero, considerando los mecanismos de radiación, y convección a la superficie y pared del estanque. También es posible determinar la temperatura del fluido de entrada al estanque para compensar las pérdidas de calor.

El número de colectores obtenido es el mínimo necesario para mantener la temperatura de 25°C en el estanque de cría del pez, sin embargo el sistema térmico para el calentamiento del agua debe mantener esta temperatura aun y cuando no exista radiación solar incluyendo la noche

Es necesario reconsiderar el diseño del intercambiador propuesto ya que se obtuvo una longitud del tubo central de 6 metros, lo que resultaría impráctico por lo que es necesario considerar el diseño de un intercambiador tipo coraza tubos.

Se utilizó el análisis de un colector de placa plana según el análisis mostrado en el libro de John A. Duffie en su libro Solar engineering of thermal processes. Para determinar el calor útil y las pérdidas de calor del mismo, teniendo como área unitaria de captación de 2 m². El uso de software para el modelado de sistemas es una herramienta que proporciona varias ventajas entre ellas el tiempo de desarrollo y la simulación de sistemas antes de su implementación lo que permite tener mayor certidumbre ya que proporciona estimaciones precisas. Un sistema de captación solar térmico requiere necesariamente un sistema auxiliar ya sea de gas u otra fuente energética, ya que es fundamental asegurar el sostenimiento de la temperatura incluso en días nublados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Mundo, Hernandez Julia; De Celis, Alonso Benito; Valerdi, Nochebuena M Cristina; Sosa, Oliver Jorge. . (2012). *Habitat Sustentable Vol.2 N°.2*, 59-72.
- Acuacultura, P. d. (2009). Cría de tilapia en invernadero despierta el interés empresarial. *AQUAHOY*.
- Avila, P. D., Alesanco, G. R., & Veliz, A. J. (2011). Sistemas híbridos con base en las energías renovables para el suministro de energía a plantas desaladoras. *Ingeniería Mecánica*, 14(1), 22-30.
- Cruz, L. I. (2010). MODELOS NEURO-DIFUSOS PARA TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL AIRE. *Agrociencia Volumen 44*, 7.
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- García, V. O., & Pilatowsky, F. I. (2017). *Aplicaciones Térmicas de la Energía Solar en los sectores residencial, servicios e industrial*. México: Universidad Autónoma de México, IER Instituto de Energías Renovables.
- Gómez, V. E., Obregón, N. N., & Socarras, Q. V. (2010). Aplicación del modelo neurodifuso ANFIS vs redes neuronales, al problema predictivo de caudales medios mensuales del río Bogotá en Villapinzón. *Tecnura*, 14(27), 18-29.
- Grijalva, A. G., Rodriguez, A. J., Rosales, H. E., & Gamero, I. E. (2011). CONTROL NEURO-BORROSO DE TEMPERATURA EN UN REACTOR CONTINUO DE TANQUE AGITADO. *Congreso Internacional de Investigación de Academia Journals*, Vol 3, No. 1 , 211-217.
- INIFAP. (28 de 09 de 2018). *Red de estaciones de INIFAP* . Obtenido de INIFAP: www.inifap.gob.mx/SitePages/inifap2015/Transparencia/Contenido/Trans_Focalizada/Red_Estaciones/Red_Estaciones.aspx
- Jang, J.-S. R. (1993). ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System. . *IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS*, VOL. 23, NO. 3, , 665-685.
- Mar, T. C., J, L. H., Ibarra, F. J., & J, C. R. (2012). *Acuaponia, una tecnología para la producción de alimento mediante el uso eficiente del agua*. Durango: INIFAP.
- Ramos, C., Ramírez, J., & Beltrán, J. (2018). Captador solar de canal parabólico y captador parabólico compuesto. En G. Octavio & P. Isaac, *Aplicaciones térmicas de la energía solar en los sectores residencial, servicios e industrial* (págs. 66-77). México: IER.

- Rodríguez, B., Ciaddy, G., & Sarmiento, S. A. (2011). Sizing through simulation of systems for photovoltaic solar energy applied to rural electrification. *Ingeniería Mecánica*, 14(1), 13-21.
- SAGARPA. (2009). *Fondo Sectorial de Investigación en materia Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos*. México: COFUPRO-CONACYT-SAGARPA.
- SAGARPA, P. R. (2011). *Propuesta para el desarrollo del cultivo de tilapia*. México: SAGARPA Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca.
- SENER. (2018). *Energía Termosolar*. México: Instituto Mexicano del Petróleo.
- Trejo, Z. E., & Lopez, C. I. (2011). TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN MODELADO Y CONTROL DEL AMBIENTE DE INVERNADEROS: ESTADO DEL ARTE, PARTE 2. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas* 3(2), 81-86.

PROPUESTA DE CREACIÓN DE UN NUEVO PRODUCTO PARA UN NEGOCIO EN MARCHA: DESHIDRATADORA DE FRUTA VERACRUZANA

JOAQUÍN MADRID OCHOA¹

RESUMEN

En los últimos años, ha surgido en México la política gubernamental de apoyar a las MiPyMES, con el objetivo de estimular la competitividad del mercado interno. Asimismo, ha habido un incremento en el consumo de alimentos saludables a nivel nacional, aunado a que la responsabilidad social y ambiental de las empresas se ha convertido en una exigencia primordial. En este contexto, se crea en el año 2015 la empresa Deshidratadora de Fruta Veracruzana, localizada en el municipio de Emiliano Zapata, en la región central del Estado de Veracruz. Actualmente, la empresa comercializa un cóctel de frutas deshidratadas bajo su marca propia de nombre “Frutysol”, el cual se distribuye en las ciudades de Xalapa y Veracruz. Dicho producto es elaborado de manera artesanal, sin adición de conservadores ni edulcorantes artificiales y mediante el uso de energía solar en su proceso de deshidratado. Con el objetivo de diversificar los productos y aumentar los ingresos de la organización, se propone en este trabajo la implementación de un proyecto de inversión, con la finalidad de evaluar la factibilidad económica en la elaboración de un té de frutas deshidratadas como nuevo producto para comercializar en la ciudad de Xalapa, Veracruz.

Palabras clave: Competitividad, Sustentabilidad, Agroindustria.

ABSTRACT

In recent years, the government's policy of supporting MSMEs has emerged in Mexico, with the aim of stimulating the competitiveness of the domestic market. Likewise, there has been an increase in the consumption of healthy foods at the

¹ Universidad Veracruzana / Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores de las Ciencias Administrativas. madrid_0008@hotmail.com

national level, in addition to the social and environmental responsibility of companies has become a primary requirement. In this context, the company Dehidratadora de Fruta Veracruzana was created in 2015, located in the municipality of Emiliano Zapata, in the central region of the State of Veracruz. Currently, the company sells a cocktail of dehydrated fruits under its own brand name "Frutysol", which is distributed in the cities of Xalapa and Veracruz. Said product is elaborated in an artisanal way, without the addition of preservatives or artificial sweeteners and through the use of solar energy in its dehydration process. With the aim of diversifying the products and increasing the income of the organization, this work proposes the implementation of an investment project, with the purpose of evaluating the economic feasibility in the preparation of a dehydrated fruit tea as a new product to market in the city of Xalapa, Veracruz.

Keywords: Competitiveness, Sustainability, Agroindustry.

INTRODUCCIÓN

El presente documento es producto de un avance de tesis de nivel maestría, en la que se propone la implementación de un proyecto de inversión para la empresa Deshidratadora de Fruta Veracruzana, con la finalidad de evaluar la factibilidad económica en la elaboración de un té de frutas deshidratadas, como nuevo producto para comercializar en la ciudad de Xalapa, Veracruz.

Cabe señalar, que en dicho trabajo de tesis el proyecto iniciará por el estudio administrativo, ya que al ser considerado un proyecto para un negocio en marcha, se tomará en cuenta la situación organizacional actual y los factores, tanto internos como externos, que influyen en la decisión de crear un nuevo producto.

En este escrito, se describirá de manera general el estudio administrativo realizado en la empresa Deshidratadora de Fruta Veracruzana, separando los aspectos internos de los aspectos externos de la empresa, para posteriormente mostrar cómo es que surge la propuesta de crear un nuevo producto.

Finalmente, se mostrarán las conclusiones y recomendaciones del autor, así como las referencias utilizadas para la elaboración del documento.

ASPECTOS INTERNOS DE LA EMPRESA

Antecedentes de la empresa

Deshidratadora de Fruta Veracruzana es una Sociedad de Producción Rural constituida en el 2008, que inició operaciones en el 2015 incentivada por un apoyo económico otorgado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), con el cual se pudo terminar de instalar su planta de producción.

MISIÓN

Somos una empresa dedicada a la deshidratación de productos agrícolas mediante el uso de energía solar en los procesos de producción, mostrando un alto compromiso social y responsabilidad con el cuidado del medio ambiente.

VISIÓN

Ser una empresa deshidratadora de productos agrícolas reconocida por la implementación de procesos artesanales e innovadores, que se basa en la energía solar proporcionando una opción saludable y diferente en el mercado regional y nacional.

VALORES

- Respeto al medio ambiente promoviendo el uso de energías limpias en nuestros procesos.
- Responsabilidad en la elaboración de un producto saludable.
- Compromiso con la sociedad al brindarles un alimento saludable libre de endulzantes y conservadores artificiales.
- Honestidad en la selección de la mejor fruta para la elaboración de nuestro producto.

POLÍTICAS

- En la empresa nos dedicamos a la elaboración de la fruta deshidratada de la más alta calidad, conservando su origen 100% natural.

- Toda acción de la empresa deberá de considerar el compromiso social y la responsabilidad con el medio ambiente.
- La responsabilidad, el orden y la limpieza en todos los procesos de la empresa deberá ser una prioridad para todos los colaboradores.
- Siempre se buscará la mejora continua en todos los procesos de la empresa

OBJETIVO GENERAL

- Ofrecer a la sociedad alternativas saludables y responsables con el medio ambiente

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

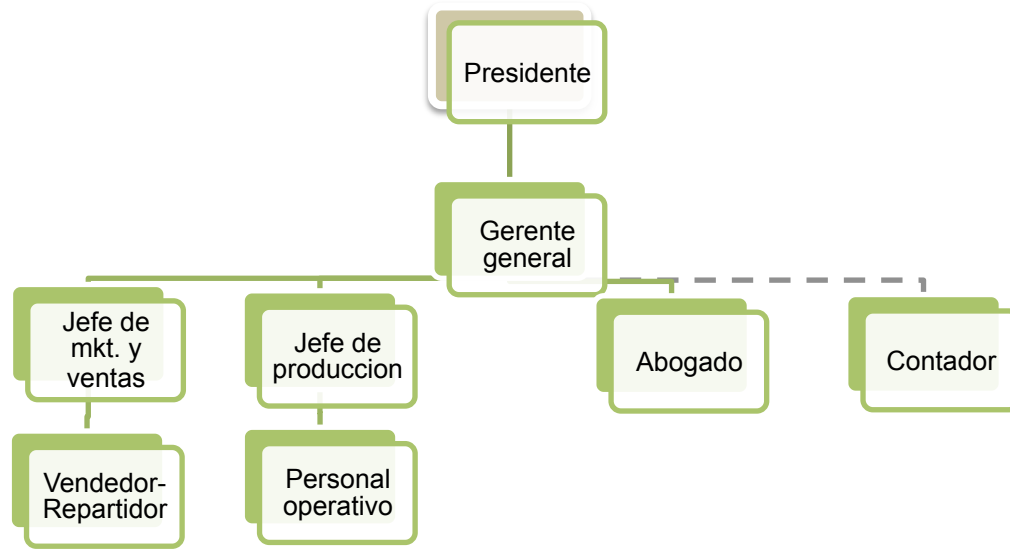
- Comercializar los productos de la marca Frutysol en las principales ciudades del Estado de Veracruz
- Colocar los productos de la marca Frutysol en las mejores tiendas de conveniencias y supermercados del país

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Actualmente, la estructura organizacional de la empresa está conformada por un Presidente, el Ing. Carlos Rogelio Méndez Preza; y un Gerente General, el Ing. Carlos Méndez de la Cruz. Además, la empresa cuenta con dos departamentos: Mercadotecnia y Producción. Los puestos de Jefe de mercadotecnia, Jefe de producción y Vendedor los realiza de manera simultánea el Ing. Carlos Méndez De la Cruz, debido a la falta de personal.

En lo que se refiere a la elaboración del producto, la empresa cuenta con 12 empleados desempeñando el puesto de Personal operativo. Cabe mencionar que la organización contrata los servicios de un Contador para que lleve sus registros contables y se encargue de sus declaraciones fiscales, así mismo, cuentan con la asesoría jurídica de un Abogado. En la Figura 1, se puede observar la representación gráfica de la estructura organizacional de la empresa.

Figura 6. Estructura organizacional actual de la empresa



Fuente: Datos proporcionados por la empresa.

Localización

MACROLOCALIZACIÓN

La empresa tiene ubicadas sus instalaciones en la localidad de La Tinaja, perteneciente al municipio de Emiliano Zapata, el cual se ubica en la región central del Estado de Veracruz.

Imagen 1. Macrolocalización de las instalaciones de la empresa



Fuente: (INEGI, 2018)

MICROLOCALIZACIÓN

La Dirección de la organización es Avenida Principal S/N en la localidad de La Tinaja.

Imagen 2. Microlocalización de las instalaciones de la empresa



Fuente: (INEGI, 2018)

TAMAÑO DE LA EMPRESA

La organización está catalogada como una microempresa al tener 16 trabajadores, según la clasificación por tamaño que hace el Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI). En la Tabla 1 se muestra dicha clasificación.

Tabla 1. Clasificación de las empresas de acuerdo al número de empleados.

Clasificación	Número de empleados	
	Industria	Servicios
Micro	De 1 a 30	De 1 a 20
Pequeña	De 31 a 100	De 21 a 50
Mediana	De 101 a 250	De 51 a 100

Fuente: (INEGI, 2009)

PRODUCTOS

Hoy en día, la compañía comercializa en tiendas de conveniencia de las ciudades de Xalapa y Veracruz, un snack de frutas deshidratadas bajo su marca propia denominada "Frutysol".

Este producto es elaborado con coco, fresa, kiwi, mango, manzana, papaya, piña y plátano; los cuales son lavados y cortados de manera artesanal, para posteriormente ser ingresados en un horno de deshidratado que se abastece de energía solar y, sin adición de edulcorantes y conservadores artificiales, se envasan en pequeñas bolsas de polipropileno con capacidad para 50 grs. (Ver Imagen 3).

Imagen 3. Snack de frutas deshidratadas de la empresa.



Fuente: Imagen proporcionada por la empresa

ASPECTOS EXTERNOS QUE INFLUYEN EN LA EMPRESA

El interés del Gobierno en mejorar la competitividad del país

Desde inicios de los años 80's, la economía nacional abrió su mercado y tomó un enfoque neoliberal, a partir de esa apertura comercial se han creado varios programas para orientar y dar estímulos a las MiPyMES. Asimismo, el Gobierno actual ha priorizado la política de estímulos a las micro, pequeñas y medianas empresas; con la finalidad de potenciar el mercado nacional y generar un mayor desarrollo económico en el país.

En este sexenio, se han creado nuevos organismos que han servido como medio para promover el desarrollo económico, aunado a que se han replanteado los objetivos de los organismos de gobierno ya existentes, para que de manera integral se busque mejorar la competitividad del mercado mexicano.

Es importante mencionar que, todo este escenario tiene su origen con el Plan Nacional de Desarrollo, presentado en el 2013 por el presidente Enrique Peña Nieto, en dicho informe, uno de los objetivos primordiales era el estímulo a las empresas nacionales para mejorar la competitividad del país (Gobierno de la República, 2013).

En la actualidad, ha habido un aumento en el número de empresas creadas y/o formalizadas en México, mismas que han aprovechado este contexto de apoyo gubernamental para seguir creciendo y así aumentar la productividad y la competitividad nacional (Global Entrepreneurship Monitor, 2017). Bajo este escenario, y por lo antes mencionado, es que se busca replicar el efecto en la empresa Deshidratadora de Fruta Veracruzana, aprovechando los diversos estímulos que pueden surgir en el futuro inmediato.

El aumento de la demanda de productos saludables

Por otra parte, hoy en día se ha incrementado la demanda de alimentos saludables a nivel mundial (FAO, 2013), creando, en algunos países, una legislación menos laxa en materia comercial, obligando a las empresas a cumplir con procesos más eficientes y considerando las consecuencias a la salud que pueden generar sus productos en los consumidores.

Sin embargo, en México pocos han sido los esfuerzos para hacer una legislación más severa en este rubro, ignorando por completo el bienestar de la población. A pesar de esto, en los últimos años, un sector de la sociedad mexicana ha comenzado a interesarse en los procesos de producción de los bienes que consume, con la finalidad de exigir productos más saludables. Este grupo de personas se ha convertido en un nuevo nicho de mercado para las empresas mexicanas, entre ellas la empresa objeto del presente estudio. Por lo tanto, se considera esto como una gran área de oportunidad para la organización.

La exigencia actual de la responsabilidad social

Otro factor a considerar, es la presente exigencia de la sociedad mexicana en que exista responsabilidad ambiental y social en las empresas, comúnmente conocida como: Responsabilidad Social (RS) o Responsabilidad Social Empresarial (RSE), englobando en este término la responsabilidad ambiental (Calderón, 2018).

Al interés en la RSE, se han sumado las dependencias gubernamentales y, sobretudo, los programas que brindan apoyos a las MiPyMES, ya que el hecho de que una empresa incluya medidas con alto grado de responsabilidad social genera una imagen positiva para que pueda ser apta de recibir cualquier tipo de estímulos. También, las acciones de responsabilidad social por parte de una empresa, hacen que sus clientes y consumidores le tengan cierta preferencia sobre otras empresas, generando cierto grado de fidelización y posicionamiento.

Imagen 4. Paneles solares de la empresa



Fuente: Imagen proporcionada por la empresa

PROPUESTA DE CREACIÓN DE UN NUEVO PRODUCTO

Análisis FODA

De acuerdo con la evaluación de factores internos y externos que se realizó en la organización, se determinaron las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la empresa, mismas que se pueden observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Análisis FODA de la empresa

Matriz FODA	
Fortalezas	Oportunidades
F1. Los procesos de elaboración de su producto son socialmente responsables. F2. Larga vida del producto (el deshidratado es un modo de conservación). F3. El proceso de producción (la deshidratación) se puede aplicar para otras frutas o verduras. F4. La calidad del producto es mejor que la de la competencia. F5. Flexibilidad de uso de la máquina de deshidratado.	O1. Mayor interés en la población por consumir productos naturales y saludables (el producto no contiene conservadores ni endulzantes artificiales). O2. Mayor interés en la población por consumir productos elaborados con responsabilidad ambiental. O3. Existencia de apoyos a las MiPyMES que proporciona el gobierno.
Debilidades	Amenazas
D1. Es una empresa que apenas incursiona en el mercado. D2. Parte de su proceso de producción es artesanal (el lavado, corte y rebanado de la fruta). D2. No tiene registros contables suficientes (la contabilidad es externa). D3. Falta de personal administrativo y de venta (la mayoría de las funciones las realiza el Gerente general).	A1. Existencia de otros productos sustitutos a los que produce la empresa. A2. Cierta grado de dependencia de los proveedores de fruta para el proceso de producción.

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa

Matriz de impacto cruzado

Después de realizar el análisis FODA, se procedió a elaborar una matriz de impacto cruzado, con la finalidad de confrontar los factores obtenidos en el FODA y proponer estrategias. El resultado de la matriz se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Matriz de impacto cruzado

Deshidratadora de Fruta Veracruzana	Fortalezas F1. Los procesos de elaboración de su producto son socialmente responsables. F2. Larga vida del producto (el deshidratado es un modo de conservación). F3. El proceso de producción (la deshidratación) se puede aplicar para otras frutas o verduras. F4. La calidad del producto es mejor que la de la competencia. F5. Flexibilidad de uso de la máquina de deshidratado.	Debilidades D1. Es una empresa que apenas incursiona en el mercado. D2. Parte de su proceso de producción es artesanal (el lavado, corte y rebanado de la fruta). D3. No tiene registros contables suficientes (la contabilidad es externa). D4. Falta de personal administrativo y de venta (la mayoría de las funciones las realiza el Gerente general).
Oportunidades O1. Mayor interés en la población por consumir productos naturales y saludables (el producto no contiene conservadores ni endulzantes artificiales). O2. Mayor interés en la población por consumir productos elaborados con responsabilidad ambiental. O3. Existencia de apoyos a las MiPyMES que proporciona el gobierno.	Estrategias FO FO1. Diversificar la línea de productos que ofrece la empresa. (F1, F2, F3, F5, O1, O2, O3,) FO2. Poner un centro de comercialización para vender sus productos. (F1, F4, O1, O2, O3)	Estrategias DO DO1. Adquirir más equipo y contratar más personal (D1, D2, D3, D4, O3) DO2. Colocar el producto en centros comerciales, centros naturistas y farmacias (D1, O1, O2) DO3. Implementar sistemas de información contable (D2, O3)
Amenazas A1. Existencia de otros productos sustitutos a los que produce la empresa. A2. Cierta grado de dependencia de los proveedores de fruta para el proceso de producción.	Estrategias FA FA1. Aliarse con empresas ya establecidas del sector (A1, F4) FA2. Cultivar y producir su propia fruta (A2, F1, F2, F3) FA3. Producir sus productos y almacenarlos, aprovechando su larga conservación (F2, A2)	Estrategias DA DA1. Vender la empresa (A1, D1, D3) DA2. Producir fruta deshidratada a granel y venderla a otros (A2, D1, D3)

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa

Definición del tipo de estrategia a seguir

Una vez terminada la matriz de impacto cruzado, se desarrollaron las estrategias generadas de la combinación de cada factor. En la Tabla 4, se describe la propuesta elegida para implementar dentro de la organización. De esta manera surge la propuesta de crear una tisana como nuevo producto para la empresa Deshidratadora de Fruta Veracruzana.

Tabla 4. Descripción de la estrategia propuesta.

Estrategia propuesta	Descripción
Diversificar la línea de productos que ofrece la empresa.	Como ventaja, la empresa cuenta con maquinaria y herramientas de deshidratado que se pueden aplicar a otras frutas o verduras, por lo que se puede innovar en la creación de nuevos productos. Los productos que se proponen son los siguientes: Té orgánico, tisana, ponche, clericot, entre otros.

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa

CONCLUSIONES

Finalmente, del análisis interno y externo realizado en la empresa Deshidratadora de Fruta Veracruzana y con los resultados mostrados en el presente trabajo, se plantea a la empresa la ejecución de diversas estrategias. De las estrategias que tienen por objetivo mejorar la situación de la organización, se propuso la creación de una tisana (té de fruta deshidratada) como nuevo producto, ya que se considera que es la propuesta que hace uso de un mayor número de fortalezas y oportunidades que tiene la empresa. A fin de dar inicio con el estudio inicial para crear un nuevo producto, se recomienda emplear la estructura de un proyecto de inversión, misma que permitirá evaluar la factibilidad económica en la comercialización de dicho producto. Finalmente, es importante señalar que con esta propuesta se pretende utilizar la capacidad instalada de la planta, además de ofrecer un nuevo producto para los clientes y, por lo tanto, aumentar los ingresos de la compañía, generando un beneficio para las partes relacionadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Calderón, J. F. (24 de Septiembre de 2018). *El Concepto de Responsabilidad Social Empresarial*. Obtenido de Centro Mexicano para la Filantropía: https://www.cemefi.org/esr/images/stories/pdf/esr/concepto_esr.pdf
- FAO. (2013). *Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en México 2012*. (N. G. Mejía, Ed.) México D.F.: Publigráfica.
- Global Entrepreneurship Monitor. (2017). *GEM 2016/2017 Global Report*. Londres.
- Gobierno de la República. (2013). *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2017*. México D.F.: Diario Oficial de la Federación. Obtenido de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5299465
- INEGI. (2009). *Micro, pequeña, mediana y gran empresa*. Obtenido de http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/proyectos/ce/2009/doc/minimonografias/m_pymes.pdf
- INEGI. (2018). *[Mapa Digital de México]*. Obtenido de <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjE5LjQxMTc0LGxvbjotOTYyNzg5MTYsejo2LGw6YzExMXNlcnZpY2lvc3x0YzExMXNlcnZpY2lvcw=>

LA FALTA DE COMERCIALIZACIÓN DE LA PITAHAYA EN LA ZONA MAYA

FLOR MARIA CHUC YAM¹, EFRÉN DAVID TURRIZA BORGES²

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo presentar el análisis de la comercialización de la pitahaya en el municipio de Felipe Carrillo Puerto, la producción de pitahaya ha ido en aumento desde el 2012 a 2018 con un incremento del 85% en el número total de productores con parcelas hasta de 2 a 4 hectáreas cada uno, la investigación refiere a un estudio de caso de 3 productores y se enfoca en el campo cualitativo donde se llevaron entrevistas de manera directa con personas que participan en la producción de pitahaya, dentro de los resultados sobresalientes destaca que la comercialización de la pitahaya en la zona está en escaso desarrollo debido a la falta de formalización y vinculación con empresas industrializadoras nacionales y extranjeras de manera directa, ante la falta de lo anterior y ante eminente crecimiento de la producción, competencia y ser un producto perecedero los productores son víctimas del coyotaje o en su caso perdidas por falta de mercado.

Palabras clave: pitahayas, comercialización

INTRODUCCIÓN

La producción de pitahaya en la zona maya es abundante gracias al clima que se presenta en la zona por la cual esta fruta crece sin ningún problema, actualmente la zona maya manifiesta preocupación ante la falta de mercado para sus productos (pitahaya), debido a que cada año existe mayor número de compradores “coyotes” quienes se aprovechan de este problema o en caso contrario el productor que no vende a esa única opción genera un mayor desperdicio de la fruta, la afectación económica de los productores es uno de los factores que

¹ Instituto Tecnológico de Felipe Carrillo Puerto. 151k0225@itscarrillopuerto.edu.mx

² Instituto Tecnológico de Felipe Carrillo Puerto. e.turriza@itscarrillopuerto.edu.mx

enfrenta cada año la zona productora y se debe a la falta de comercialización, dado que en la actualidad no existen empresas directas que puedan adquirir el producto.

Con el proyecto “La falta de comercialización de la pitahaya en la zona maya”, se realizó la investigación donde se presentan el análisis de los factores de la falta de comercialización de esta fruta.

La investigación se centra en resultados preliminares dado que la investigación es un trabajo donde la información adquirida se basa en un grupo de productores que realizan esta actividad y debido a la información conseguida nos arroja los siguientes resultados.

MARCO TEÓRICO

(Rivadeneira, 2011) La pitahaya fue descubierta por primera vez en forma silvestre por los conquistadores españoles en México, Colombia, Centroamérica y las Antillas, quienes le dieron el nombre de "pitayo" que significa fruta escamosa. “La pitahaya es un cactus suculento, rustico originario de américa que en México se encuentra en forma silvestre” (secretaria de de agricultura, sagarpa, 2017) . esta planta se encuentra en los estados de Yucatán, Quintana roo, Chiapas, tabasco, Campeche, Oaxaca La pitahaya según (Ing. Humberto López Diaz, Agosto 2002) pertenece a la familia Cactácea.

Es una planta perenne que crece de forma silvestre sobre árboles vivos, troncos secos, piedras y muros. Su centro de origen parece ser el Suroeste de los Estados Unidos de Norteamérica y el Noroeste de México. La pitahaya además de ser una fruta comestible también es un tesoro desde el punto de vista nutricional, contiene antioxidantes, mucílagos, ácido ascórbico, fenoles. Es rica en Vitamina C, también contiene vitaminas del grupo B, minerales como calcio, fósforo, hierro, y tiene alto contenido en agua y posee proteína vegetal y fibra soluble (Penelo, 2018), la pitahaya tiene usos medicinales como reforzar el **sistema inmunológico** y estimular la producción de glóbulos blancos, rojos y plaquetas al ser rica en agua y baja en carbohidratos su consumo es excelente para personas que realizan **dieta para adelgazar** o que tienen **diabetes**. De acuerdo a (Molina, 2009) Los países

con mayor producción a nivel mundial son Israel, México y Nicaragua. Dentro del continente americano también sobresalen como productores: Colombia, Guatemala y Ecuador. Los principales proveedores del continente americano a nivel internacional son Nicaragua, que comercializa la variedad roja y Colombia que exporta principalmente la variedad amarilla, además de pequeños volúmenes de pitahaya roja. Actualmente en México la mayor producción de pitahaya está en el Estado de Puebla en el municipio de Caltepec donde se espera exportar 90 toneladas de este producto de acuerdo al artículo de (Amayo, 2018), otro de los municipios que exportan pitahaya en México es Tehuacan, Puebla donde este produjeron más de 50 toneladas de pitahaya, la cual se comercializa en el mercado nacional, pero casi 40 por ciento se exportada a otras partes como Japón y Estados Unidos, por lo que posiciona y mejora la economía del municipio de acuerdo a la artículo de (Arenas, 2018). En un estudio realizado por OIRSA, los países consumidores de la pitahaya destacan Estados Unidos, Japón, Canadá y países de Europa, quienes según estadísticas tienen una demanda semanal cercana a las 50, 20, 20 y 30 tonelada. El proyecto productivo, apoyado por el INAES en Puebla, ha logrado la inclusión productiva de diversas familias a través del cultivo de pitahaya ,el Instituto les apoyó con 250 mil pesos para instalar tutores, adquirir plántula, herramientas, capacitación e insumos Actualmente, la venta de su producto ha alcanzado los 40 pesos por kilogramo , por lo que se ha visto el cultivo de pitahaya es una opción rentable para mejorar sus condiciones de vida (Social, 2017).

COMERCIALIZACIÓN

La comercialización difiere al intercambio, compra o venta de bienes y servicios entre empresas de un mismo país hasta llegar a la comercialización internacional integrando a empresas a adquirir un producto o servicio de interés tomando en cuenta la demanda y oferta. La comercialización “Es el conjunto de las acciones encaminadas a comercializar productos, bienes o servicios” (Rodriguez, 2012).

(Kotler, 1992)“proceso social y de gestión a través del cual los distintos grupos e individuos obtienen lo que necesitan y desean, creando, ofreciendo e

intercambiando productos con valor para otros” este autor nos dice que la comercialización se basa en productos que las personas tienen como necesidad o deseos se sabe que los humanos siempre tenemos este tipos de acciones como se menciona en la pirámide de Maslow por lo cual se da el intercambio en la comercialización que es un valor para otros por lo tanto, la comercialización obtiene gran importancia para los países participantes de esta actividad debido a que se generan beneficios para ambas partes de empresas participantes como la ventaja competitiva que ayuda a que los bienes y servicios ofrecidos adquieran una mejor calidad y precio dado que se basan a las necesidades de los consumidores, al igual que se generan ingresos económicos para los países o empresas que manejen esta actividad. Kotler (1992): “proceso social y de gestión a través del cual los distintos grupos e individuos obtienen lo que necesitan y desean, creando, ofreciendo e intercambiando productos con valor para otros”

Algunos de los métodos de comercialización se encuentra la estrategia de precio nos menciona que ante de lanzarse el producto se debe establecer un precio es necesario realizar un análisis de elementos que deben tenerse en cuenta a la hora de fijar el precio, otro método es la estrategia de distribución ara que el producto se venda es necesario que sea accesible al consumidor. Y, esta necesidad, está directamente relacionada con las estrategias de distribución de productos. Pues, deberá determinarse sí es la empresa la que vende directamente a sus clientes y determinar las zonas geográficas donde se va a actuar por medio de distribuidores (Emprendepyme, 2016). La autora (Rocca, 2013) nos dice que las variables para definir un método de comercialización., se debe tomar en cuenta la estrategia de marketing a aplicar, debido a que va a representar una ruptura fundamental en relación a los métodos de comercialización practicados por la empresa, la introducción de nuevos métodos puede referirse tanto a productos nuevos como a los ya existentes al igual que la innovación en el marketing es un punto clave para la comercialización debido al constante cambio del mercado global donde la competencia va aumentando cada día. (Burin, 2017) plantea el método de las 4 p del marketing que son producto, pecio, plaza y promoción como una estrategia para la comercialización ya que se relaciona con los aspectos productivos: los

costos, el trabajo, el capital, la calidad o la posibilidad de asociarse con otros. El pronóstico de la FAO acerca del comercio mundial de cereales en 2018/19 se ha incrementado hasta cerca de 414 millones de toneladas, cifra que supera en 1,7 millones de toneladas a la notificada en julio. La revisión al alza se debe principalmente a un aumento del comercio de maíz pronosticado, que compensa con creces la reducción de las perspectivas comerciales relativas al trigo, el arroz y el sorgo (Fao, 2018).

METODOLOGÍA

Estudio de caso

Esta investigación se enfocó en 3 productores de pitahaya del poblado de Francisco madero dado que es una zona productora y en la cual se concentran varias familias que se dedican a esta actividad, para buscar la hipótesis de esta investigación se siguió los enfoques que a continuación se presentan y en la cual se les aplicaron a estos productores.

DETERMINACIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Esta investigación tiene un enfoque mixto dado que se utilizaron los siguientes métodos que son el método Cualitativo y cuantitativo debido a que tiene características de cada uno de estos métodos de investigación.

INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

Consiste en un análisis de la información escrita sobre un determinado tema, con el propósito de establecer relaciones, diferencias, etapas, posturas o estado actual del conocimiento respecto del tema objeto de estudio.

En este proyecto se utilizó este tipo de investigación debido a que se consulto diferentes fuentes de información tanto en libros como en páginas web para recabar información necesaria para este proyecto.

INVESTIGACIÓN DE CAMPO

se efectúa en el lugar, directo con la persona que se interesa o se quiera saber de un cierto tema

En este proyecto se manejó este tipo de investigación ya que se socializo y se tuvo contacto personal con los productores de la zona en la cual se aplicaron encuestas y entrevistas.

Selección, diseño y prueba del instrumento de recolección de información.

Los instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos de este proyecto son las entrevistas y encuestas debido que, para recolectar información, estos métodos ayudaron a dar un mejor resultado dado que con estos es más fácil de encontrar información ya que se tiene interacción directa con los productores.

PROCESO

Para llevar a cabo las entrevistas y encuestas se tuvo que acudir a la comunidad para aplicarlo personalmente, previamente se dio aviso a los productores para saber si estaban dispuestos a participar y compartirnos su opinión acerca de los factores de la comercialización de sus productos , se entrevistó por separado para saber qué opinaba cada uno y no afectara la información del otro, se comenzó aplicando la encuesta para después continuar con la entrevista para luego presentar los resultados de estos que se presentaran a continuación.

RESULTADOS

	PRODUCCIÓN DE PITAHAYA	VENTA PITAHAYA	DE PRODUCTO O DAÑADO	HECTÁREAS
PRODUCTOR 1	438kg (anual)	\$350-\$400 (caja)	26kg	2 hectáreas
PRODUCTOR 2	625kg (anual)	\$250-\$450 (caja)	65kg	4 hectáreas

PRODUCTOR 3	308kg(anual)	\$400-\$450 (caja)	15kg	1.5 hectárea
TOTAL	1.371 toneladas		106kg	

PLAGAS

Las plagas que mayormente afectan a los productores de pitahaya son las aves o pájaros que picotean el fruto está madurando con el fin de alimentarse de este causando daño, además de la chinche de patas de hoja, la hormiga cortadora y hormiga de fuego, el escarabajo y caracoles que son plagas que afectan al cultivo de la pitahaya desperdiciando el fruto y causando pérdidas a los productores.

TIEMPO DE PRODUCCIÓN

De acuerdo a la encuesta aplicada los productores tenían los mismos años realizando esta actividad y la única diferencia eran las edades el productor 1 tiene 37 años y lleva 4 años con esta actividad, el productor 2 tiene 40 años y lleva 4 años y el productor 3 tiene 34 años y de igual manera lleva 4 años cosechando este fruto la única diferencia son las hectáreas con las que cuentan.

Producción de otros insumos

Los productores aparte de cosechar la pitahaya también siembran otros insumos como chiles verde, maíz y limón dado que no les alcanza con la siembra de pitahaya por lo cual se ven obligados a buscar otros insumos para sembrar para también poder obtener ingresos de la venta de estos.

VENTA DE LA PITAHAYA

De acuerdo a esta pregunta de la venta de sus productos los productores aseguraron que vendían sus productos a las personas "Coyotes" ya que estas personas son los que las empresas como hoteles mandan para adquirir este producto para evitar los gastos que habría si esto se hiciera directamente con la empresa ya que estos hostigan a los productores para venderlo a un precio mas bajo, de igual manera venden sus productos a fruterías como mayoreo y de la cual aseguran que obtienen un mejor precio de venta dado que llegan a un buen

acuerdo con los propietarios de estos, además de que no existen convenios permanentes con empresas para adquirir producto.

CAUSAS DE LA FALTA DE COMERCIALIZACIÓN

Productor 1

- ✓ Falta de Compradores
- ✓ Competencia
- ✓ Plagas
- ✓ Precio alto

Productor 2

- ✓ Falta de compradores
- ✓ Crecimiento de producción
- ✓ Plagas
- ✓ Precios bajos
- ✓ Falta de formalización con empresas

Productor 3

- ✓ Falta de espacio para cosechar
- ✓ Plagas
- ✓ Precio alto
- ✓ Desperdicio de producto

SIMILITUDES

Falta de Mercado

De acuerdo a las causas podemos observar que los tres productores se dirigen en este aspecto donde debido a la falta de lugares para la venta de sus productos y a la formalización y convenios con empresas, llegan a vender sus productos desde un precio alto hasta el precio bajo.

Plagas

Podemos observar que los tres productores tienen este problema de plagas que afectan a la producción ya que les causan perdidas de frutos que podrían vender y de acuerdo a la información se puede decir que mientras más grande sea tu producción más perdidas se pueden obtener Competencia.

Debido a incremento de producción de los productores de pitahaya se va extendiendo ocasionando que al ver más productores se presentan más ofertas para los adquieren este fruto y por lo cual tienen que competir con otros bajando el precio cada vez más para poder vender sus productos y no desperdiciarlos.

CONCLUSIONES

Podemos observar que la falta de comercialización depende de varios factores desde la competencia del mercado debido a la creciente producción de pitahaya y por lo cual muchos productores compiten entre si para poder vender sus productos, así como a las plagas que afectan a estos productores cada año haciendo que pierdan parte de su producción pero sobre todo falta de formalización y vinculación con empresas dado que si existieran empresas tanto nacionales como internacionales que adquirieran directamente el fruto de los productores y crearan convenios y no utilizaran a personas intermediarias ,los productores pudiesen ofrecer sus productos a un determinado precio en donde tuvieran una ganancia justa y que los beneficiaria a ellos como productores y alas empresas como compradoras de este fruto .

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amayo, a. (7 de junio de 2018). *milenio*. obtenido de mlenio: <http://www.milenio.com/negocios/preparan-exportacion-de-pitahaya-en-caltepec>.
- Arenas, p. (20 de abril de 2018). *inforural*. obtenido de <https://www.inforural.com.mx/exportan-mas-de-40-de-pitahaya-a-mercado-internacional/>
- Burin, d. (3 de agosto de 2017). *estrategias de comercializacion*. obtenido de <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/3153/7/bve17089159e.pdf>
- Emprendepyme. (2016). *emprendepyme*. obtenido de <https://www.emprendepyme.net/estrategias-de-comercializacion.html>
- Fao. (6 de septiembre de 2018). *organizacion de las naciones unidas para la alimentacion y la agricultura*. obtenido de <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>
- Ing. humberto lópez díaz, i. a. (agosto 2002). cultivo de la pitahaya . *guía tecnológica* 6, 28.
- Kotler, p. (1992). *marketing management*. illinois: publi-union.
- Molina, d. j. (8 de agosto de 2009). *researchgate*. obtenido de https://www.researchgate.net/publication/28797001_produccion_y_exportacion_de_la_fruta_pitahaya_hacia_el_mercado_europeo.
- Penelo, l. (20 de julio de 2018). *pitaya o pitahaya: propiedades, beneficios y valor nutricional*. obtenido de <https://www.lavanguardia.com/comer/materia-prima/20180720/45956036053/pitaya-fruta-propiedades-beneficios-valor-nutricional.html>
- Rivadeneira, p. e. (2011). *elaboracion de mermelada y nectar a partir de la pulpa de*. universidad de guayaquil .
- Rocca, j. (23 de noviembre de 2013). *lcwin*. obtenido de <http://lcwin.com/reinventat-us-metodos-de-comer>
- Rodriguez, i. m. (2012). "es mucho mas que vender o hacer publicidad". *antología comercialización*, 1-27.
- Secretaria de de agricultura, g. d. (3 de junio de 2017). *sagarpa*. obtenido de <https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/pitahaya-la-fruta-del-fuego-y-del-dragon?idiom=es>
- Secretaria de economia. (2006-2012). <http://www.2006-2012.economia.gob.mx/mexico-emprende/productos->

ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE SEGUIDOR SOLAR HIDRÁULICO

JUAN CARLOS RAYMUNDO VILLARREAL¹, VIRIDIANA SÁNCHEZ VÁZQUEZ²,
ARLENY LOBOS PÉREZ³

RESUMEN

La utilización de la energía fotovoltaica para la generación de energía se ha incrementado en los últimos años por ser una alternativa amigable con el medio ambiente y sustentable en cuanto a la utilización de residuos fósiles. La presente investigación está enfocada a demostrar la eficiencia de la utilización de paneles solares móviles que puedan ser utilizados en la implementación de un parque fotovoltaico controlado para disminuir el consumo de energía que el ITSTB factura actualmente a CFE.

Para realizar el análisis de la eficiencia se han utilizado técnicas estadísticas como ANOVA, Regresión lineal, gráficos de caja y de efectos principales, los cuales convergen en demostrar que la utilización de un sistema controlado acrecienta tanto el voltaje como amperaje del panel.

Palabras clave: Energía, fotovoltaica, panel, solar, sistema, controlado.

ABSTRACT:

The use of photovoltaic energy for the generation of energy has increased in recent years as it is a friendly alternative to the environment and sustainable in terms of the use of fossil waste. The present investigation is focused on the efficiency of the use of mobile solar panels that can be used in the implementation of a controlled photovoltaic park to reduce the energy consumption that the ITSTB currently invoices to CFE.

As ANOVA, Linear Regression, box and main effect graphs, which converge in demonstrating that the use of a system tailored to both the voltage and the panel amperage.

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. Jcharly1.7@gmail.com

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. Savavir286@hotmail.com

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. arlenyl@hotmail.com

Keywords: Energy, photovoltaic, panel, solar, system, controlled.

INTRODUCCIÓN

Como bien se sabe la demanda de energía se ha incrementado debido al incremento de la población mundial. De acuerdo a la ONU en las próximas décadas se disparará la población mundial por encima de los 10.000 millones. El planeta tierra, que actualmente cuenta con 7.300 millones de habitantes alcanzará los 8.500 millones de habitantes para el 2030 y los 9.700 millones en el 2050, de acuerdo a esto según la revista de “World Energy Outlook 2015” la demanda mundial de energía crecerá en todos los escenarios y se estima que aumentará un 30% aproximadamente, entre los años 2013 y 2040. Por consiguiente, es imperante que las instituciones educativas de nivel superior, desarrollen proyectos tecnológicos que estén enfocados al cuidado del medio ambiente y a la utilización de las energías renovables.

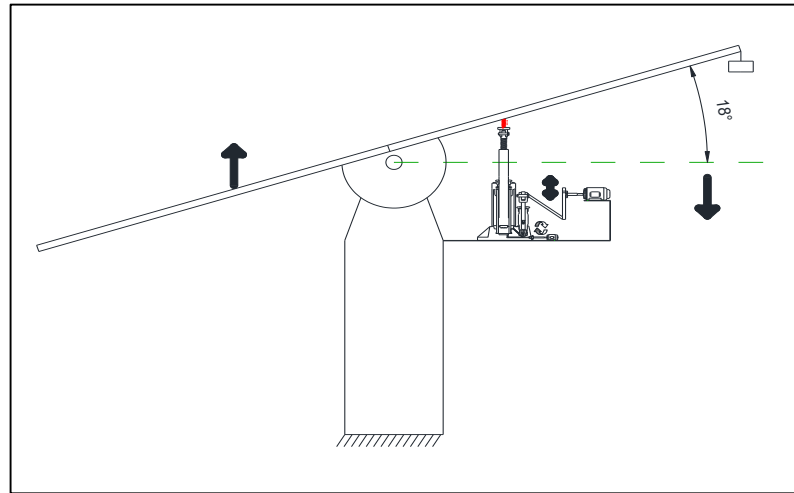
El objetivo de la presente investigación es realizar un análisis estadístico del amperaje y voltaje de un panel fotovoltaico en dos condiciones de operación distintas, la primera es estando el panel en una posición fija y la segunda en posición móvil, utilizando un mecanismo hidráulico que permita la movilidad del panel de acuerdo al cambio de posición del sol. Los resultados esperados son tener una base que demuestre la eficiencia energética de los paneles con el sistema interconectado controlado para reducir el consumo energético del edificio académico del ITSTB y que impacte de manera positiva en el medio ambiente.

MATERIAL Y MÉTODOS

DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO

Se toma con referencia un seguidor solar en un sólo eje, por ser más económico de implementar y con una buena eficiencia con respecto al seguidor en dos ejes, hasta un 30% en comparación con un 34% del seguidor en dos ejes (**Escobar & Holguín, 2010**). De esta forma la manufactura y el equipo de control se reducen.

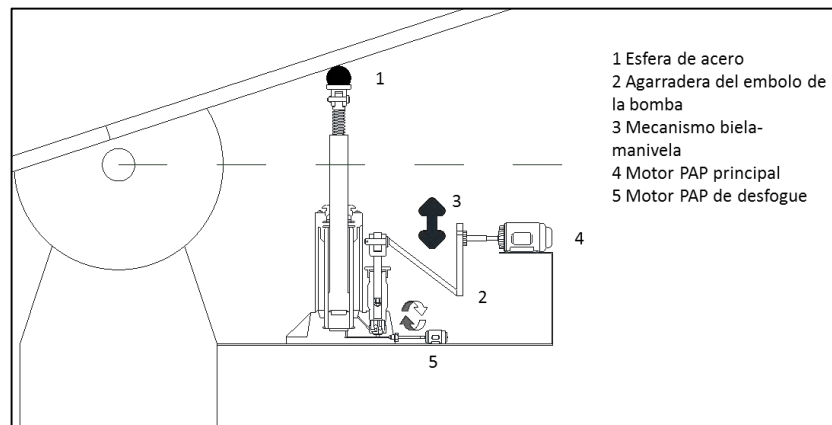
Figura 1. Diseño general del seguidor solar



Elaboración propia

Para visualizar mejor la parte mecánica encargada del movimiento, se amplifica la parte del mecanismo y se puede observar mejor el acople de los diferentes elementos mecánicos y eléctricos (figura 2).

Figura 2. Mecanismo de elevación y cambio de ángulo

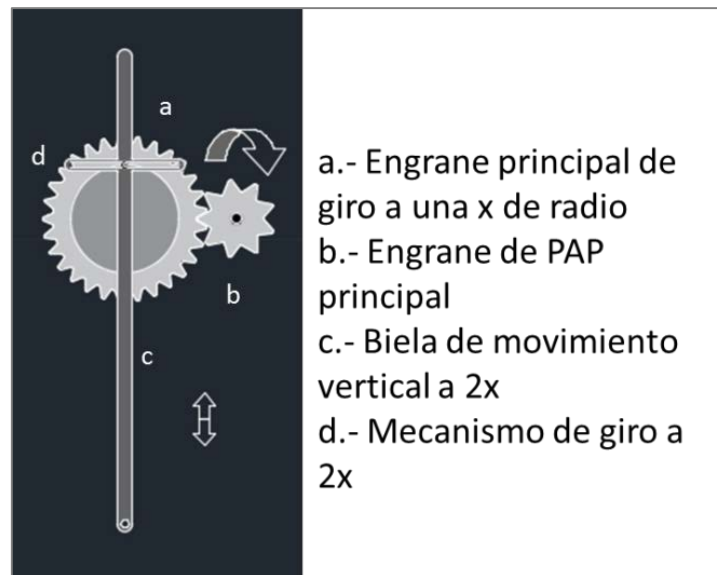


Elaboración propia

El diseño cuenta con un gato hidráulico de botella con capacidad de 2 toneladas, con extensión roscada de 9.5 cm y pistón de 10 cm, para que el pistón pueda alcanzar su altura máxima se necesitan 40 movimiento de 1.5 cm en la agarradera que va hacia el embolo de la bomba, con esto se mueve la plataforma del panel 4.2 grados, iniciando en -18 grados y finalizando en 28 grados.

Para que la agarradera del embolo de la bomba pueda realizar el movimiento vertical, que se aplica normalmente con la mano del usuario, se le adaptó un mecanismo para convertir el movimiento rotatorio de un Motor Paso a Paso (PAP) a vertical, mediante dos engranes helicoidales y un arreglo de principios biela- cigüeñal, se realiza la conversión de movimiento giratorio o movimiento vertical (figura 4 y 5). Donde, el engrane con radio efectivo de 0.75 cm es el encargado de mover la flecha, para obtener 1.5 cm de forma vertical, se toma como referencia los movimientos mecánicos manivela- biela- corredera, aplicado de forma vertical, en dirección hacia la tierra (**Guardado , 2012**).

Figura 3. Mecanismo de movimiento vertical

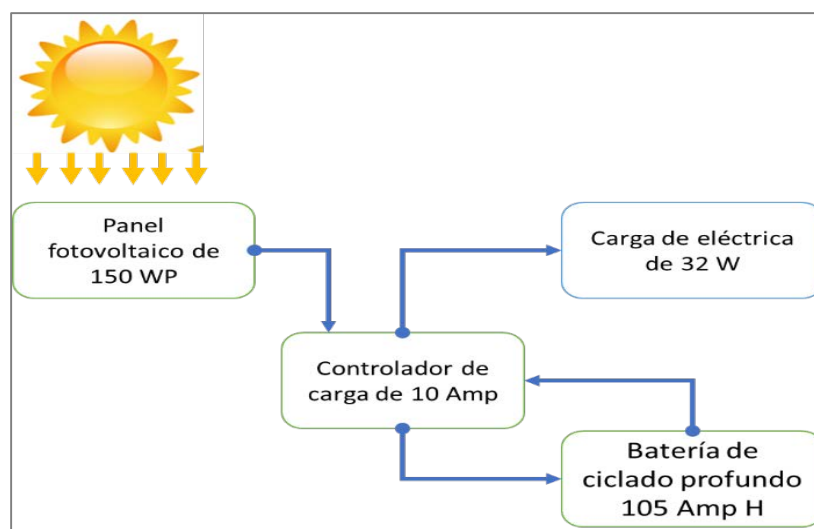


Elaboración propia

Una vez que el panel haya realizado el giro hacia la puesta del sol, se activara por medio de un interruptor de límite el motor PAP, el cuales encargado de abrir el embolo de desfogue de aceite y que de esta forma el pistón quede listo para regresar a su posición inicial, para realizar mejor el procedimiento se coloca un contrapeso en la parte superior para ayudar al pistón principal a regresar, de esta forma el panel vuelve a su posición de inicio para nuevamente empezar la captación de energía solar. Aplicando este principio se tiene un seguidor solar económico y con una eficiencia del 23% aproximadamente.

Para poder corroborar la eficiencia del panel fotovoltaico móvil, con respecto a uno estático, se evalúan los dos sistemas, uno sin giro (estático) y otro con el seguidor solar hidráulico, el cual es el sistema que se ha diseñado esto para poder realizar un comparativo de cantidad de energía que almacenan en un periodo de tiempo similar y con la misma radiación solar. Cabe mencionar que para este experimento se colocan un panel solar fotovoltaico de 150 Wp (Watts pico) conectado a un controlador de carga y a su vez a una batería de ciclado profundo de 105 AmpH (Amperes horas), para lograr descargar y consumir la energía captada por el panel, se conecta una carga de 32 W (watts). Se agrega el siguiente diagrama a bloques para poder comprender mejor las conexiones y los elementos que intervienen en ambos sistemas, fijo y móvil, ver la figura 4.

Figura 4. Sistema fotovoltaico

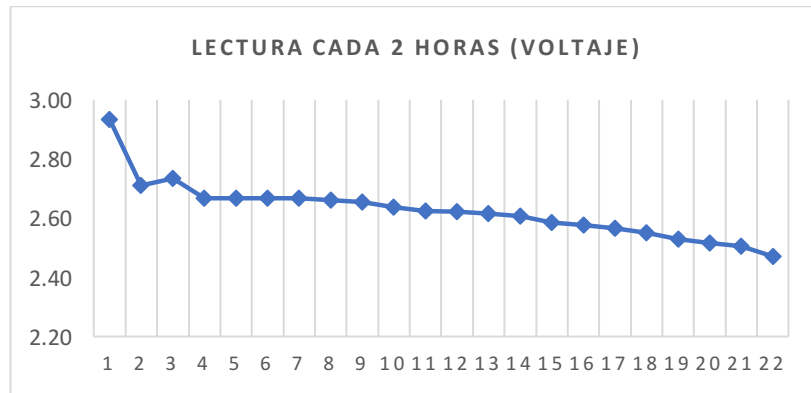


Elaboración propia

Se aclara que se realiza el experimento en un sistema fotovoltaico aislado de la red eléctrica de CFE para simplificar el análisis de captación y disipación de energía.

Con el panel estático, con una inclinación a 18 grados, que es la latitud de Tierra Blanca, Veracruz y la batería cargada al 100%, el comportamiento en el consumo de corriente eléctrica disminuye gradualmente (Figura 5).

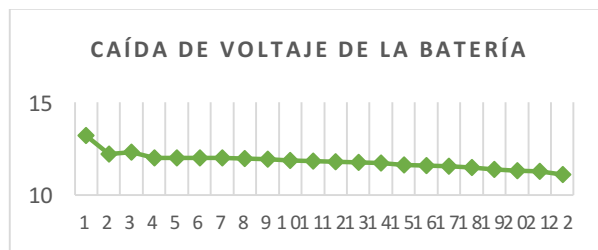
Figura 5. Consumo de corriente



Elaboración propia

Al observar la caída de tensión, esta disminuye y el panel no es capaz de cargar y recuperar la energía consumida, por lo tanto, el voltaje es decreciente (Figura 6).

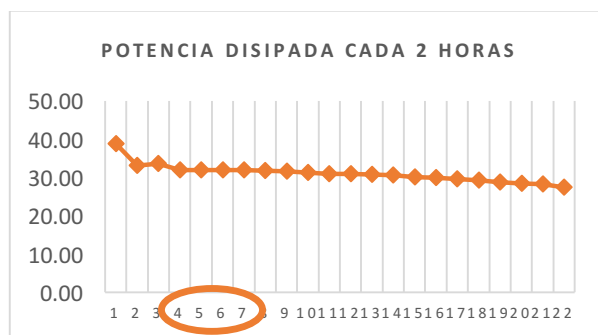
Figura 6. Caída de tensión en 22 horas



Elaboración propia

Al observar la disipación de potencia, sólo se mantiene estable en 4 puntos (Figura 7).

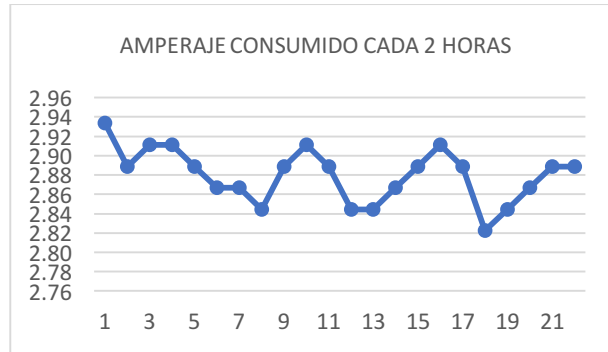
Figura 7. Potencia disipada



Elaboración propia

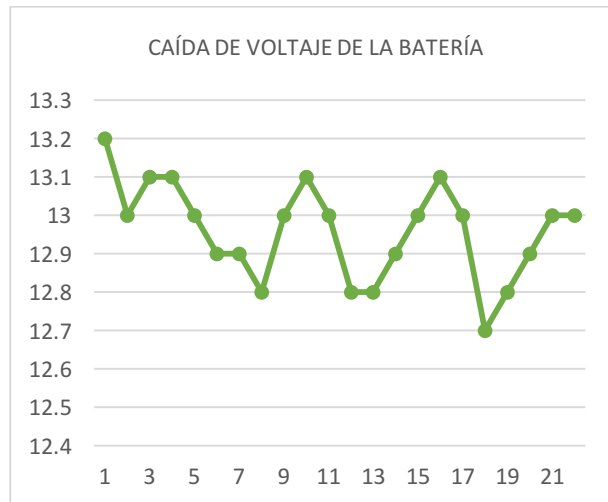
Al colocar el seguidor solar con gato hidráulico, tanto amperaje, como caída de tensión y potencias, tienen estabilidad, solo con un mínimo de variación con respecto a la carga conectada (Figuras 8, 9 y 10), se recupera en momentos de mayor captación de energía.

Figura 8. Consumo de corriente



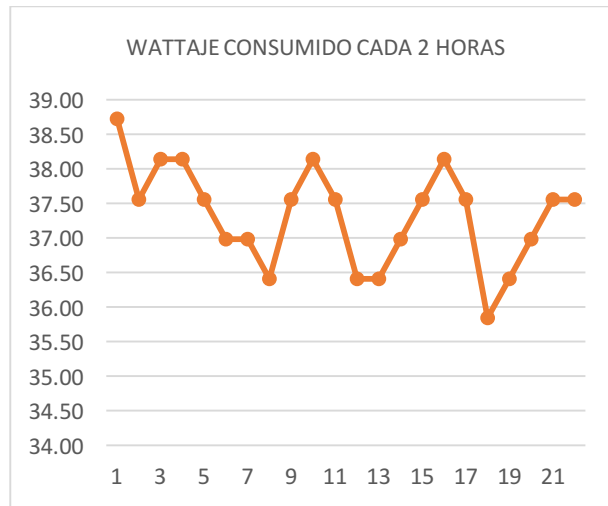
Elaboración propia

Figura 9. Caída de tensión en 22 horas



Elaboración propia

Figura 10. Potencia disipada



Elaboración propia

Inmediatamente se puede observar las variaciones que tiene el comportamiento del voltaje, corriente y disipación de potencia se mantiene más estable con respecto al panel que estuvo estático, mejorando la eficiencia del panel fotovoltaico y por lo tanto, la recolección de energía, para comparar la eficiencia energética, se comparan ambos panes, el estático y el que tiene un grado de libertad tomando en cuenta la posición y la matriz de giro, cabe mencionar que se debe optimizar los ángulos de giros y los tiempos (*Turrillas , 2014*).

TOMA DE DATOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para un estudio significativo se recolectaron 204 datos en un horario de 9:00 am hasta las 4:00 pm, dado a que en ese horario se espera una mayor radiación solar. Es importante mencionar que las muestras se tomaron en días soleados para lo cual se analizaron previamente los datos meteorológicos del municipio de Tierra Blanca, Veracruz.

Para realizar el estudio de los datos se utilizó el Análisis de Varianza (ANOVA) para determinar si existen diferencias significativas entre las medias de las medidas del voltaje y amperaje, tomándose como factor cada uno de los elementos antes mencionados y como niveles del factor el panel fijo y el panel controlado. El nivel de

significancia utilizado para ambos experimentos fue de $\alpha=0.05$, la hipótesis tanto para amperaje como voltaje son las siguientes:

H_0 := No existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos del factor.

H_1 := Existe una diferencia significativa entre las medias del factor.

La realización de los cálculos se ejecutó en el software Minitab 18, los resultados del ANOVA para Amperaje se muestran a continuación.

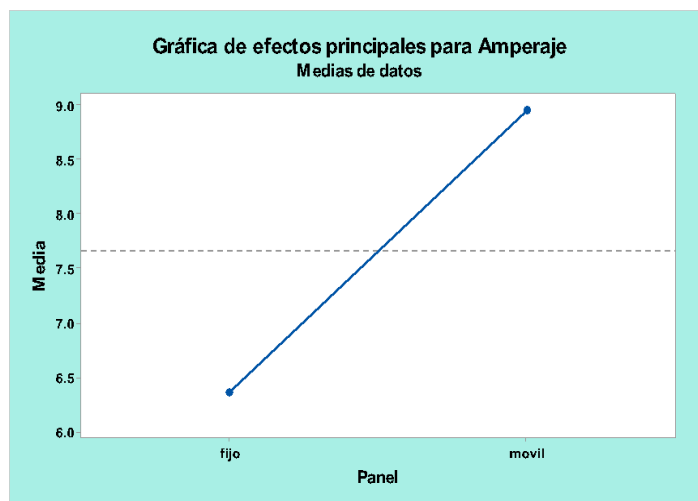
Tabla 1. Tabla de Análisis de Varianza para el factor Amperaje.

Fuente de Variación	SC	GL	MC	F	P
Panel	671.9	1	671.92	204.6	0
Error	1333.4	406	3.284		
Total	2005.3	407			

De acuerdo a los resultados del valor de P como este es menor que el nivel de error, no hay suficiente evidencia para aceptar la hipótesis nula, por lo tanto, existe una diferencia significativa entre las medias del amperaje, tal y como se muestra en la Fig.

11

Figura 11. Gráfico de efectos principales de Amperaje



Elaboración propia

De acuerdo a los resultados existe una mejora en el amperaje cuando se utiliza un panel con sistema interconectado controlado (panel móvil)

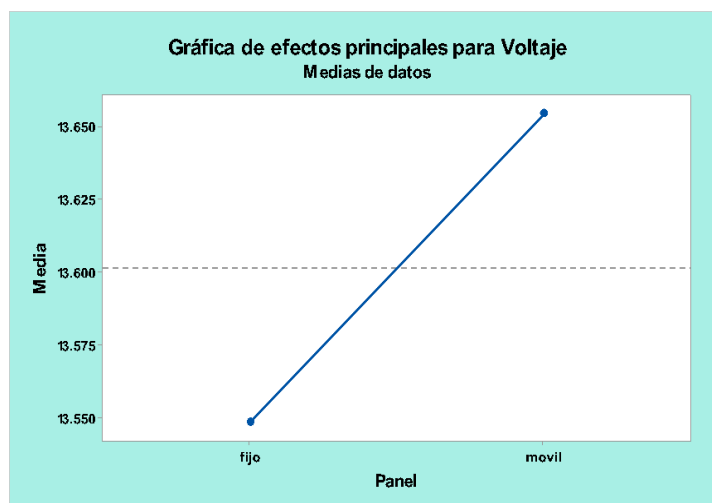
Los resultados del ANOVA para voltaje son los siguientes:

Tabla 2. Tabla de Análisis de Varianza para el factor Voltaje

Fuente de Variación	SC	GL	MC	F	P
Panel	2.624	1	2.62	1.17	0.28
Error	912.777	406	2.25		
Total	915.401	407			

De acuerdo a los resultados del valor de P como este es mayor que el nivel de error, no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, lo que quiere decir que las medias de voltaje en ambos paneles no tienen una diferencia significativa, en la figura 12, se observa una diferencia entre medias de solo .10 puntos porcentuales.

Figura 12. Gráfico de efectos principales de Voltaje



Elaboración propia

Las citas, referencias y ecuaciones deberán de seguir los siguientes criterios:

Por otra parte, el estudio de regresión lineal muestra que tanto amperaje como voltaje tienen una afectación positiva por el panel móvil, tal y como se muestra en las siguientes ecuaciones:

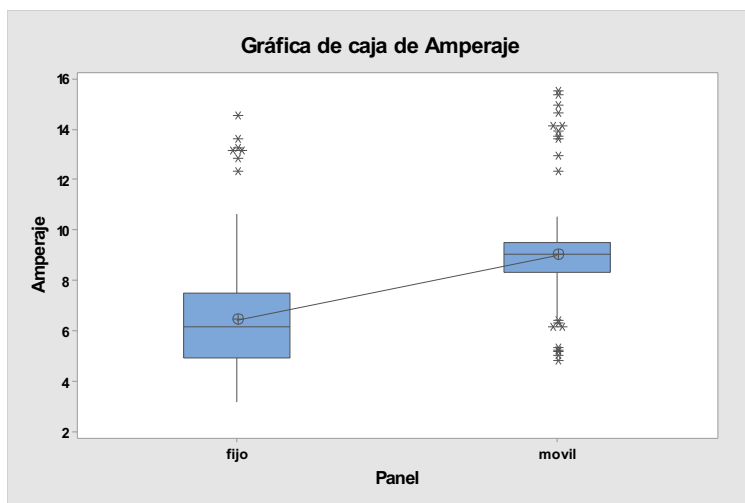
$$\text{Amperaje} = 6.355 + 0.00 \text{ panel fijo} + 2.60 \text{ panel móvil} \quad \text{Ec. (1)}$$

$$\text{Voltaje} = 13.548 + 0.00 \text{ panel fijo} + 0.106 \text{ panel móvil} \quad \text{Ec. (2)}$$

De acuerdo a los resultados de las dos ecuaciones tanto para el amperaje como para el voltaje el panel que tiene un incremento positivo en ambas es el panel móvil, siendo más notorio el incremento en el amperaje.

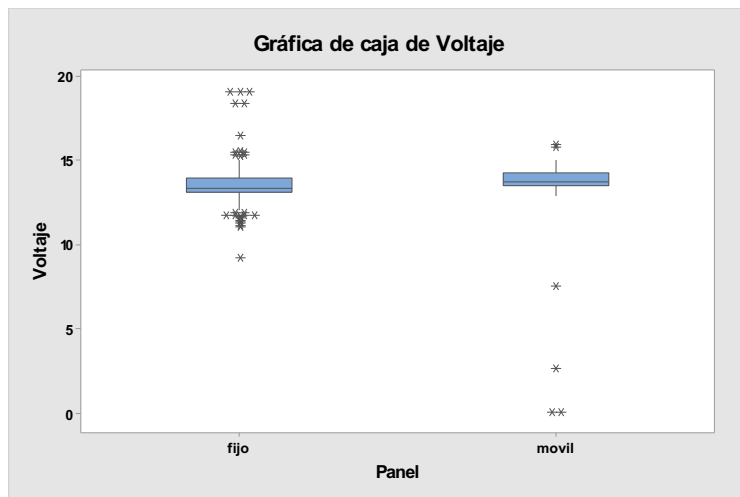
Finalmente se realizó un estudio de la variación del amperaje y voltaje tanto del sistema fijo como el móvil, tal y como se muestra en las figuras 13 y 14.

Figura 13. Gráfico de caja de Amperaje



Elaboración propia

Figura 14. Gráfico de caja de Voltaje



Elaboración propia

Las gráficas muestran una mayor variabilidad en los datos de panel fijo con respecto al amperaje, y una mayor variabilidad del panel móvil en lo que se refiere al voltaje. Así mismo en la gráfica de caja de voltaje se observa que la diferencia entre la media de ambos paneles es mínima.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la investigación del seguidor solar hidráulico, se logra demostrar con los gráficos antes mencionados, que la potencia eléctrica se incrementa, por el hecho de tener implementado un sistema electrónico con movimiento azimutal temporizado, el cual demuestra que la eficiencia, comparada con un sistema estático y uno móvil, tiene un incremento hasta de un 23%, siendo que un sistema solar fotovoltaico estático aporta un intervalo máximo del 14% al 17%, dependiendo de la radiación solar y el material del cual están elaborados los paneles.

CONCLUSIONES

La eficiencia obtenida se debe al factor de gasto de energía por el sistema electrónico, el cual es relativamente bajo en comparación con otros sistemas, al utilizar un sistema hidráulico (gato hidráulico) acoplado a motores paso a paso pequeños (PAP), dichas piezas reducen el esfuerzo mecánico, elevando así, la eficiencia general. Otros sistemas utilizar motores acoplados a una transmisión y requieren mayor torsión, por lo consiguiente mayor cantidad de energía, lo cual hace que el sistema de giro será más caro económicamente y en relación a consumo de energía, es más alto.

De esta forma la investigación demuestra que se pueden desarrollar seguidores más eficientes para sistemas solares fotovoltaicos, sin encarecer la energía producida. Con elementos que ayuden de forma más simple los acoples necesarios para realizar el movimiento azimutal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Escobera, A. Holguin, M. (2010). Diseño e implementación de un seguidor solar para la optimización de un sistema fotovoltaico. *Scientia Et Technica*, 44(245-250), 0122-1701
- Guardado H. (2012) Implementación de seguidor solar en dos ejes para el sistema fotovoltaico de la escuela de Ingeniería Eléctrica de la UES, Universidad de El Salvador, Tesis.
- Gutiérrez H. De la Vara R.(2004) Análisis y Diseño de Experimentos, México, Mc Graw Hill.
- International Energy Agency (2015). World Energy Outlook 2015, www.iea.org.
- Montgomery D. (2005) Diseño de Experimentos, México, Limusa Wiley
- SENER (2012) Prospectiva de energías renovables 2012-2026, México.
- Turrillas E. (2014). Estudio comparativo de eficiencia energética en seguidores solares, Universidad Pública de Navarra, Tesis. Pamplona.

Nomenclatura

- SC Suma de cuadrados
- GL Grados de libertad
- MC Cuadrados medios
- F Estadístico de prueba F de Fisher
- P Valor P de Pearson para Prueba de Hipótesis

DESARROLLO DE BOLSAS BIODEGRADABLES CON BASE DE POLÍMEROS DE SEMILLAS DE AGUACATE.

FABIOLA JULISSA ESTEBAN GONZÁLEZ¹, ABIUD MANASES MERCADO MORENO², LUIS ALEJANDRO MIRANDA SALAS³

INTRODUCCIÓN

En el siguiente proyecto se hablará sobre el proceso que se llevara a cabo para realizar bolsas con un biopolímero realizado a base de semillas de aguacate esto para la reducción y explotación de los polímeros convencionales que afectan al planeta y a todos los seres vivos que habitamos en el mismo.

Con base a la investigación realizada por el ingeniero químico mexicano Scott Munguía quien realizó un biopolímero natural a base de la semilla del aguacate, el cual lo transforma en un polímero biodegradable, nos hemos dado a la tarea de sustituir la bolsa de polímeros convencionales por los polímeros biodegradables, ya que es un material amigable con el medio ambiente al degradarse.

Este será un producto en mayor parte natural, que al descomponerse no desecha elementos químicos ni gases a la atmósfera, por esta razón no contribuye al efecto invernadero.

OBJETIVOS DEL PROYECTO:

GENERAL

Lograr que la bolsa de plástico siendo uno de los productos más usados, brinde el beneficio a la sociedad pero sin dañar al medio ambiente, para reducir la contaminación.

ESPECIFICO

Sustituir las bolsas de plástico por bolsas de biopolímeros de semilla de aguacate en su totalidad.

¹ Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlan. fabiolajulissaestebangonzalez@gmail.com

² Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlan. ariagaabiud@gmail.com

³ Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlan. alejandromiranda_salas@hotmail.com

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las bolsas de plástico están presentes en nuestra vida cotidiana más que ningún otro elemento. Cuando vamos al mercado, a la panadería, cuando vas a la tienda de la esquina cualquier artículo es casi seguro que vendrá dentro de una bolsa de plástico. Expertos señalan que el plástico es un material que puede permanecer en la tierra como residuo cientos de años antes de degradarse, por lo que causa grandes daños en el ambiente, contaminando el agua, el aire y la tierra.

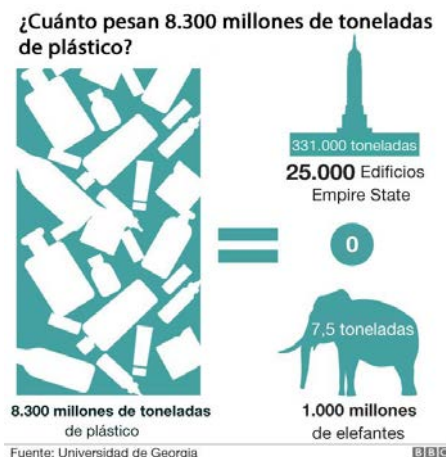
DESARROLLO

En los últimos años se ha notado y comprobado que también algunas especies marinas se están viendo afectadas por las grandes cantidades de basura que arrojamamos a los océanos o a cualquier otro tipo de ecosistema. Esto es muy preocupante así que nos hemos dado a la tarea de investigar cómo es que podemos realizar un biopolímero que tenga un periodo de vida más corto que el plástico.

El impacto ambiental derivado del uso del plástico se convirtió en uno de los grandes retos para el mundo de la ciencia, ya que la degradación de este material, tras ser desechado, puede tardar más de medio siglo.

La situación se vuelve alarmante si se considera que la producción mundial de este insumo alcanzó los 8.300 millones de toneladas al cierre de 2014, de acuerdo con los datos más recientes de Plastics Europe, asociación europea que representa a fabricantes de materias primas plásticas.

Imagen 1



Entretanto, en México la firma Global Polyolefins and Plastics estima que la industria registrará un crecimiento del 15 por ciento anual hacia el 2020. Dicha cifra significaría un incremento de casi 11 millones de toneladas en su capacidad de producción.

Para poder combatir esta situación y disminuir el crecimiento del plástico tenemos que recurrir a otras alternativas para no contaminar más, de esta forma gracias a la investigación del ingeniero químico mexicano Scott Munguía se pretenden realizar bolsas a base de un bioplástico que se degrada mucho más rápido que los plásticos generados a base de hidrocarburos y que no se obtiene de una fuente alimenticia, como otros bioclásticos que se producen a partir del maíz.

El bioplástico tiene dos características fundamentales:

- 1.- Se obtiene de fuentes vegetales y que es biodegradable. Pero tiene el mismo comportamiento que el plástico que todos conocemos.
- 2.- El producto ya no contamina el medio ambiente actualmente, este bioplástico se degrada en un tiempo estimado de 240 a 300 días, dependiendo del contenido microbiano del ambiente en el que se desecha.

(Jiménez, 2015)

Imagen 2.



¿POR QUÉ ES RENTABLE ESTE PROYECTO?

Se considera un proyecto muy viable y altamente rentable, el potencial del desarrollo es muy grande, si se toma en cuenta que México es uno de los países líderes en producción de aguacate. De acuerdo con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), la producción de dicho fruto abarca poco menos del uno por ciento de la superficie cultivable nacional.

Esa superficie representa 150 mil hectáreas plantadas que durante 2012 generaron 1.3 millones de toneladas de aguacate, y aproximadamente 1.5 durante 2013. Por su parte, Scott Munguía señaló que el esquema de captación del insumo, es decir, la semilla del aguacate, se hace a través de acuerdos de colaboración con empresas dedicadas a la fabricación de productos a base de este fruto, principalmente algunas compañías del sector alimenticio.

Hay una producción muy grande de desechos de aguacate, cerca de 300 mil toneladas anualmente. Esa es una cantidad que puede satisfacer, de acuerdo con nuestros cálculos, hasta el 20 por ciento de la demanda global de bioplástico .

(Bonilla, 2015)

¿CÓMO SE PRODUCE EL BIOPLÁSTICO?

Primero se extrae el biopolímero de la semilla de aguacate y posteriormente pasa por dos procesos muy importantes de modificación química, para que se convierta en un insumo viable para la producción de bioplástico.

“Primero es la extracción, luego un proceso que modifica químicamente el biopolímero y finalmente pasa por un proceso de transformación de biopolímero a plástico biodegradable.

MATERIA PRIMA

Para poder producir las bolsas necesitamos semillas de aguacate para convertir la semilla de aguacate a un biopolímero, esto se logrará al realizar un proceso químico, la semilla de aguacate reacciona y realiza cambios en su estructura hasta llegar al resultado que necesitamos para la realización de nuestro producto.

PROCESO DE PRODUCCIÓN BÁSICA PARA LA REALIZACIÓN DE LAS BOLSAS.

Los procesos más importantes son tres: La extrusión, la impresión y el corte.

EXTRUSIÓN

Una vez que los detalles de la bolsa están totalmente definidos con el cliente, el pedido pasa a extrusión, primer paso en la cadena de transformación de la grana de polietileno en una bolsa o film de plástico. El personal de extrusión estudia el pedido y

programa las máquinas (extrusoras) con los parámetros exclusivos para ese pedido en particular.

Una vez programada la extrusora, se comprueban las mezclas de material y aditivos necesarios para conformar el pedido: alta o baja densidad, con o sin polietileno lineal, deslizante o antideslizante, con o sin pigmento de color, superficie porosa o lisa, etc.

La granza de polietileno es transparente, por lo que es necesario añadirle pigmento para conseguir el color deseado en el material. El pigmento se mezcla con la granza en las tolvas de las extrusoras. Se añadirá uno u otro pigmento dependiendo del color que se desee.

La granza y el pigmento se calientan a temperaturas cercanas a su punto de fusión, con lo que se vuelven inestables y se pueden moldear con facilidad. El material alcanza la temperatura de fusión al llegar a una hilera circular. Esta hilera moldea el material en forma de tubo, el cual es sometido de forma simultánea a un tiraje vertical y un proceso de soplado en sentido transversal, creando un auténtico globo de plástico. Mediante una gradación en la temperatura de fusión, el soplado y el tiraje vertical se van conformando las características particulares del pedido: galga, tamaño, resistencia, etc. El material fundido que asciende debido a las fuerzas a las que es sometido y que luego se convierte en un globo, se va enfriando progresivamente y va volviendo a su temperatura normal y estable. Según se va enfriando se va recogiendo en forma de bobina, lo que conforma un rollo de película tubular.

En muchas ocasiones, la bobina de película de plástico es tratada con una descarga eléctrica que oxida la superficie del plástico y que facilita la adherencia de las tintas en el material. Básicamente, se trata de abrir con las descargas eléctricas unos poros en la superficie de la bolsa para que la tinta quede bien impregnada y anclada en el proceso de impresión.

El proceso se termina en esta etapa para algunos productos que se transforman. Tal es el caso del material retráctil o de las láminas (tubo, semitubo o lámina) en bobinas sin imprimir. En estos casos, las bobinas se pesan, se embalan correctamente para protegerlas de golpes y polvo en el transporte y se preparan para ser entregadas al cliente.

Para los productos que lleven algún tipo de impresión, tales como una bolsa camiseta impresa o el símil papel impreso, el siguiente proceso es la impresión. Los productos que no vayan a ser impresos pasan directamente a corte.

IMPRESIÓN

Las bobinas con el material proveniente de extrusión se introducen en un extremo de las rotativas flexo gráficas y se hace pasar la película de polietileno por unos rodillos y tinteros hasta que llegan al otro extremo con la tinta seca.

Este proceso puede parecer muy sencillo en un principio pero es uno de los más complicados. Una ligera variación en las proporciones de las tintas, en la velocidad o en el tiempo de secado puede provocar que la impresión deseada sea totalmente distinta a la resultante. De la misma forma, los clichés con el diseño a imprimir en la bolsa han de estar perfectamente sincronizados para que el dibujo y/o el texto no salgan descuadrados en la impresión final.

El procedimiento termina aquí para productos tales como polietileno retráctil impreso o láminas en bobinas impresas. Se pesan, se embalan y pasan al almacén para ser posteriormente servidos a los clientes. El resto de los productos pasan a corte.

CORTE

Una vez que las bobinas impresas o no impresas llegan a corte, lo primero que se hace es programar la cortadora con los parámetros necesarios para darle la forma que se desee, bien sea una bolsa camiseta, tipo mercadillo o una simple lámina. Se ajustan el ancho del producto, el alto, las medidas del fuelle (sí procede), la altura y ancho de las asas (sí procede), etc.

Normalmente, se fabrican las bobinas de polietileno destinadas a bolsas de plástico con un ancho que es el doble o el triple del ancho real de la bolsa (en ocasiones incluso puede llegar a ser el cuádruple. De esta forma, con el doble de ancho de la bobina sólo se necesitará la mitad de los metros de material para hacer el mismo número de bolsas).

La única tarea que habrá que realizar es dividir el material de forma longitudinal en dos, tres o cuatro partes, como se puede observar en la foto.

A continuación, y sólo para las bolsas tipo camiseta y algunas de asa troquelada, se les hace un fuelle o dobladura, que en el caso de las bolsas camiseta dará lugar a las asas, y en el de las asas troqueladas aumentará el tamaño de la base de la bolsa.

Posteriormente, se procede a dividir el film de forma transversal mediante una cuchilla y unos cabezales que cortan y sueldan la base y la cabeza de las bolsas. La misma cortadora va formando paquetes de X bolsas (según clientes) y una vez completado cada paquete, se le extrae una parte de plástico a la bolsa dando forma al asa (troquelada) o a las asas (camiseta).

Los paquetes de bolsas son depositados sobre una cinta transportadora que acerca las bolsas a un operario. Éste las introduce en fundas y las ensaca en el correspondiente embalaje. Los fardos con las bolsas son paletizados y pasan al almacén para ser posteriormente enviados a los clientes.

Durante todo el proceso de extrusión, impresión y corte se siguen unos controles de calidad para comprobar que el producto es conforme con los deseos del cliente y con los estándares de calidad. En caso negativo, el producto es retirado de la cadena de producción y reciclado en su totalidad para volver a reutilizarlo en la fabricación de bolsas de basura.

(abc-pack)

PRODUCCIÓN DE BOLSA CON EL POLÍMERO DE HUESO DE AGUACATE

Para la producción de la bolsa se usa el polímero común y el polímero de hueso de aguacate se pretende hacer una combinación de estas dos para formar un producto biodegradable y resistente para su uso.

Para este proceso donde el polímero de hueso de aguacate es biodegradable, dado que tiene un recurso natural que es muy fácil de destruir, degradar o metabolizar.

Las bolsas biodegradables son totalmente versátiles, ya que se les puede fabricar en diferentes colores y tamaños, colocar marcas o leyendas, de forma que son aptas para diferentes usos.

Otra ventaja que presentan las bolsas biodegradables es que pueden ser recicladas también, proporcionando valores energéticos similares a las bolsas plásticas de polietileno.

Por tanto, estas bolsas de plástico biodegradable son una gran opción y un buen recurso en aquellos países donde el uso de bolsas de plástico continúa siendo desmedido, como en México.

CONCLUSIÓN

En la actualidad los números de desecho plásticos han generado la búsqueda de opciones sustentables para reducir o sustituir su uso.

Las bolsas con base en polímeros de hueso de aguacate generan un enorme beneficio, no solo a la sociedad sino al medio ambiente dándonos la posibilidad de que este producto sea exitoso, además ayuda a que nuestros futuros clientes hagan elecciones y generen concientización en la mejora de su calidad de vida, considerando sea esta la pauta para que nuevas generaciones desarrollen productos de calidad que sean amigables con el medio ambiente en el país ya que México casi no fabrica productos biodegradables y es importante que nuestra sociedad sea más reflexiva en este tema ya que es realmente relevante, la magnitud en que cuidemos nuestro mundo es la manera en la que valoramos nuestra vida y la de nuestra familia.

Si la realización de este proceso se diera a gran escala la sustitución del plástico beneficiaría enormemente el medio ambiente además de ser una fuente extra de recursos para los productores de aguacate en el país ya que en este son producidos más del 93% de la producción mundial de aguacate porque no solo venderían su producto si no también su semilla o desecho. En México se abriría un mercado más grande con base al aguacate.

En México se comercializan 5000 toneladas anuales de bioplástico. Este mercado ha crecido más del 20% anual en su mayoría de importación. Por esta razón se espera que mediante esta nueva tecnología así como mediante un esquema de negocios y de costos debidamente diseñados se pueda impulsar el mercado nacional y se deje de importar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

«abc-pack.» <https://www.abc-pack.com/enciclopedia/como-se-hace-una-bolsa-de-plastico/>.

Bonilla, Armando. «Agencia Informativa Conacyt.» 24 de abril de 2015 .
<http://conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/biotecnologia/1324-joven-mexicano-produce-bioplastico-a-partir-de-semillas-de-aguacate>.

Jiménez, Jesús. «zonageek.» *zonageek*. 3 de marzo de 2015.
<https://www.zonageek.net/author/admin/>.

DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN SISTEMAS DE CONTROL DE PLANTAS HIDROELÉCTRICA

ROSAURA RASGADO CHANONA¹, PRIMITIVO SAN JUAN ELIAS², YAMILET SALOMÓN RUÍZ³,
JAVIER FENTANÉZ HERNÁNDEZ⁴

INTRODUCCIÓN

Anteriormente el control de los procesos se daba en base a intuiciones o hechos basados en la experiencia, donde el operador del sistema era el que analizaba las situaciones y tomaba las decisiones que según a su parecer eran mejor para el proceso y en donde no se podía llevar a cabo todo el control de las variables que intervenían en él, todo el trabajo caía en una sola persona (el operario), con la implementación de los sistemas de control se pueden tomar decisiones más acertadas, reducir tiempos muertos y elevar la productividad del proceso así como tener una mejor calidad en la producción. Para fines del análisis de la dinámica de un sistema se contemplará a un sistema PID puesto que es un conjunto de elementos ordenados que cumplen un objetivo, es importante mencionar que un solo elemento no puede cumplir por si solo el trabajo de todo el sistema; estos son: Proporcional, Integral y Derivativo.

SISTEMA EMPLEADO EN EL ANÁLISIS

Un sistema de control tiene sus aplicaciones básicamente a nivel industrial puesto que su estudio se basa en plantas que fungen como sistemas de referencia en los cuales pueden presentarse ciertas fluctuaciones en algunas de sus variables a través de alguna señal y reducir esas posibles variaciones, es importante mencionar que este tipo es perteneciente a un sistema de control, en lazo cerrado o realimentado pues su principal objetivo es reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor conveniente para dicho proceso, para esto, basta mencionar al sistema de control PID (control proporcional integral derivativo) que tiene las siguientes características:

¹ rosy_chani87@hotmail.com

² psanjuane@hotmail.com

³ yami2711@gmail.com

⁴ javierazrael@gmail.com

Proporcional (ganancia): P representa la banda sobre la cual la salida de un controlador es proporcional al error del sistema. El control Proporcional puede proveer una salida de proceso estable, pero siempre habrá un error entre el punto de ajuste requerido y el valor actual del proceso.

Integral (Reset): se integra el error (promedio) durante un período de tiempo, y luego se multiplica por una constante I, y se añade a la salida de control actual. I Representa el error de estado estacionario del sistema y eliminará del punto de ajuste los errores medidos. Para muchas aplicaciones de control Proporcional+ Integral será satisfactoria con una buena estabilidad y en el punto de ajuste deseado.

Derivativo (Rate): La velocidad de cambio del error se calcula con respecto al tiempo, multiplicado por otra D constante, y se añade a la salida. El término derivado se usa para determinar la respuesta de un controlador para un cambio o alteración de la temperatura del proceso (por ejemplo la apertura de una puerta del horno). Cuanto más grande es el término derivado, más rápidamente el controlador responderá a los cambios en el valor del proceso.

Para el diseño de un sistema se tienen una entrada y una salida y para poder dar un mejor rendimiento al sistema se busca hacer repeticiones de prueba y error hasta que se cumplan las especificaciones determinadas.

La ley fundamental que controla los sistemas mecánicos es la segunda ley de Newton, que se aplica a cualquier sistema mecánico.

$$C(s) = K_p + \frac{I}{s} + \frac{Ds}{D s^2 + K_p s + K_I}$$

Donde: K_p =Ganancia proporcional, I =Ganancia Integral y D =Ganancia Derivativa.

Un lazo de control general que emplea mecanismo de retroalimentación negativa es el siguiente:

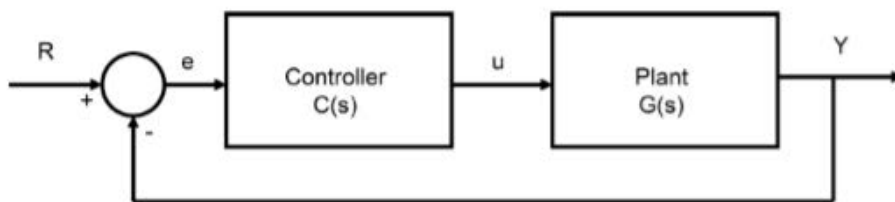
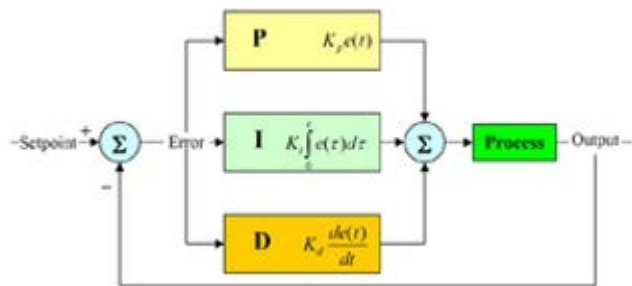


Figure 1: Sistema básico de lazo de control cerrado.

Aquí, el error de seguimiento (e), que es la diferencia entre el comando de referencia (R) y la salida real (Y), se alimenta al controlador. Aquí, el modelo elegido para el experimento es uno con una realimentación unitaria. El controlador genera la señal de control (u), que se alimenta a la planta. Esta señal de control está dada por:

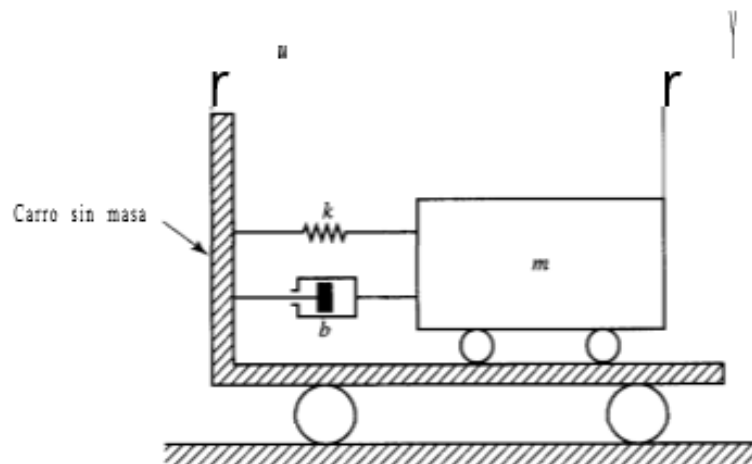
$$u(t) = K_P e + K_I \int e dt + K_D \frac{de}{dt}$$

Esta fórmula matemática para el controlador PID mencionado anteriormente se presenta a continuación en forma de un diagrama de bloques:



PRESENTACIÓN DEL CONTROLADOR REQUERIDO: SISTEMA- MASA AMORTIGUADOR

Obtener el modelo matemático del siguiente sistema masa-amortiguador



Analizando se tiene : Un amortiguador es un dispositivo que proporciona fricción viscosa o amortiguamiento. Está formado por un pistón y un cilindro lleno de aceite. El aceite resiste cualquier movimiento relativo entre la varilla del pistón y el cilindro, debido a que el aceite debe fluir alrededor del pistón (o a través de orificios en el pistón) de un lado del pistón al otro. El amortiguador esencialmente absorbe energía. Esta energía absorbida se disipa como calor y el amortiguador no almacena energía cinética ni potencial.

Los datos principales son:

- ✓ m – masa del sistema
- ✓ b – Coeficiente de Amortiguamiento
- ✓ k – Constante del resorte
- ✓ x – Desplazamiento
- ✓ F – Fuerza Aplicada

Escribiendo las ecuaciones de equilibrio de fuerzas según la segunda ley del movimiento de Newton. Obtenemos:

$$M\ddot{x} + b\dot{x} + kx = F$$

Convirtiendo la ecuación anterior para el dominio de Laplace obtenemos

$$Ms^2X(s) + bsX(s) + kX(s) = F(s)$$

La función de transferencia del sistema está dada por:

$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1}{Ms^2 + bs + k}$$

Una vez teniendo la función de transferencia se le darán valores al sistema:

$$M = 1\text{kg}$$

$$b = 10\text{N.s/m}$$

$$k = 20\text{N/m}$$

quedando de la siguiente manera:

$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1}{s^2 + 10s + 20}$$

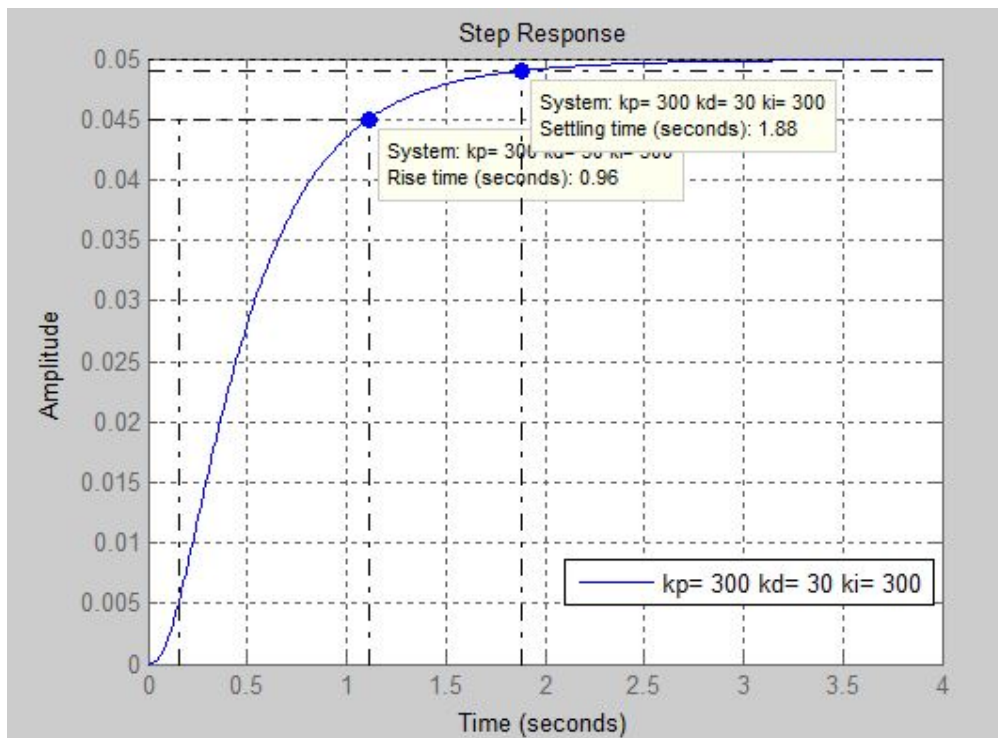
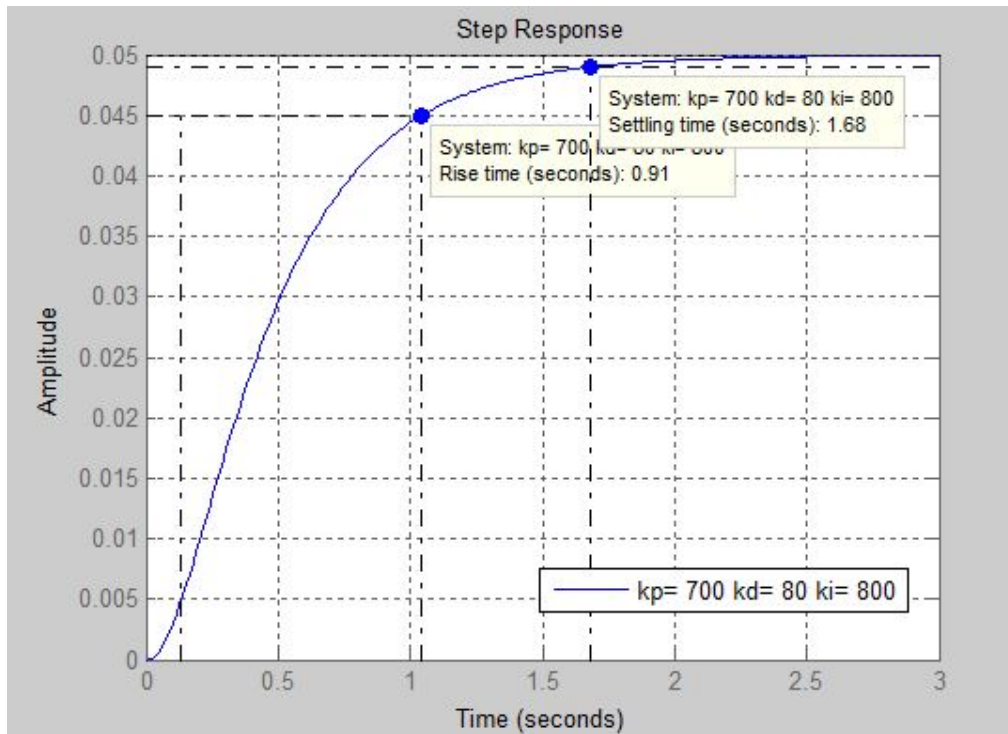
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Los factores que se van a controlar son:

1. Ganancia Proporcional (Kp)
2. Ganancia Integral (K1)
3. Ganancia Derivativa (KD)

1.- Al principio, se crea un modelo basado Matlab que incluye el código de Matlab (archivo .m) que se compila y se ejecuta para averiguar las regiones en las que el sistema es estable para un rango de valores de los tres parámetros Kp , KI y KD. La estabilidad del sistema está garantizada por la región en la que el sistema tiene un sobreimpulso pico 0% y el error de estado estacionario mínimo (especificaciones de diseño para el diseño de un controlador). A medida que se cambian los valores de los factores obtenemos un sistema que es estable dentro de dos niveles que forma el nivel inferior y el nivel superior de estos factores. Los niveles mínimo y máximo o los límites de estas cantidades se indican para que el diseño y estudio de los efectos de los parámetros se centre únicamente en una condición estricta de que el sistema es estable. MATLAB grafica la respuesta escalón y el diagrama de Bode para el sistema de control diseñado.

2.- Se medirán las especificaciones de respuesta de salida mediante la ejecución de la secuencia de comandos de MATLAB (archivo .m) que dará una vista gráfica de la respuesta como se muestra a continuación. Construido en las utilidades disponibles para medir las especificaciones de respuesta requeridos.



3.- Entonces, el modelo específico es una simulación por ordenador basada en un experimento determinista; se ha utilizado el método de diseño de compilación. Los diseños de compilación son particularmente apropiado para los modelos informáticos deterministas porque en general estos se propagan en puntos del diseño a cabo casi de manera uniforme o uniforme (en algún sentido) en toda la región de la experimentación o el espacio de diseño. Para el diseño de compilación, se utilizó un modelo de diseño no-replicado.

Diseño de llenar espacio

Respuestas

Agregar respuesta ▼ Quitar Número de respuestas...

Nombre de la respuesta	Objetivo	Límite inferior	Límite superior	Importancia
Tiempo de Subida (tr)	Minimizar	.	.	.
Tiempo Establecimiento (ts)	Minimizar	.	.	.

Factores

Nombre	Papel	Valores	
▲ Kp	Continuo	300	700
▲ Kd	Continuo	30	80
▲ Ki	Continuo	300	800

Usando la herramienta de diseño de compilación en JMP: Respuestas, factores y sus niveles fueron incorporados para obtener la matriz de diseño. La elección del diseño corridas / puntos depende de la voluntad del experimentador. Mejor precisión se puede lograr tomando más puntos de diseño. Para este modelo, debido a tres factores, se toman treinta carreras. Las pistas son completamente al azar por el software en sí. Las carreras de diseño siempre son aleatorios independientemente a una misma entrada de datos con respecto a los niveles de los factores. Las capturas de pantalla muestran una variabilidad típica de diseño en simulación con los mismos factores y rango de nivel de factor predefinido.

	Kp	Kd	Ki	Tiempo de Subida (tr)	Tiempo Establecimient...
1	437.93103448	67.931034483	765.51724138	0.905	1.63
2	479.31034483	52.413793103	731.03448276	0.903	1.65
3	575.86206897	73.103448276	800	0.908	1.66
4	410.34482759	54.137931034	386.20689655	0.95	1.83
5	327.5862069	71.379310345	437.93103448	0.956	1.73
6	562.06896552	30	403.44827586	0.931	1.84
7	300	62.75862069	679.31034483	0.903	1.57
8	368.96551724	40.344827586	300	0.965	1.93
9	465.51724138	69.655172414	334.48275862	0.963	1.92
10	341.37931034	48.965517241	782.75862069	0.929	1.71
11	313.79310345	47.24137931	472.4137931	0.928	1.69
12	548.27586207	64.482758621	644.82758621	0.917	1.7
13	617.24137931	35.172413793	575.86206897	0.915	1.74
14	396.55172414	57.586206897	558.62068966	0.922	1.68
15	672.4137931	42.068965517	420.68965517	0.93	1.84
16	382.75862069	76.551724138	627.5862069	0.923	1.64
17	506.89655172	74.827586207	506.89655172	0.936	1.76
18	493.10344828	43.793103448	593.10344828	0.912	1.69
19	658.62068966	80	541.37931034	0.929	1.77
20	520.68965517	45.517241379	317.24137931	0.951	1.95
21	644.82758621	59.310344828	368.96551724	0.941	1.89
22	534.48275862	55.862068966	489.65517241	0.943	1.77
23	631.03448276	50.689655172	662.06896552	0.914	1.71
24	603.44827586	78.275862069	351.72413793	0.95	1.92
25	589.65517241	36.896551724	748.27586207	0.902	1.67
26	424.13793103	33.448275862	455.17241379	0.926	1.76
27	355.17241379	38.620689655	610.34482759	0.901	1.65
28	686.20689655	66.206896552	696.55172414	0.914	1.71
29	451.72413793	31.724137931	713.79310345	0.895	1.65
30	700	61.034482759	524.13793103	0.925	1.78

La variabilidad y la asignación al azar en los funcionamientos se pueden observar claramente a partir de las cifras anteriores para la misma entrada de datos. Los puntos de diseño se seleccionan de la matriz de diseño (plataforma JMP) y el conjunto respectivo de ejecución se lleva a cabo en el modelo basado en MATLAB para obtener las especificaciones de respuesta de salida correspondiente en términos de tiempo de subida y el tiempo de establecimiento. De esta manera, para cada ejecución (con valores de KP, KI y KD), podemos obtener todos los treinta puntos del diseño con las respuestas correspondientes. La siguiente sección da detalles de las especificaciones de respuesta obtenidos a partir del modelo de MATLAB.

4.- Respuestas obtenidas a través de Matlab

Kp	Kd	Ki	Tiempo de Subida (tr)	Tiempo Establecimiento (ts)
437.93103448	67.931034483	765.51724138	0.905	1.63
479.31034483	52.413793103	731.03448276	0.903	1.65
575.86206897	73.103448276	800	0.908	1.66
410.34482759	54.137931034	386.20689655	0.95	1.83
327.5862069	71.379310345	437.93103448	0.956	1.73
562.06896552	30	403.44827586	0.931	1.84
300	62.75862069	679.31034483	0.903	1.57
368.96551724	40.344827586	300	0.965	1.93
465.51724138	69.655172414	334.48275862	0.963	1.92
341.37931034	48.965517241	782.75862069	0.929	1.71
313.79310345	47.24137931	472.4137931	0.928	1.69
548.27586207	64.482758621	644.82758621	0.917	1.7
617.24137931	35.172413793	575.86206897	0.915	1.74
396.55172414	57.586206897	558.62068966	0.922	1.68
672.4137931	42.068965517	420.68965517	0.93	1.84
382.75862069	76.551724138	627.5862069	0.923	1.64
506.89655172	74.827586207	506.89655172	0.936	1.76
493.10344828	43.793103448	593.10344828	0.912	1.69
658.62068966	80	541.37931034	0.929	1.77
520.68965517	45.517241379	317.24137931	0.951	1.95
644.82758621	59.310344828	368.96551724	0.941	1.89
534.48275862	55.862068966	489.65517241	0.943	1.77
631.03448276	50.689655172	662.06896552	0.914	1.71
603.44827586	78.275862069	351.72413793	0.95	1.92
589.65517241	36.896551724	748.27586207	0.902	1.67
424.13793103	33.448275862	455.17241379	0.926	1.76
355.17241379	38.620689655	610.34482759	0.901	1.65
686.20689655	66.206896552	696.55172414	0.914	1.71
451.72413793	31.724137931	713.79310345	0.895	1.65
700	61.034482759	524.13793103	0.925	1.78

Tabla completa de Diseño de llenar espacio de JMP con los niveles de factores, recordando que los rangos de las ganancias son:

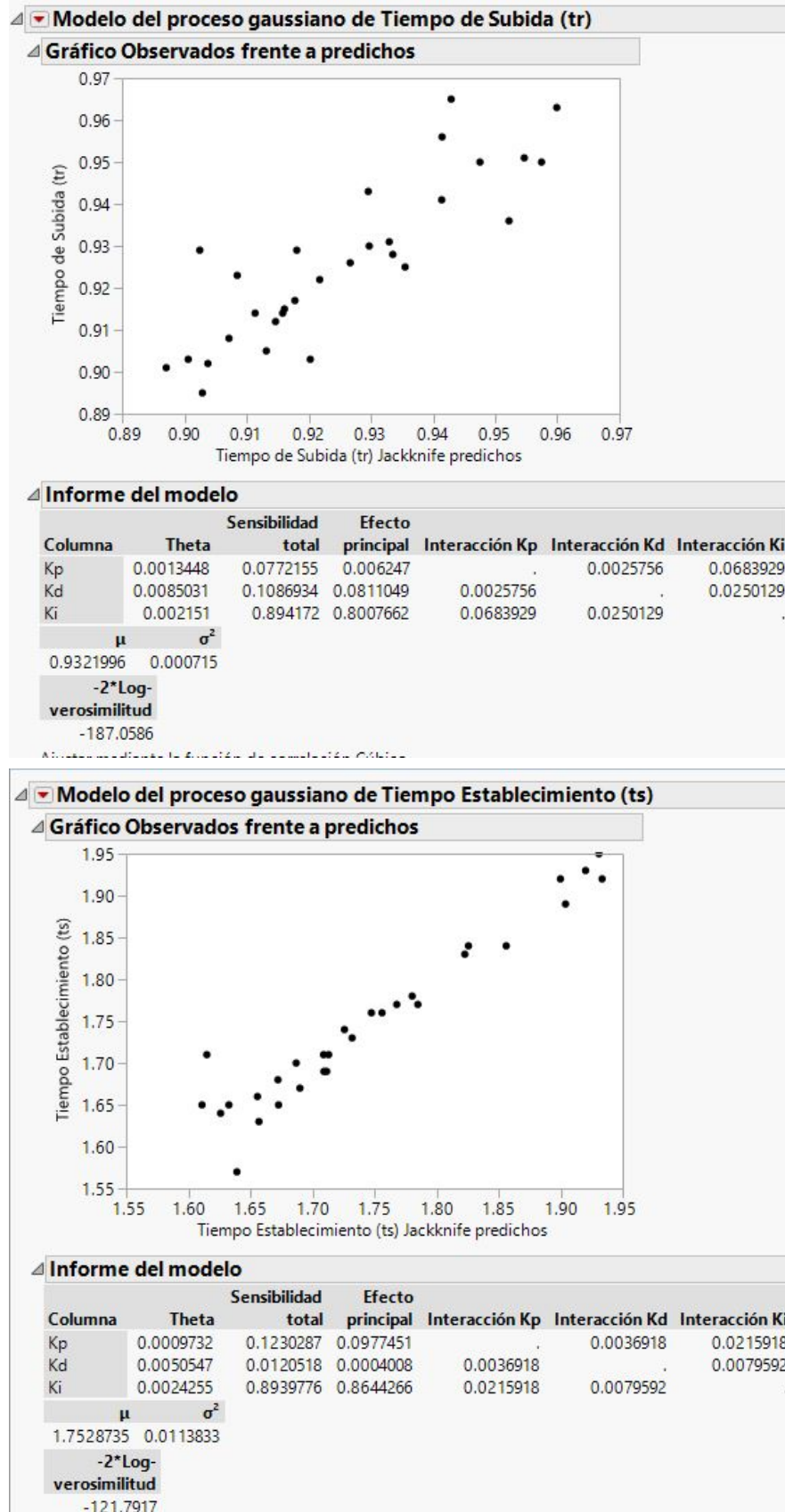
Kp [300><700]

Kd [30><80]

Ki [300><800]

Los valores obtenidos de evaluar tales valores en la función de transferencia en MATLAB son las columnas “Tiempo de subida (tr)” y “Tiempo de establecimiento (ts)”.

Las pantallas usando el Modelado de Proceso Gaussiano son las siguientes:



CONCLUSION

Retomar los temas centrales de un control de proceso aplicado es lo que se obtuvo como base para la realización de este análisis derivado de las funciones de transferencias que pueden ser analizadas no tan solo de forma cuantitativa y manual si no que a través de un programa como MATLAB se pueden obtener los datos para poder verificar los mismos una vez terminado el proceso matemático así como para obtener su funcionamiento a través de un modelo exacto extraído de un JMP ya que es una herramienta de la cual se pueden obtener muchas ventajas, una de ellas es la ejecución del proceso de tal manera que se aproxime a la exactitud y que mejor que una aplicación de un sistema PID.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Benjamin C Kuo and Farid Golnaraghi, "Automatic Control System", Wiley Student Edition

Katsuhiko Ogata, "Ingeniería de Control Moderna", Prentice Hall Edition

Douglas C Montgomery, "Design and Analysis of Experiments", John Wiley & Sons, Inc.

Instrumentación Básica de Procesos Industriales, "Setting the Standard or Automation".

http://wwwdsa.uqac.ca/~rbeguena/Systemes_Asservis/PID.pdf

http://en.wikipedia.org/wiki/PID_controller

<http://auto-controls.blogspot.com/2009/06/what-is-pid-controller-and-tuning.html>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Controller_\(control_theory\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Controller_(control_theory))

http://en.wikipedia.org/wiki/Transient_response

<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/7438>

<http://www.engin.umich.edu/group/ctm/PID/PID.html>

SIMULACIÓN MEDIANTE ANSYS DEL PROCESO DE CONVERSIÓN FOTO-TÉRMICA EN EL TUBO ABSORBEDOR DE UN COLECTOR CILINDRO PARABÓLICO

JUAN JOSÉ MARÍN HERNANDEZ¹, JORGE LUIS ARENAS DEL ANGEL², JORGE ARTURO DEL ÁNGEL RAMOS³, ADRIANA FABIOLA TELLO ANDRADE⁴, PEDRO DARIO BARRADAS DOMÍNGUEZ⁵, GUSTAVO LEYVA RETURETA⁶

RESUMEN

El presente trabajo consiste en realizar la simulación del comportamiento térmico e hidrodinámico mediante CFD del tubo absorbedor modelo PTR 70 de la marca Schott con modelo de espejo reflector RP3 de marca Flabeg de un colector cilindro-parabólico haciendo uso del software ANSYS con la finalidad de analizar el proceso de conversión fototérmico que se lleva a cabo. Se realiza un análisis bidimensional de un dominio computacional con una malla estructurada de 48 000 celdas cuadriláteras y con una malla refinada en las paredes del tubo de 128 000 celdas, así como un modelo de turbulencia k- ϵ en su modalidad estandar con tratamiento especial en las paredes. Se analizan diversos fluidos de trabajo como aceite térmico, sales fundidas HITEC, agua y CO₂. El recurso solar será considerado como el promedio de las horas pico del mes de promedio de radiación más alto, medido en la posición donde se desea colocar el colector. El lugar elegido es en el municipio de Perote, Veracruz en la posición 19.545 N, -97.268 O, debido a las condiciones climáticas favorables que presenta.

Palabras clave: Tubo absorbedor, colector cilindro parabólico, ANSYS, conversión fototérmica, CFD.

¹ Universidad Veracruzana / Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica.. jmarin@uv.mx

² Universidad Veracruzana / Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica. jorarenas@uv.mx

³ Universidad Veracruzana / Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica. jdelangel@uv.mx

⁴ Universidad Veracruzana / Facultad de Ingeniería Civil. ftello@uv.mx

⁵ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. pbarrada@hotmail.com

⁶ Universidad Veracruzana / Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica. guleyva@uv.mx

INTRODUCCIÓN

ENFOQUES DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE INGENIERÍA.

Al resolver muchos problemas de ingeniería asociados a la dinámica de fluidos y transferencia de calor, generalmente es necesario distinguir y utilizar tres tipos de enfoque de solución (Zikanov, 2010). El enfoque teórico: usando las ecuaciones que gobiernan estos fenómenos para encontrar soluciones analíticas. Enfoque experimental: basado en un experimento cuidadosamente diseñado utilizando un modelo del objeto real. Enfoque numérico: usando procesos computacionales para encontrar una solución.

El enfoque numérico supera al enfoque teórico y al experimental en varios aspectos importantes como: universalidad, flexibilidad, exactitud y costo, ya que se emplea la habilidad de describir casi cualquier proceso de mecánica de fluidos y transferencia de calor como la solución de un conjunto de ecuaciones diferenciales parciales (Zikanov, 2010).

Uso DE CFD.

La idea de calcular soluciones aproximadas para ecuaciones diferenciales que describen procesos de mecánica de fluidos y transferencia de calor no es algo nuevo. El desarrollo de métodos numéricos para resolver ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales comenzó en la primera mitad del siglo XX.

Sin embargo, debido al desarrollo básico de las computadoras, dicha metodología estaba limitada a problemas de relativa simplicidad.

La inversión y el subsecuente rápido desarrollo de la microelectrónica y las computadoras abrieron la maravillosa posibilidad de realizar millones de operaciones matemáticas en cuestión de segundos. Esto ocasiono un rápido crecimiento en los esfuerzos para desarrollar y aplicar nuevos métodos de simulaciones numéricas. En los últimos 20 a 30 años la revolución en la computación ha cambiado por completo el campo de la CFD. De una disciplina científica en la cual investigadores trabajaban en proyectos únicos usando códigos específicamente desarrollados, ha sido transformada en una herramienta del día a día para el diseño, optimización y análisis en la ingeniería mediante CFD.

El mercado está dividido en entre unas cuantas grandes marcas, tales como: ANSYS (FLUENT), STAR-CD, CFX, OpenFOAM y COMSOL, entre otros. Estos difieren en apariencia y capacidades pero todos ofrecen esencialmente lo mismo: soluciones numéricas a ecuaciones diferenciales parciales con modelos físicos y de turbulencia adjuntos, también módulos para la generación de mallas y el post-procesamiento de resultados (Zikanov, 2010).

MÉTODOS DE SOLUCIÓN NUMÉRICA.

El método más antiguo para la solución numérica de ecuaciones diferenciales parciales es el *método de diferencias finitas (MDF)*, este método es el más fácil de usar cuando se trata de problemas con geometrías sencillas.

Otro método es el *método de elementos finitos (MEF)*. Este método utilizado inicialmente para el análisis estructural fue introducido por Tuner et. al. en 1956, diez años después inicio su uso en la resolución de ecuaciones en el campo de medios continuos.

Otro método, probablemente el más utilizado comercialmente es el *método de volúmenes finitos (MVF)*. Inicialmente este método se desarrolló como una forma especial del MDF. Con este método se parte de la forma integral de las ecuaciones de conservación. El dominio computacional creado para el problema es dividido en volúmenes de control pequeños y finitos en los cuales las ecuaciones son resueltas (J. Xamán et al., 2015).

Este método es recomendado para geometrías complejas y a diferencia del MDF este si es conservativo, también es quizá el más fácil de entender y ejecutar; es utilizado en los paquetes comerciales tales como PHOENICS, ANSYS (Fluent), FLOW3D Y STAR-CD (J. Xamán et al., 2015).

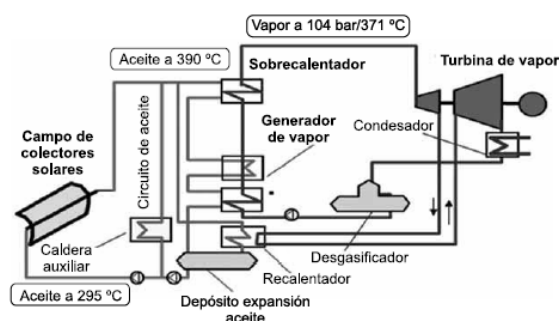
TUBOS ABSORBEDORES DE CCP.

Una de las maneras de aprovechar el recurso solar es utilizando las plantas solares de colectores cilindro-parabólicos, tecnología que está ganando cada vez más terreno e importancia en la actualidad.

En las aplicaciones de media temperatura el subsistema de captación se compone generalmente por colectores que constan de un sistema de concentración. Estos concentran la radiación solar que incide sobre la superficie captadora en un receptor de superficie muy pequeña. De este modo estos sistemas son capaces de generar con un gran rendimiento con temperaturas de hasta 400°.

Una planta convencional CCP basa su funcionamiento en el calentamiento del fluido calo-transportador. El funcionamiento de una planta solar de media temperatura se presenta en la figura 1 y pueden nombrarse 3 pasos básicos: El campo solar calienta aceite (HTF); el aceite se calienta agua para generar vapor; y el vapor se mueve una turbina para generar electricidad.

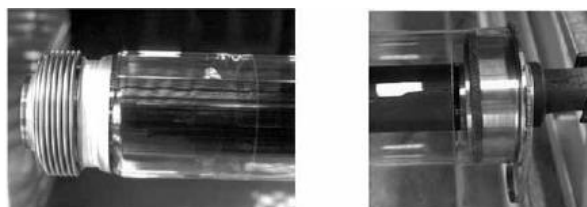
Figura 1. Planta HTF.



Un colector cilindro parabólico funciona a partir de un principio relativamente sencillo y físicamente puede que no genere muchas interrogantes en cuanto a su composición y funcionamiento, sin embargo, es una tecnología algo compleja que requiere de diversos componentes y subsistemas (Carta *et. al.*, 2009). Los principales componentes de un CCP son el reflector cilindro-parabólico, tubo absorbente, sistema de seguimiento solar y estructura metálica.

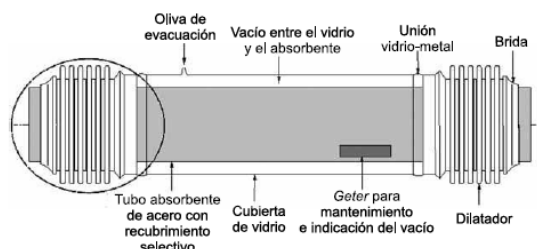
Del tubo absorbedor depende en gran medida el rendimiento global del colector y en consecuencia del ciclo de potencia en general. El tubo absorbedor (figura 2 y 3), es uno de los elementos fundamentales de todo CCP, generalmente consta de un par de tubos concéntricos. El tubo interno casi siempre es de acero y el externo de cristal, por el tubo interno circula el fluido térmico mientras que el exterior se encuentra sellado al vacío.

Figura 2 Tubos de colector cilindro parabólico.



Por lo general los tubos tienen una longitud de 4 metros, una absorptividad es del 95% y una emisividad del 12% a 350°C. En el mercado se encuentran otros tipos de tubo más sencillos, estos son adecuados para aplicaciones que no requieran temperaturas mayores a 300°C (Carta *et al.*, 2009).

Figura 3 Esquema de un tubo absorbedor típico de un colector cilindro-parabólico.



En un país que posee un alto recurso solar como México, profundizar en este tipo de tópicos es de gran relevancia. La demanda de energía eléctrica es cada vez mayor y el impacto adverso de los procesos de obtención en el medio ambiente son cada vez más evidentes. La energía térmica solar de un sistema de colectores cilindro-parabólicos presenta grandes ventajas en este aspecto sobre la energía producida a partir de hidrocarburos. Es por ello que el desarrollo de este trabajo entre otros forma parte del gran esfuerzo que hoy en día se hace para tener más y mejores tecnologías de aprovechamiento energético.

Diseñar y optimizar sistemas térmicos sin tener necesariamente que invertir grandes cantidades de recursos en la fabricación de prototipos o en la realización de pruebas destructivas, es una de las mayores ventajas de la CFD. La adecuada ejecución de simulaciones con CFD permite predecir cómo se comportará un proceso y prever posibles fallas, sin necesidad de utilizar grandes recursos materiales o humanos. El

objetivo del presente trabajo es demostrar la utilidad de los CFD en el análisis de un sistema como un colector cilindro parabólico simulando su comportamiento térmico e hidrodinámico. Se predice el comportamiento y rendimiento que presentara el tubo absorbedor utilizando diversos fluidos de trabajo.

METODOLOGÍA.

SIMULACIÓN DE TUBO ABSORBEDOR.

La simulación mediante CFD se realiza en el tubo absorbedor de un colector cilindro parabólico, donde se analiza el proceso de conversión foto-térmica. Con el fin de simplificar el análisis se realizarán las siguientes consideraciones:

- Solo se analiza la transferencia de calor por convección, considerando que es uniforme y constante en toda la superficie del tubo absorbedor.
- El flujo de calor considerado es un promedio de las horas de más alta radiación en el día en el mes con el promedio de radiación más alto medido en el lugar elegido para posicionar el colector.
- Cualquier tipo de pérdida se desprecia.
- El espesor del tubo absorbedor de acero, así como del tubo de vidrio al vacío se desprecian.

El análisis se realiza de manera bidimensional, por lo cual se trata de una simulación de forma axiasimétrica.

La malla es del tipo estructurada de celdas cuadriláteras refinada en la región cercana a la pared. El modelo de turbulencia utilizado es el k- ϵ en su modalidad estándar y con tratamiento especial en las paredes. Se realiza la simulación con diferentes fluidos de trabajo siendo las únicas variantes las propiedades de estos.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Se considera para el análisis tanto el espejo reflector como el tubo absorbedor del tipo comercial, los cuales son utilizados en la gran mayoría de las instalaciones de colectores cilindro-parabólicos.

Las especificaciones del tubo absorbedor necesarias para la simulación se muestran a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1 Especificaciones técnicas tubo absorbedor.

Parámetro	Cantidad
Diámetro	0.050 m
Largo	4.06 m
Material	Acero DIN 1.4541 (AISI 321)
Área (sección transversal)	0.001963 m ²
Rugosidad (ϵ)	0.002 mm

Las especificaciones necesarias de los espejos captadores se muestran a continuación en la tabla 2.

Tabla 2. Especificaciones técnicas espejos.

Parámetro	Cantidad
Ancho espejo interno	1.700 m
Ancho espejo externo	1.700 m
Largo espejo interno	1.641 m
Largo espejo externo	1.501 m
Área espejo interno	2.790 m ²
Área espejo externo	2.670 m ²
Abertura	5.774 m ²

El recurso solar se considera como el promedio de las horas pico del mes de radiación promedio más alto en la posición donde se desea instalar hipotéticamente el colector. El lugar elegido es en el municipio de Perote, Veracruz en la posición 19.545 N, - 97.268 O. Dicha posición fue elegida por las condiciones climáticas favorables que presenta. A lo largo del año posee casi todo el tiempo cielos despejados con un alto nivel de radiación solar.

Se consultó la estación meteorológica automática de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) que tiene la misma posición que se utilizará para la simulación. Sin embargo, también fue consultada la base de datos NASA Surface meteorology and Solar Energy, lo cual arroja una radiación de 613.3 W/m², y considerando el área de los espejos arroja 15 403.64 W.

El fluido térmico a utilizar es el Therminol VP-1 ya que es uno de los más utilizados en plantas de generación de energía a partir de colectores cilindro-parabólicos alrededor del mundo. Se trata de una mezcla de bifenilo y óxido-difenilo. Este aceite resulta ideal para temperaturas de 12 °C a 400 °C en fase líquida y de 260 °C a 400 °C en fase de vapor. En la tabla 3 se muestran las características principales del aceite térmico necesarias para la simulación.

Tabla 3. Propiedades de Therminol VP-1 en fase líquida a 200 °C.

Propiedad	Valor
Densidad ρ	915.36 kg/m ³
Viscosidad μ	0.0004018 kg/m•s
Calor específico C_p	2040 J/kg•K
Conductividad térmica K	0.1141 W/m•K

Los datos tales como la presión, flujo másico y temperatura de operación típicas de plantas con capacidad de 50 MW operando en ciclo Brayton serán tomados para esta simulación. En la tabla 4 se presentan los datos de operación del colector que se utilizan en la simulación.

Tabla 4. Temperatura, presión y flujo másico típicos de una planta de CCP's de 50 MW.

Propiedad	Valor
Presión	20 MPa.
Temperatura de entrada	200 °C (473 K)
Flujo másico	1.5 kg/s

PRE-ANÁLISIS

La simulación se realiza de manera bidimensional mediante ANSYS 15.0 el proceso de transferencia de calor por convección que tiene lugar en el tubo absorbedor comercial. El flujo de calor considerado para la simulación será el captado por toda el área reflectante de espejos de uso comercial.

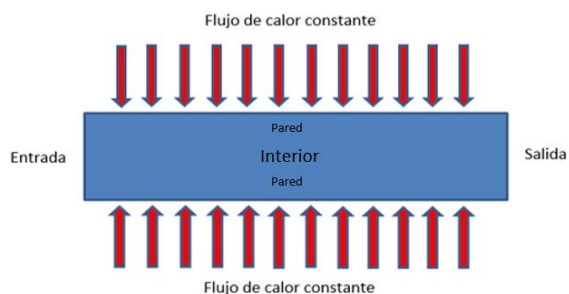
Un resumen de los datos que son introducidos en la herramienta ANSYS FLUENT para la simulación se muestra a continuación en la tabla 5.

Tabla 5. Resumen de datos a introducir en FLUENT para realizar la simulación.

Parámetro	Valor
Diámetro tubo absorbedor	0.05 m
Largo tubo absorbedor	4.06 m
Densidad Therminol VP-1	915.36 kg/m ³
Viscosidad Therminol VP-1 (μ)	0.0004018 kg/m•s
Calor específico Therminol VP-1 (C_p)	2040 J/kg•K
Conductividad térmica Therminol VP-1 (K)	0.1141 W/m•K
Temperatura de entrada	200 °C (473 K)
Presión de salida	19 998 320.8 Pa
Velocidad de entrada	0.834 m/s
Presión de operación	20 MPa.
Flujo de calor	15 403.64 w/m

En la figura 4 se muestra un esquema que representa el comportamiento del flujo de calor en la sección transversal del tubo absorbedor.

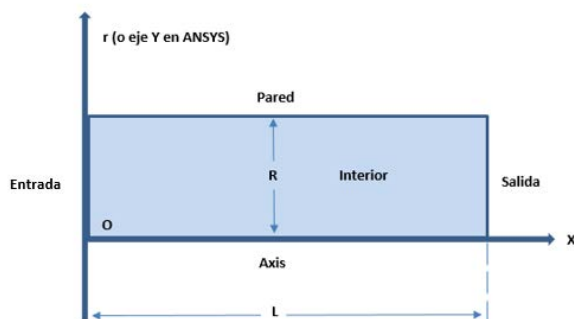
Figura 4. Esquema que muestra sección transversal del tubo absorbedor.



Para la simulación se modela un dominio rectangular. Es decir, se asumirá que el calor se aplica de modo axisimétrico.

También se pueden identificar las fronteras que deberán ser especificadas en FLUENT, la entrada, la salida, la pared, el interior de la tubería y el eje axisimétrico. En la figura 5, la variable R representa el radio del tubo absorbedor y L la longitud de este mismo.

Figura 5. Esquema del dominio en análisis axisimétrico.

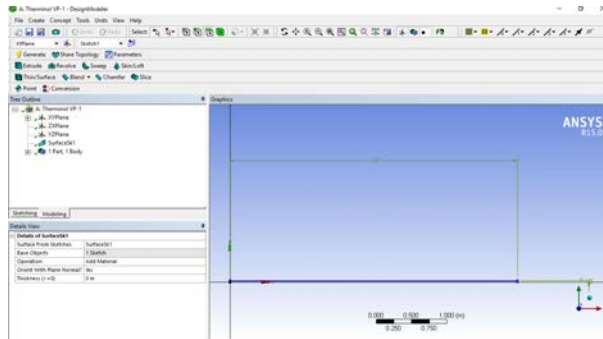


DOMINIO.

Se utiliza la herramienta *Design Modeler* para modelar el dominio a estudiar. Al tratarse de un análisis axisimétrico de una tubería, este paso se facilita mucho pues sólo se requiere de un rectángulo con las dimensiones del tubo absorbedor, con la única excepción de que solo se tomara un ancho igual al radio del tubo.

La figura 6 muestra el dominio computacional en 2D. Se trata de un rectángulo de dimensiones 4.06 m de largo y 0.025 m de altura.

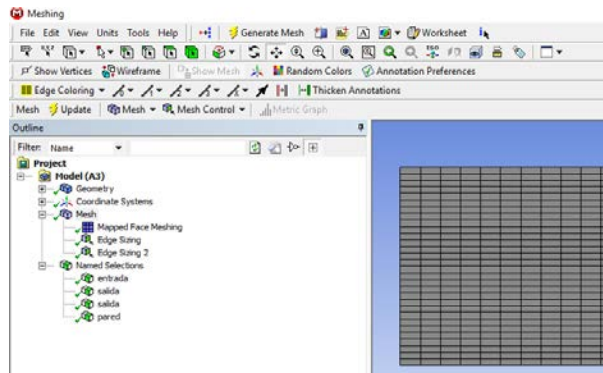
Figura 6. Dominio computacional.



ENMALLADO.

En primera instancia se crea una malla estructurada de 1600x30 celdas sin ningún tipo de tratamiento especial en las paredes. El total de celdas del dominio es de 48,000. La figura 7 muestra parte del dominio enmallado.

Figura 7. Vista de sección de enmallado.



PRE-PROCESAMIENTO.

Para establecer las propiedades físicas de los materiales, las condiciones de frontera, el tipo de análisis y el modelo de turbulencia a utilizar se hace uso de la herramienta FLUENT de ANSYS iniciando el *Setup*.

Una vez que FLUENT ha cargado por completo lo primero a realizar es revisar que la calidad de la malla sea la adecuada y que las regiones determinadas en *Meshing* aparezcan correctamente ubicadas en FLUENT. La figura 8 muestra los parámetros de calidad de la malla del dominio computacional, se obtiene una ortogonalidad ideal de 1.0 y una relación de aspecto de 2.39.

Figura 8. Parámetros de calidad de malla.

Mesh Quality:				
Orthogonal Quality ranges from 0 to 1, where				
Minimum Orthogonal Quality = 1.00000e+00				
Maximum Aspect Ratio = 2.39387e+00				
Mesh Size				
Level	Cells	Faces	Nodes	Partitions
0	48000	97630	49631	1
1 cell zone, 5 face zones.				

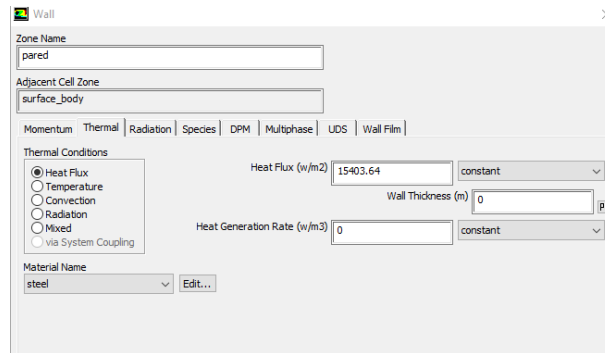
Para establecer los modelos matemáticos se selecciona el apartado de *Models*. Se activa la ecuación de la energía, ya que al ser un proceso con transferencia de calor, es necesaria. También se debe declarar el análisis como turbulento y elegir el modelo de turbulencia a utilizar como el modelo k- ϵ en su modalidad estándar. Se debe especificar que se utilizara este modelo en su forma estándar y en el apartado de *Near Wall Treatment* se selecciona la opción *Enhanced Wall Treatment* con el fin de tener un análisis más detallado en la pared de la tubería. En las opciones de *Enhanced Wall Treatment* se seleccionara los efectos térmicos y los efectos viscosos ya que ambos nos interesan.

Se procede ahora a introducir las propiedades de los fluido térmicos a utilizar, para ello el apartado *Materials* es seleccionado.

Para establecer las condiciones de frontera se selecciona la opción *Boundary Conditions*. Al hacer esto en el lado derecho aparecerán las zonas creadas en *Meshing*. Para cada una de estas deberán especificarse el tipo de frontera y sus propiedades.

Ahora se establece el tipo de frontera para la zona llamada pared. FLUENT probablemente la configuro automáticamente como tipo *Wall*, lo cual es correcto ya que se trata de la pared del tubo absorbedor. En la opción *Edit* se introduce el flujo de calor en la pestaña *Thermal* (figura 9).

Figura 9. Configuración de frontera de pared.

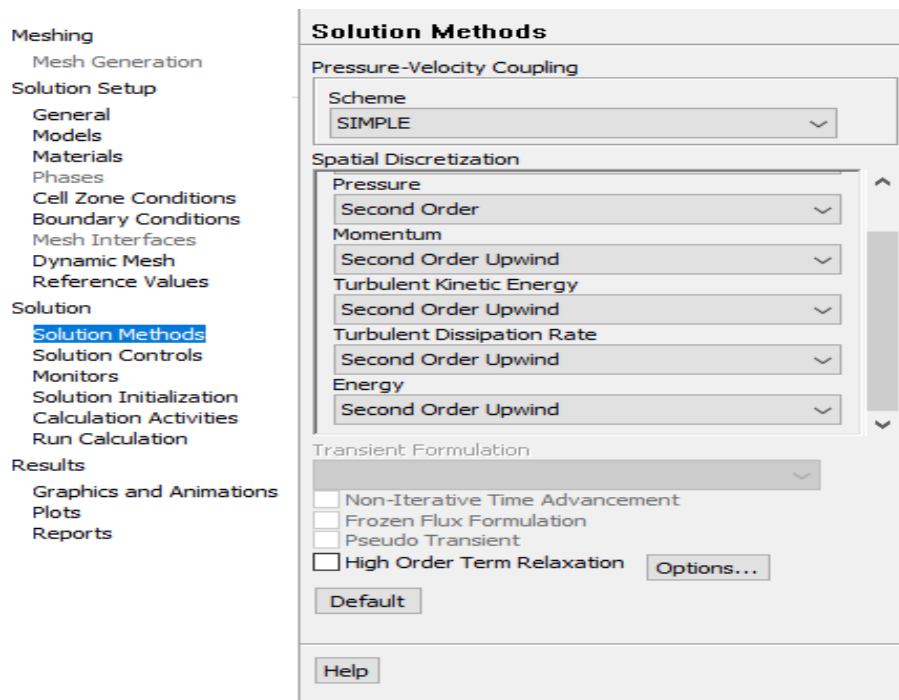


MÉTODO Y CONFIGURACIÓN PARA LA SOLUCIÓN.

Aquí se establecen los métodos de solución a utilizar. Para el presente análisis se utiliza la discretización de segundo orden. Esto debido a que el error que este método presenta es del orden del cuadrado del espaciamiento de la malla. Esta característica lo hace más preciso, sin embargo, también lo hace menos estable que la discretización de primer orden.

En el apartado *Spatial Discretization* (figura 10), es donde para la presión, la ecuación de cantidad de momento, la ecuación de la energía, la ecuación de energía cinética turbulenta y la ecuación de razón de disipación turbulenta se activa la discretización en Second Order Upwind.

Figura 10. Configuración de método de solución.



Se debe fijar el criterio de convergencia en el apartado *Equations* a un valor de 0.001 para todos los residuales.

El tipo de inicialización se para este ejemplo se hará de manera estándar, es decir, basado en los valores que se introdujeron en FLUENT.

Para asegurar llegar al resultado deseado con la exactitud y cumplir con el criterio de convergencia establecido es recomendable introducir un alto número de iteraciones para asegurar que la solución alcance la convergencia. En este ejemplo se ha establecerá un límite de 5 000 iteraciones,

Se observa de la figura 11 que el problema converge en la iteración 1 381. Asimismo en la figura 12 se observa la gráfica de convergencia de los principales parámetros.

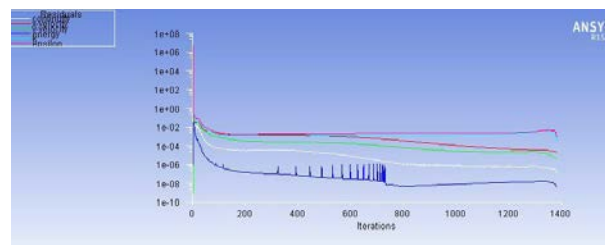
Figura 11. Iteraciones durante convergencia.

ANSYS Fluent 15.0 (x64, dp, gbni, ssa)

1369	3.5761e-07	2.7689e-05	7.8543e-06	1.1167e-08	2.9530e-03	3.9771e-03	3:53:29	3631
1370	3.4099e-07	2.7185e-05	6.8405e-06	1.8698e-08	1.9188e-03	4.7881e-03	3:55:17	3638
1371	3.2343e-07	2.6827e-05	6.5906e-06	1.8195e-08	1.7782e-03	4.6914e-03	3:56:26	3629
1372	3.4788e-07	2.6392e-05	6.3714e-06	1.8628e-08	1.6658e-03	5.0525e-03	3:57:28	3628
1373	3.3551e-07	2.5978e-05	6.4805e-06	9.5291e-09	1.4881e-03	4.7832e-03	4:18:22	3657
1374	3.5892e-07	2.5539e-05	5.6877e-06	9.6182e-09	1.3498e-03	4.1768e-03	3:56:38	3626
1375	3.5485e-07	2.5827e-05	5.2403e-06	8.7174e-09	1.1654e-03	3.8212e-03	3:57:29	3625
Iter continuity x-velocity y-velocity energy k epsilon time/iter								
1376	3.2464e-07	2.4554e-05	5.1228e-06	7.7238e-09	9.9947e-04	2.8611e-03	3:58:15	3624
1377	3.8185e-07	2.3721e-05	4.8728e-06	7.1417e-09	8.5845e-04	3.6678e-03	3:58:51	3623
1378	2.4809e-07	2.2191e-05	4.5539e-06	5.9372e-09	6.8259e-04	3.8817e-03	3:47:15	3622
1379	2.2145e-07	2.2658e-05	4.3494e-06	6.1832e-09	5.5365e-04	1.7886e-03	3:58:02	3621
1380	1.8956e-07	2.2161e-05	4.2114e-06	5.3174e-09	4.1927e-04	1.9588e-03	3:52:15	3620
1381	1.4805e-07	2.2183e-05	4.1945e-06	4.4091e-09	3.3586e-04	8.6415e-04	3:54:08	3619

1381 solution is converged

Figura 12. Gráfica de convergencia.



RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Se habilita la herramienta CFD-Post que permite visualizar los resultados buscados.

Los parámetros analizados se mencionan en la siguiente relación.

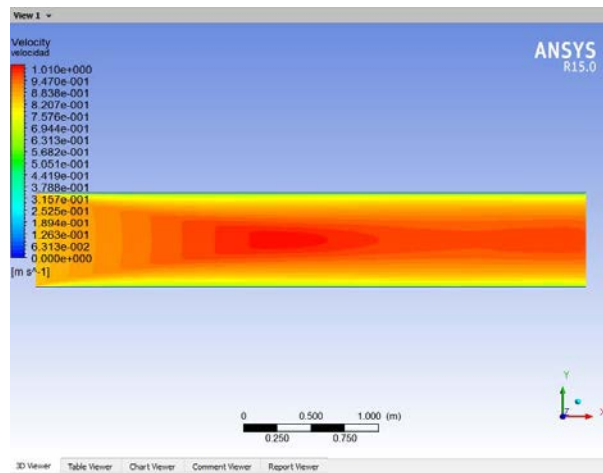
- Vectores de velocidad
- Contornos de presión
- Contornos de temperatura
- Grafica del desarrollo de la temperatura en la pared de la tubería
- Perfil de temperatura a la salida del tubo
- Perfil de velocidad a la salida del tubo
- Grafica de la variación de la presión en dirección axial

- Perfil de velocidad en el centro de la tubería
- Contornos de velocidad
- Grafica del desarrollo de la temperatura en el centro de la tubería

Por cuestión de espacio se seleccionaron los parámetros que a juicio de los autores son los más importantes.

En la figura 13 se puede ver claramente en código de colores el gran gradiente de velocidad en las paredes debido a la naturaleza de la capa límite. También se contempla un comportamiento normal en cuanto al desarrollo del flujo turbulento dentro del tubo absorbedor. En la entrada se tiene una velocidad uniforme que se ve afectada rápidamente por la presencia de las paredes del tubo. Al ser un flujo turbulento y al estarse mezclando constantemente las capas de fluido la capa límite crece rápidamente y el núcleo inviscido se ve reducido conforme la capa viscosa va aumentando hasta que el flujo se muestra completamente desarrollado en un punto un poco más delante de la mitad del tubo absorbedor. Una vez desarrollado el flujo, se tiene un gradual descenso en la velocidad. El comportamiento de la velocidad se podrá visualizar más detalladamente en graficas mostradas más adelante

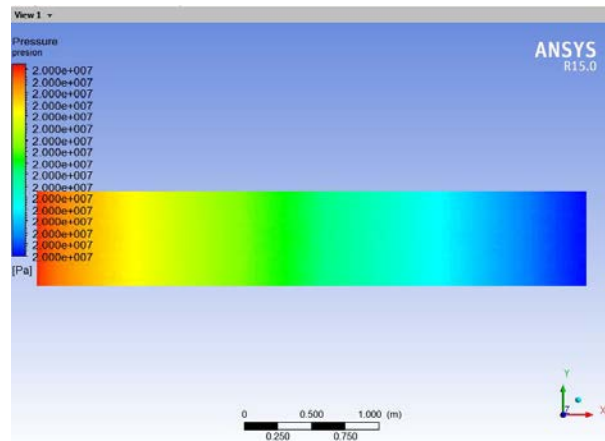
Figura 13. Contornos de velocidad.



La caída de presión experimentada en el tubo absorbedor es muy reducida, su valor es de sólo 1679.2 Pa, tal y como se observa en la figura 14. Los contornos de presión lo confirman pues a pesar de que se muestra un contraste de colores grande el indicador de cantidad indica que no es un cambio significativo. Sin embargo, hay que recordar

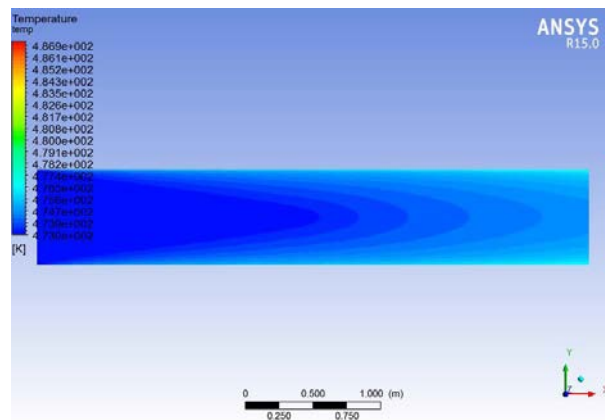
que esta es solo una sección de 4.06 m de largo y que un campo solar real está conformado por miles de metros de tuberías, accesorios, codos y válvulas que aumentan considerablemente la caída de presión en el sistema. Es por ello que día a día se busca tener fluidos térmicos y configuraciones de tuberías y campos solares con características tales que el sistema de bombeo no tenga que compensar grandes caídas de presión, para evitar el aumento del consumo de energía y en consecuencia los costos de producción.

Figura 14. Contornos de presión.



Una de las variables más interesantes es la temperatura, su comportamiento será visualizado mediante varios gráficos. En la figura 15 se muestran los contornos de temperatura obtenidos.

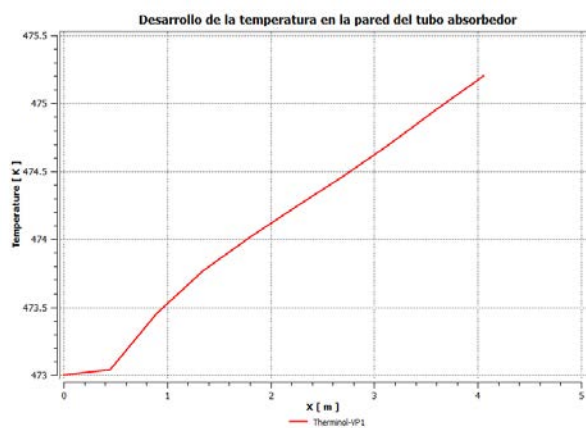
Figura 16. Contornos de temperatura.



Aparentemente no existe un cambio notable en la temperatura. Pero se debe prestar atención a la escala de colores ya que en la parte final del tubo absorbedor se tienen valores de alrededor de 475 K cuando nuestra temperatura de entrada fue de 473 K. Esto significa que se tuvo un $\Delta T=2$ en tan solo 4.06 m de tubería. Nuevamente hay que considerar que un campo solar se compone de varios cientos o miles de tubos absorbedores.

La figura 16 muestra la temperatura en la pared del tubo absorbedor.

Figura 16. Desarrollo de temperatura en la pared del tubo.



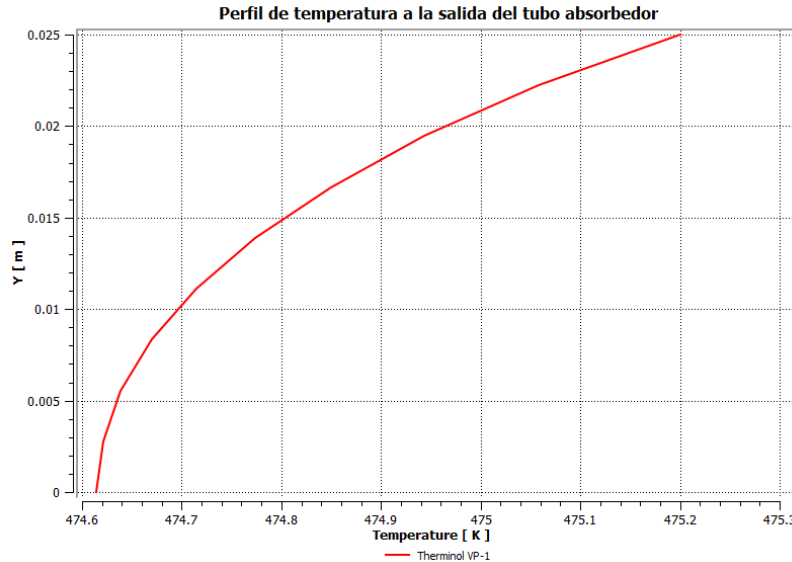
En la figura 16 se muestra que en los primeros 50 cm del tubo absorbedor el aumento en la temperatura es mínimo, logra aumentar menos de 0.2 grados. Sin embargo, a partir de estos 50 cm el aumento de temperatura se comporta de manera uniforme. Es decir, se puede ver que existe un aumento gradual de la temperatura de 0.6 grados por metro.

Sin embargo, es obvio que esta tasa de aumento en la temperatura no se da en todo aceite térmico, sino solo aquel en contacto con las paredes. Para conocer cómo se comporta el aceite térmico tanto en las zonas cercanas a la pared como en el centro de la tubería es necesario crear el perfil de la temperatura en algún punto del tubo absorbedor. Para tener los valores máximos de este perfil se creará una gráfica en donde se muestre la variación de la temperatura con respecto a la posición vertical del fluido al final de la tubería.

En la figura 17 se observa cómo el flujo de calor afecta drásticamente y en primera instancia al fluido en contacto con las paredes y cómo gradualmente su efecto va

disminuyendo hasta llegar a su valor mínimo en el centro de la tubería. Se puede ver que la temperatura máxima alcanzada en el centro de la tubería es de 474.6 K, eso es apenas 1.6 grados más que la temperatura de entrada. Esto supone una tasa de incremento de 0.3 grados por metro, es decir, la mitad de la obtenida en el fluido que está en contacto con las paredes.

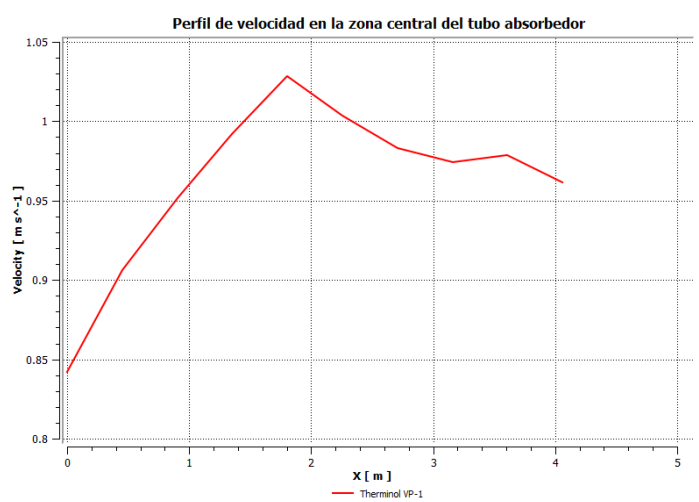
Figura 17. Perfil de temperatura a la salida del tubo.



Para visualizar el desarrollo que tiene la velocidad en la dirección axial del tubo absorbedor se tomará como referencia la línea central de este.

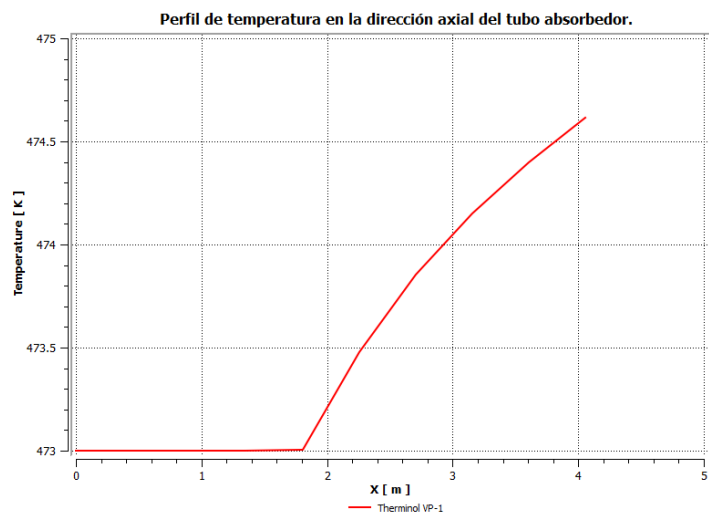
En la figura 18 se observa el punto en el que se desarrolla por completo el flujo. La velocidad aumenta de modo constante hasta los 1.8 m aproximadamente y a partir de este punto la velocidad comienza a decrecer y solo muestra un ligero aumento en un punto alrededor de los 3.5 m. Estas fluctuaciones se deben probablemente a la naturaleza turbulenta del flujo y a los efectos que el flujo de calor tiene sobre la viscosidad del aceite térmico.

Figura 18. Perfil de velocidad en el centro del tubo.



También se analiza en el centro del tubo absorbedor el comportamiento de la temperatura a lo largo del eje longitudinal de la tubería. Esto se realiza creando una nueva gráfica que se llamará *Perfil de temperatura en la dirección axial del tubo absorbedor* como se muestra en la figura 19.

Figura 19. Perfil de temperatura en la dirección axial del tubo.



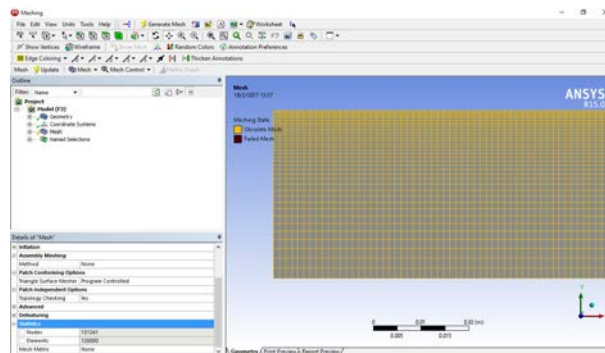
Como se observa en los contornos de temperatura, la temperatura se mantiene constante hasta los 1.8 m aproximadamente, misma distancia en la que el perfil de velocidad termina de desarrollarse. A partir de este punto la temperatura empieza a incrementar de manera constante hasta alcanzar los 474.6 K. Puede verse que esta es la zona donde el flujo de calor ocasiona el menor aumento de temperatura.

VARIANTES AL PROBLEMA ORIGINAL.

REFINAMIENTO DE MALLA.

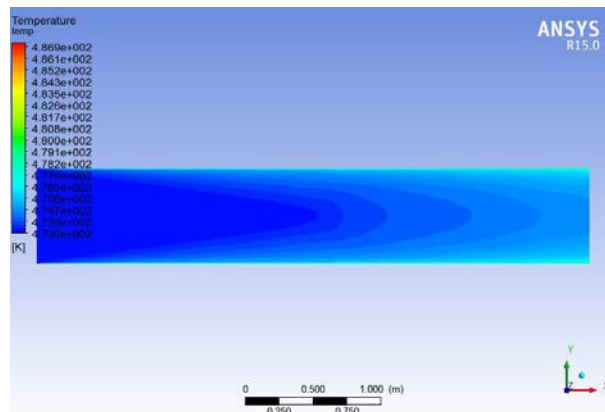
Con el fin de dar respaldo a los resultados obtenidos utilizando una malla estructurada, el mismo dominio será analizado con una malla refinada en las regiones cercanas a las paredes. Esta malla tendrá una dimensión de 3,200 celdas en dirección axial y 40 en dirección radial, es decir 128,000 celdas totales. Se utiliza un factor bias de 10 para definir una malla más densa en la zona cercana a las paredes del tubo. La figura 20 muestra una sección del dominio enmallado.

Figura 20. Malla refinada de 128,000 celdas.



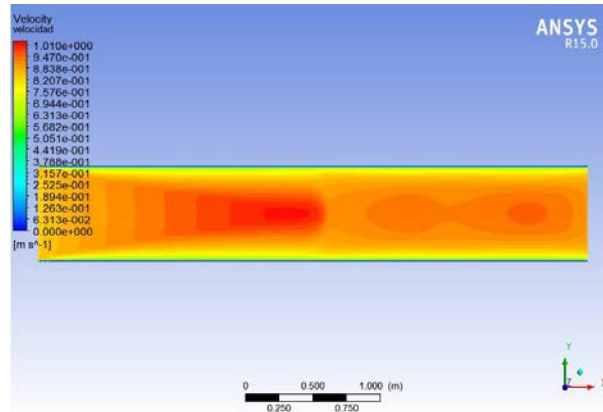
La figura 21 muestra los contornos de temperatura del dominio de malla refinada. No se aprecian diferencias significativas con respecto al dominio de malla estructurada,

Figura 21. Contornos de temperatura malla refinada.



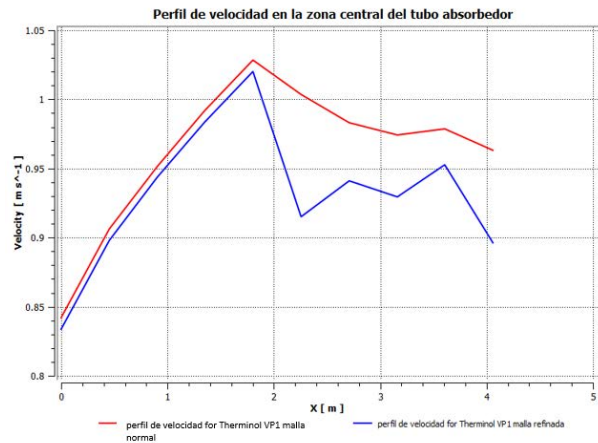
La figura 22 muestra los contornos de velocidad de la malla refinada, se pueden contrastar con la figura 13 correspondientes al dominio de malla estructurada. Se observan diferencias apreciables.

Figura 22. Contornos de velocidad malla refinada.



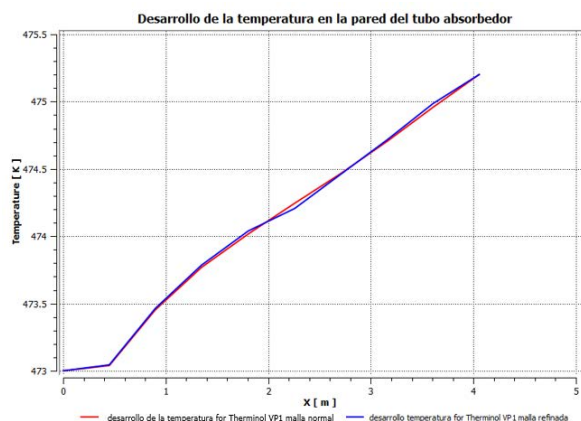
En la figura 23 se muestra la notable diferencia entre los resultados obtenidos del desarrollo de la velocidad en la dirección axial del tubo absorbedor analizado con ambas mallas. Mientras que con la malla de pocas celdas solo se percibe un pequeño pico después de desarrollado el flujo, con la malla refinada se percibe un pico más y un descenso abrupto en la velocidad después de desarrollado el flujo. A pesar de la presencia de estas fluctuaciones la velocidad máxima alcanzada es prácticamente la misma.

Figura 23. Perfil de velocidad a lo largo del tubo absorbedor con diferentes mallas.



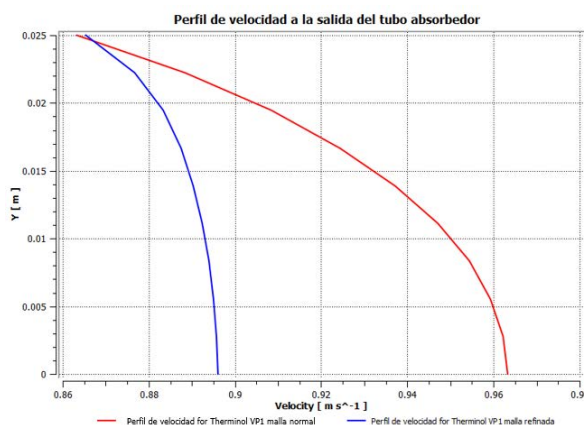
En figura 23 se muestra el desarrollo de la temperatura a lo largo de la pared del tubo. El análisis de este parámetro con una malla refinada no arrojo diferencias significativas, prácticamente se tiene el mismo comportamiento con la malla estructurada y la refinada.

Figura 23. Comparación del desarrollo de la temperatura en la pared del tubo con diferentes mallas



El único parámetro afectado por el análisis con una malla refinada fue la velocidad, esto se rectifica en la figura 24 en donde con una malla refinada se percibe un perfil desarrollado de una manera menos brusca al visualizado con una malla estructurada. Nuevamente la velocidad máxima alcanzada en el centro del tubo absorbedor varía solamente alrededor de 0.6 m.

Figura 24. Comparación del perfil de velocidad obtenido a la salida del tubo absorbedor con una malla refinada y una normal.



USO DE DIVERSOS AGENTES DE TRANSFORMACIÓN.

Como se mencionó anteriormente los colectores cilindro parabólicos pueden funcionar con distintos fluidos de trabajo, cual se elija dependerá de las temperaturas que se quiera alcanzar. Uno de los objetivos de este trabajo es mostrar las diferencias que presentan los parámetros mostrados en la sección de resultados cuando se opera el tubo absorbedor con otros fluidos de trabajo. Es por ello que continuación se muestran las características de los diferentes fluidos con los que se hizo la simulación, así como los resultados obtenidos.

La simulación se corre para 4 sustancias diferentes que son los 4 tipos básicos de fluidos utilizados en los colectores, estos son, aceite térmico, sales fundidas, agua y CO₂. El primer fluido del cual se mostraron resultados en el apartado anterior fue el aceite térmico. En los cuatro casos que se muestra se utilizó la malla refinada de 128,000 celdas.

Las sales utilizadas son de la marca HITEC. Este fluido es una mezcla eutéctica de sales inorgánicas de nitrato de potasio, nitrito de sodio y nitrato de sodio. Estas sales son utilizadas para diversas aplicaciones entre ellas está el funcionar como fluido de trabajo en los campos solares así como medio de almacenamiento de calor en las plantas solares. El mejor rango de operación para este fluido es de 149 °C a 538 °C.

Para el agua se utilizan las propiedades predeterminadas en la base de datos de FLUENT. Mientras que para el CO₂ se utilizarán los datos contenidos en Yu Qiu y otros.

El primer parámetro a comparar es la velocidad visualizada en forma de contornos. En las figuras 25, 26, 27 y 28 se muestran los resultados obtenidos para cada caso.

Figura 25. Contornos de velocidad Therminol VP-1

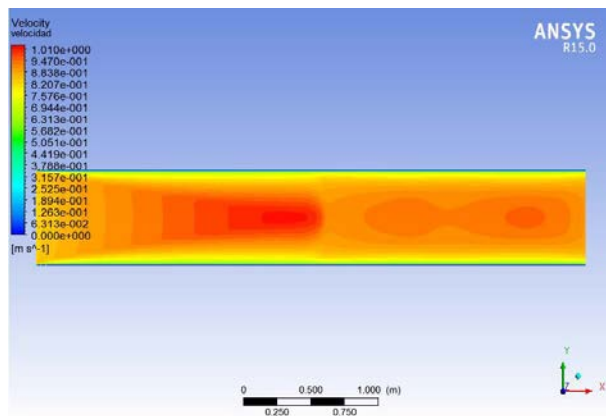


Figura 26. Contornos de velocidad sales fundidas HITEC

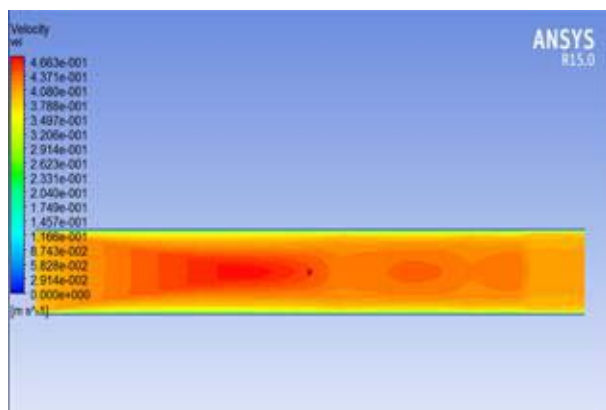


Figura 27. Contornos de velocidad H2O.

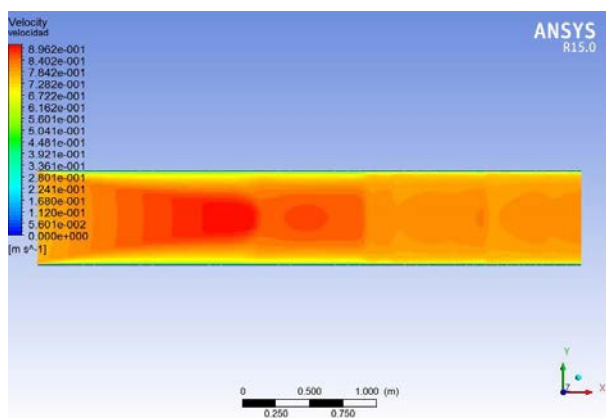
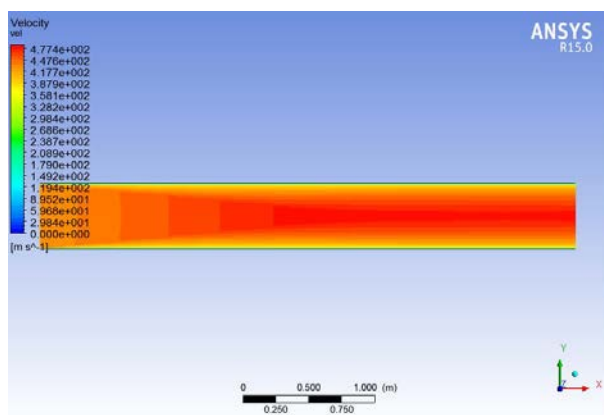


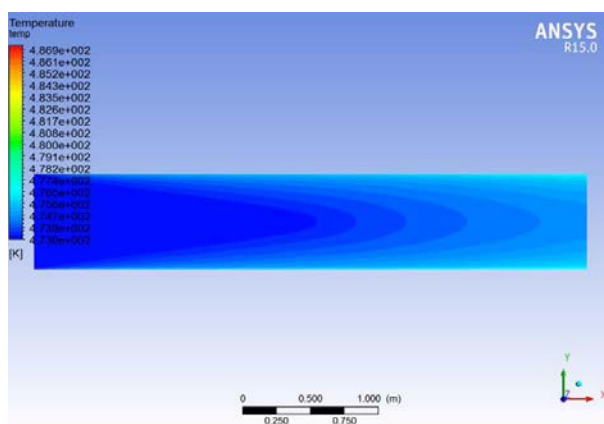
Figura 28. Contornos de velocidad CO2

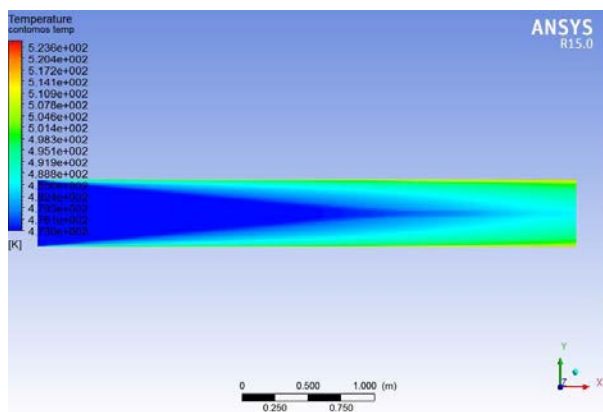
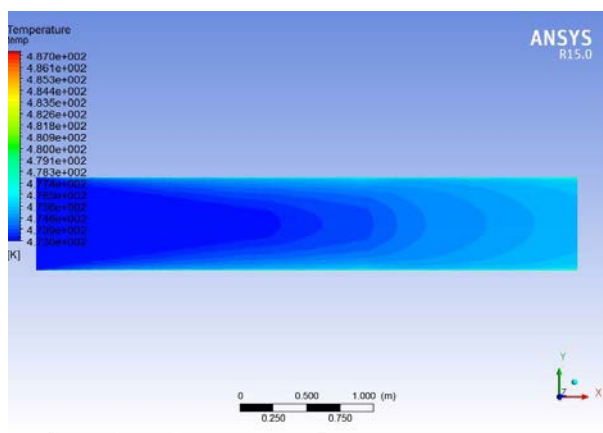
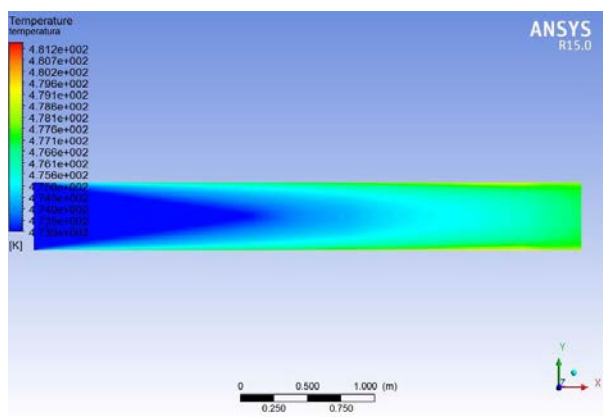


En las cuatro figuras anteriores puede notarse que el único fluido que presenta un desarrollo uniforme de la velocidad es el CO2. Esto a pesar de que tiene una velocidad máxima en el centro de la tubería muy por encima de los demás fluidos, consecuencia de la mínima densidad que posee y que por lo tanto aumenta considerablemente el flujo volumétrico. Por otro lado, son las sales fundidas, el aceite térmico y el agua las que presentan notables fluctuaciones en el desarrollo de la velocidad, indicando que una vez desarrollado el perfil de flujo la temperatura asciende y desciende en ciertos tramos del tubo absorbedor.

A continuación se muestran los resultados obtenidos para el desarrollo que tiene la temperatura a todo lo largo del tubo absorbedor, siendo analizado este parámetro en forma de contornos. En las figuras 29, 30, 31 y 32 se muestran los gráficos obtenidos.

Figura 29. Contornos de temperatura Therminol VP-1.





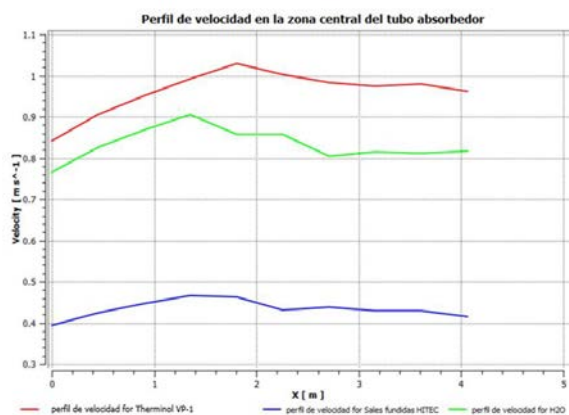
En los gráficos anteriores es notable la diferencia de las temperaturas que cada fluido puede alcanzar. Como es de esperarse el CO₂ es el que arroja un incremento de la temperatura mayor, presentando una temperatura máxima en las paredes de 523 K y de aproximadamente 485 K en el centro del tubo. Es por ello que esta pensado para aplicaciones que requieren temperaturas de salida superiores a los 1000° C.

En comparación con la publicación anteriormente mencionada en Yu Qiu y otros, se tienen resultados congruentes, en ambas simulaciones se obtienen diferencias de temperatura de entre 12 y 15 grados. Desde luego existen diferencias en el planteamiento del problema, como la uniformidad o no uniformidad del flujo de calor, sin embargo, los resultados no se encuentran fuera del rango esperado.

Para el desempeño es el aceite térmico y las sales fundidas se tiene que a pesar de presentar temperaturas diferentes en el fluido cercano a las paredes, las temperaturas en el centro del tubo al final de este son muy similares, presentando temperaturas de entre 475 K y 477 K, es decir presentan un ΔT de entre 1 y 2 grados. Esto es corroborado en la publicación de N. Olmedo Torre y otros en donde se obtiene un ΔT de 0.99 grados para el Therminol VP-1 y de 1.48 grados para las sales fundidas bajo condiciones de trabajo similares.

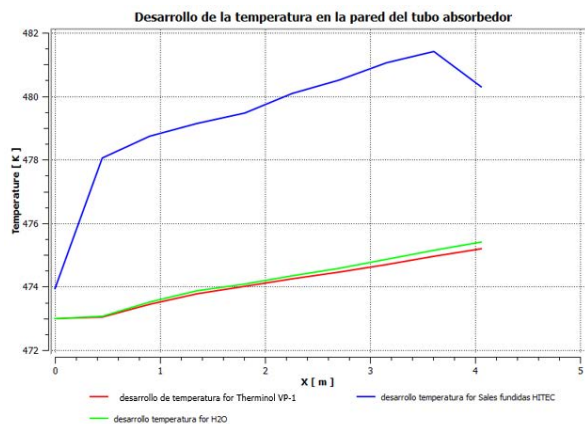
En la figura 33 es posible visualizar que el aceite térmico es el fluido que presenta las velocidades más altas y un desarrollo de la velocidad más estable. El segundo en alcanzar velocidades más altas es el agua, sin embargo, este muestra más fluctuaciones en el desarrollo de este parámetro. Por último son las sales fundidas las que presentan las velocidades más bajas y un desarrollo no tan fluctuante. Aun así no llega a ser totalmente estable ya que presenta pequeños picos en la velocidad en ciertos puntos del tubo absorbedor

Figura 33. Desarrollo de la velocidad en el centro del tubo absorbedor para fluidos de media temperatura.



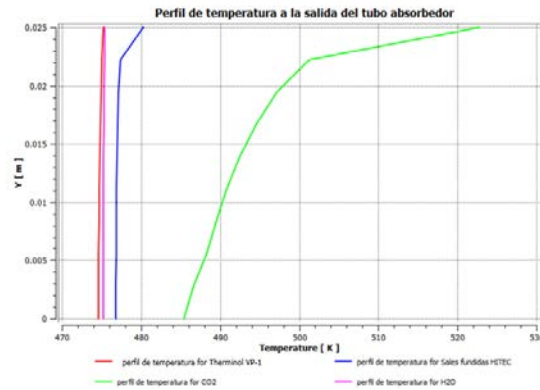
Las diferencias entre el H₂O y el aceite térmico son difíciles de visualizar, es por ello que en la figura 34 se muestra una gráfica en donde no se toma en cuenta el CO₂ con el fin de poder apreciar mejor las diferencias entre el aceite, el agua y las sales fundidas.

Figura 34. Desarrollo de la temperatura en la pared para sales fundidas HITEC, Therminol VP-1 y H₂O.



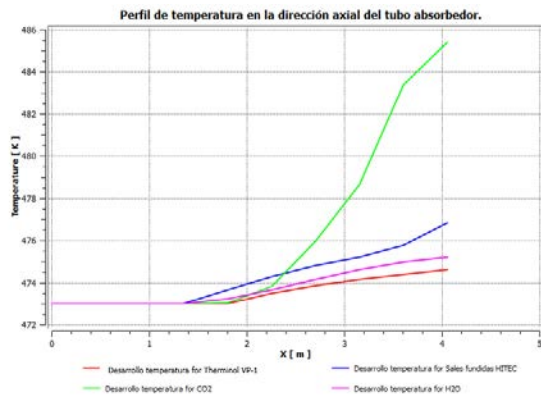
La figura 35 muestra la comparación de los perfiles de temperatura de cuatro fluidos térmicos en la salida del tubo absorbedor. Al igual que en el perfil de velocidad, solo el perfil del CO₂ es visible

Figura 35. Comparación del perfil de velocidad a la salida.



Finalmente se analiza la temperatura en la zona central del tubo absorbedor. En la figura 36 es más fácil observar como a partir de entre los 1.4 m y los 1.8 m la temperatura de los cuatro fluidos comienza a ascender hasta llegar a sus puntos máximos. Siendo el CO₂ el fluido que alcanza temperaturas más altas, seguido por las sales fundidas, el agua y el aceite térmico.

Figura 36. Perfil de temperatura en la zona central del tubo absorbedor



CONCLUSIONES.

Se probaron diferentes modelos de turbulencia y el mismo modelo k- ϵ en sus modalidades Realizable y RNG, sin embargo, fue el modelo estándar el que mostró menos dificultades para converger.

En cuanto a la malla se comprendió la importancia de no descuidar parámetros de su calidad como la razón de aspecto, ya que a pesar de tener una malla bien hecha, refinada o estructurada FLUENT presentaba problemas para correr o simplemente no

corría. Esto debido a que algunas de las celdas poseían una dimensión en dirección axial muy grande y esto implicaba que las ecuaciones no podrían ser resueltas para estos volúmenes de control. Es decir, el enmallado presentaba una razón de aspecto muy grande. Esto provocaría obtener resultados poco confiables ya que las partes del dominio donde existieran estas celdas con un largo muy grande no serían tomadas en cuenta.

En lo referente a la localización elegida para el colector cilindro-parabólico, (tomando en cuenta que se idealizó el problema) pudiera no ser recomendable una instalación, al menos no para una aplicación de generación de energía. Ya que, si se consideraran todos los factores despreciados como las pérdidas ópticas, térmicas, días nublados, etc. Muy probablemente el ΔT obtenido sería menor.

En cuanto a los fluidos térmicos elegidos se eligieron aquellos que mostraran en los resultados diferencias de temperatura tales que se corroborara lo visto en la teoría referente a las aplicaciones que se le da a cada fluido térmico. Es decir que el aceite térmico y el agua dieran los ΔT más bajos era lo esperado puesto que estos son los fluidos elegidos para aplicaciones del rango de 200°C a 500°C aproximadamente. Las sales fundidas para aplicaciones de hasta 800 °C y el CO₂ para más de 1000 °C. Hay que recordar que el agua como fluido de trabajo está categorizado como para aplicaciones de hasta 200 °C porque se refiere a aplicaciones ya existentes como el calentamiento de agua y en este trabajo el agua se simuló en condiciones de trabajo de una planta de generación de energía, aplicación que aún se encuentra en fase de experimentación.

Otro punto de partida para tomar los resultados como adecuados son las comparaciones hechas con otros artículos donde se realizaron estudios similares. Es decir, se obtuvieron resultados congruentes de acuerdo a los artículos citados en los antecedentes y la metodología del problema, por lo que se deduce la simulación fue ejecutada de manera correcta.

En la visualización de resultados a manera de contornos o gráficas se vio la importancia de contar con herramientas como ANSYS ya que se puede visualizar de maneras muy dinámicas parámetros importantes como el desarrollo de la velocidad y la temperatura en la parte del dominio que sean de interés. Los tipos de visualización a

los que se recurrió fueron básicos, pero inclusive en una extensión de este trabajo se podría visualizar el comportamiento del flujo en forma de animación.

El hecho de utilizar una malla más refinada sirvió para saber si los resultados obtenidos en el primer análisis eran fiables. En la mayoría de los parámetros se obtuvieron comportamientos iguales y/o similares. Sin embargo, las fluctuaciones de velocidad obtenidas en varias partes del dominio son de interés, así como los ligeros descensos de temperatura que se encontraron para las sales fundidas y el dióxido de carbono en zonas donde se esperaba se siguiera ascendiendo. No se puede afirmar que esto sea lo que realmente ocurre en un tubo absorbedor ni que es un error del modelado matemático. Simplemente el hecho de dar por sentado muchos factores en la simulación, así como la naturaleza del flujo pueden provocar este tipo de fluctuaciones. El hecho de que pueda ser el modelo de turbulencia el factor que provoca estos resultados ha sido descartado puesto que resultados similares fueron obtenidos con otros modelos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Kalogirou Soteris. Solar energy engineering: processes and systems. 1ª edición. 2009. Editorial: Elsevier. [Cap. 2]
- N. Olmedo Torre, J. Ivern Cacho, B. Amante García, O. Farrerons Vidal. Simulation Heat Transfer Fluid Efficiency and Molten Salts in Heat Collecting Elements in Concentrating Solar Power.
- Mya Mya Mon. Myat Myat Soe. Maw Maw Htay. 3D Modeling of Temperature Distribution for Absorber Tube of Parabolic Trough Collector. International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS). 2015.
- Zikanov Oleg. Essential computational fluid dynamics. 1ª edición.
- Xamán J. Gijón-Rivera M. Dinámica de fluidos computacional para ingenieros. 1ª edición.
- Carta Gonzales José Antonio. Calero Pérez Roque. Colmenas Santos Antonio. Castro Gill Manuel Alonso Centrales de energías renovables. 1ª edición 2009. Editorial: Pearson Prentice Hall.
- Yu Qiu, Ming-Jia Li. Ya-Ling He. Wen-Quan Tao Thermal performance analysis of a parabolic trough solar collector using supercritical CO₂ as heat transfer fluid under non-uniform solar flux. Elsevier. 2016.

ENERGÍAS RENOVABLES: UNA OPCIÓN LIMPIA PARA EL AHORRO DE ENERGÍA

IRENE LUNA GARCÍA¹, YOLANDA RAMÍREZ VÁZQUEZ²

RESUMEN

El presente trabajo aborda de manera teórica la problemática del deterioro ambiental que ha causado la actividad humana a partir del modelo de desarrollo que ha prevalecido en el proceso evolutivo durante las últimas décadas; y, el uso de las energías renovables como una opción viable, de entre algunas otras, para la conservación y preservación del ambiente. Este tipo de energías, representan una alternativa para contribuir al cuidado del entorno, la concientización social y la economía de las familias, en una época en que el ahorro energético y financiero resulta fundamental. A partir de una revisión de diversos referentes en torno al tema, se ofrece el soporte para una investigación en desarrollo, que busca exponer el panorama de los beneficios que se pueden obtener con la implementación de este tipo de energías en la población Xalapeña, enfocándose específicamente en extraer información de servicios de energía solar ya interconectados a la red de la Comisión Federal de Electricidad y, con ello presentar las ventajas y desventajas de estos sistemas.

Palabras clave: Energías renovables, ahorro, Interconexión.

ABSTRACT

The present work approaches in a theoretical way the problematic of the environmental deterioration that has caused the human activity from the model of development that has prevailed in the evolutionary process during the last decades; and, the use of renewable energies as a viable option, among others, for the conservation and preservation of the environment. This type of energy represents an alternative to contribute to the care of the environment, social awareness and the economy of

¹ Universidad Veracruzana / Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores de las Ciencias Administrativas. irenelunagarcia98@gmail.com

² Universidad Veracruzana / Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores de las Ciencias Administrativas. yoramirez@uv.mx

families, at a time when energy and financial savings are fundamental. From a review of various references on the subject, it offers the support for a research in development, which seeks to expose the panorama of the benefits that can be obtained with the implementation of this type of energy in the Xalapeña population, focusing specifically in extracting information from solar energy services already interconnected to the network of the Comisión Federal de Electricidad and, thus, presenting the advantages and disadvantages of these systems.

Keywords: Renewable energies, saving, Interconnection

INTRODUCCIÓN

En contra de lo que muchas personas creen, las energías renovables tienen una gran historia, pero es pertinente iniciar este documento, determinando ¿Qué son las energías alternativas o renovables? Según Allan y Gill Bridgewater (200912) “Las energías renovables o alternativas son fuentes de energía no conectadas a la red eléctrica” es decir, no dependen de una red eléctrica para producir energía. Otra definición dice que “Las energías renovables son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana; se renuevan continuamente, a diferencia de los combustibles fósiles” (Schallenberg Rodriguez, et al. 2008).

Pero, ¿bajo qué argumento, los individuos podrían tomar la decisión de vivir desconectado de los servicios de los que ha dependido por largos periodos de tiempo? El costo actual del servicio de energía eléctrica, se podría tomar como uno de los principales motivos para hacerlo, en los últimos 5 años el costo de la energía eléctrica ha tenido un incremento aproximado de 40% (CFE 2018), por lo que el planteamiento anterior, podría considerarse como una excelente opción de ahorro. Otro aspecto importante a considerar, es que no solamente se podría tener un ahorro económico, sino que también se estaría contribuyendo a disminuir el impacto ambiental que han producido los combustibles fósiles (petróleo, gas o carbón) durante décadas. (Tomas Perales 2012)

Detener el constante deterioro de los ecosistemas, no significa que se tienen que dejar de utilizar los recursos naturales, sino encontrar una manera más eficaz en su aprovechamiento. Desde el 2007, el estado mexicano, instituyó en un eje transversal de las políticas públicas a la sustentabilidad ambiental, estableciendo con ello, el importante papel que juegan en la coordinación de las políticas públicas en el mediano y corto plazo.

Uno de los retos como nación, era incluir al medio ambiente como uno de los elementos de la competitividad y el desarrollo económico y social, solo así se podrá tener un desarrollo sustentable. (Secretaría de Gobernación 2007). Indudablemente el Estado Mexicano enfrentara grandes retos concernientes al medio ambiente, pero el primer paso lo ha dado, al normar la atención a este problema.

La utilización de combustibles fósiles y tecnologías industriales atrasadas, el cambio de uso del suelo y la destrucción de millones de hectáreas forestales están provocando un aumento en la concentración de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera. De no hacer algo, las predicciones en el año 2100 las concentraciones de CO₂ en la atmósfera, podrían generar una variación de la temperatura de entre 1.1 y 6.4° C. (NOAA 2018)

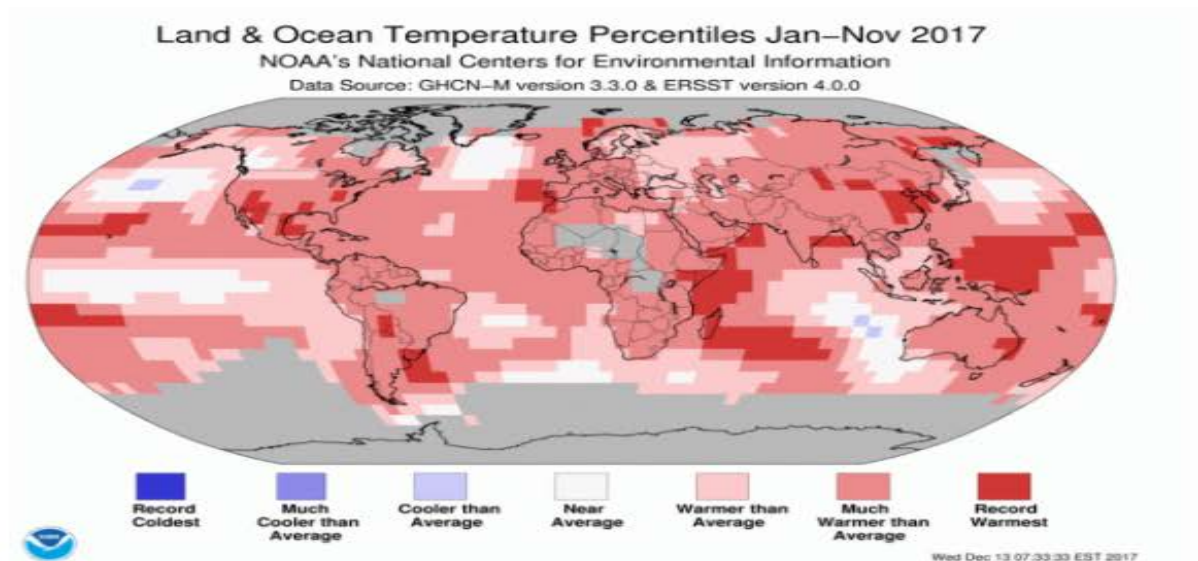
Entre las posibles consecuencias de este calentamiento global están: la elevación de la temperatura de los océanos, la desaparición de glaciares, la elevación del nivel del mar, el aumento en la frecuencia e intensidad de fenómenos climatológicos extremos, como sequías e inundaciones debido a una mayor evaporación de agua y superficies oceánicas más calientes, entre otros. Este cambio afectaría severamente la disponibilidad de agua, la continuidad de los servicios ambientales que producen los ecosistemas, y tendría importantes efectos en la salud humana. (Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 2007)

Hoy en día, México y Brasil son dos de los países en Latinoamérica que más CO₂ emiten al medio ambiente, volumen que lo sitúa dentro de los 15 principales países emisores, con una contribución de alrededor de 1.5% de las emisiones globales. En lo que respecta a las fuentes responsables de emisiones, corresponde 61% al sector energético; 7% a los procesos industriales; 14% al cambio de uso de suelo (deforestación); 8% a la agricultura y 10% a la descomposición de residuos orgánicos,

incluyendo las plantas de tratamiento de aguas residuales y los rellenos sanitarios. (Secretaría de Gobernación 2007)

Dentro del sector energético en particular, la generación de electricidad representa 24% de las emisiones; el uso de combustibles fósiles en el sector manufacturero e industria de la construcción 8%; el transporte 18%; los sectores comercial, residencial y agrícola 5%; y las emisiones fugitivas de metano durante la conducción y distribución del gas natural, otro 5%. Esta situación ha generado un incremento en la temperatura de 1.49°F, (NOAA 2018) como se observa en la ilustración 1.

Ilustración 1. Imagen de temperaturas en el mundo en 2017



Fuente. National Centers for Environmental Information (NOAA 2018).

Existen diferentes tipos de generación de energías renovables, que se dan a conocer brevemente a continuación, esta clasificación atiende a su origen y funcionamiento.

TIPOS DE ENERGÍAS RENOVABLES

En las siguientes líneas se abordan los seis tipos de energías renovables más utilizadas, considerándose las más importantes dentro del mundo de las energías limpias, no dudando que con el paso del tiempo se agreguen otras.

a) Eólica

En el planeta, existen formas desiguales de calentamiento solar, dicho calor estimula el movimiento del aire que rodea a la tierra, provocándose el viento, por lo que éste es energía en movimiento. Estudios han demostrado que el potencial eólico es 10 veces mayor que el actual consumo eléctrico en todo el mundo. Una de las formas que más se utilizan en el aprovechamiento a gran escala de la energía eólica, es la denominada aeroturbina la cual puede transformar la energía eólica en energía eléctrica (aerogeneradores). Hoy en día la potencia eólica establecida en España, supera a la nuclear (7,606 MW) (Schallenberg Rodriguez, et al. 2008).

b) Fotovoltaica

Las estrellas son un poderoso trasmisor de energía, pero su lejanía hace que sus efectos de radiación sean muy tenues en el planeta, sin embargo, no se debe olvidar que el sol es una estrella que por su cercanía ha dado las condiciones ideales para la vida en general. En 1954 Bell laboratorios produjo los primeros paneles solares, los cuales aprovechaban lo que se conoce en Física como el efecto fotovoltaico, el cual consiste en captar la radiación solar para transformar la energía directa en energía alterna, que es la que todos utilizamos en nuestros hogares, ésta es una forma limpia, gratuita y silenciosa de generar electricidad. (Colectivo 2009, 60)

c) Térmica

Esta forma de energía renovable, consiste en captar la radiación solar, transfiriéndolo a un fluido (agua o aire) utilizando un colector o placa solar. El fluido caliente se puede utilizar directamente, por ejemplo para calentar una piscina o de forma indirecta a través de un intercambiador de calor, por ejemplo la calefacción de una habitación. (Energías Renovables y Eficiencia Energetica 2008)

d) Hidráulica

El ciclo del agua es por todo conocido, el agua se evapora, se condensa, llueve o nieva, e inicia de nuevo el ciclo. Las caídas de agua son las que hacen funcionar a los generadores de energía eléctrica, además de que su constancia y previsibilidad la hacen ser una de las más utilizadas hoy en día.

La energía hidráulica atiende aproximadamente una quinta parte de la electricidad a nivel mundial, con una potencia instalada de 700 GW, el 95% de la energía eléctrica de Noruega, es producida por este tipo de generación. (Schallenberg Rodriguez, et al. 2008)

e) Geotérmica

Estos sistemas, funcionan con el aprovechamiento del calor derivado de las distintas capas de la tierra, que han arrojado estudios sorprendentes de energía aprovechable: 4.2×10^{12} J. (La Energia Solar Aplicaciones Prácticas 2009)

f) Biomasa

Consiste en la transformación de materia orgánica y heterogénea, basada en la transformación de la materia orgánica, utilizando generalmente un proceso de combustión. Los residuos más utilizados son los residuos forestales, residuos agrícolas leñosos, residuos agrícolas herbáceos ganaderos, residuos sólidos urbanos y leña. (Schallenberg Rodriguez, et al. 2008). En Europa, el 54 % de la energía primaria de origen renovable, procede de esta fuente, utilizándose prioritariamente en viviendas unifamiliares. (Rico 2007)

Después de observar las características de las energías renovables señaladas anteriormente, se hará énfasis en la que se considera la más viable para ser utilizada en la ciudad de Xalapa, Veracruz, México, por lo que en los siguientes párrafos después de describir de manera general, el desarrollo en México de las energías renovables, se comenta un poco más, acerca de la energía fotovoltaica.

LA EVOLUCIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN MÉXICO

En los años setentas, el CINVESTAV (Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional) realizó un proyecto en el cual instaló una planta piloto de obleas fotovoltaicas (paneles), lo que hoy se conoce como celdas fotovoltaicas, con una capacidad de 4 kilovatios pico anual, terminando con un incremento de 20 kilovatios pico.

A partir de la investigación mencionada en el párrafo anterior, la máxima casa de estudios del país, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), a través de su Centro de Investigación de Energía ahora Instituto de Energías Renovables (IER), puso

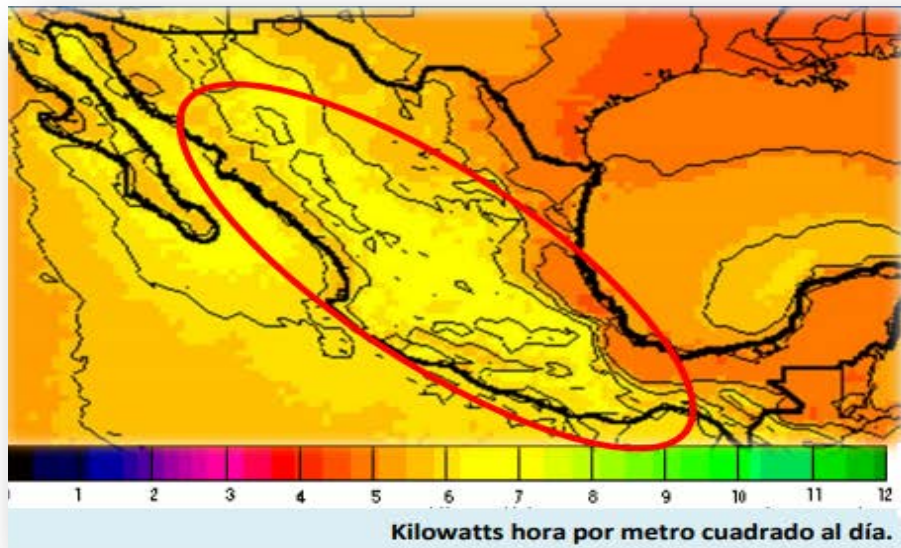
en marcha en 2010 el Laboratorio Nacional de Infraestructura en Sistemas de Concentración Solar y Química Solar, el cual contó con recursos del CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), la UNAM y otros centros e instituciones de investigación superior, como el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, la Universidad de Sonora y capital privado, dieron lugar a la etapa del Laboratorio Nacional de Concentración Solar y Química Solar (LACYQS). (UNAM 2015)

El Laboratorio Nacional de Concentración Solar y Química Solar (LACYQS) persigue el avance en el conocimiento de las tecnologías de la energía solar para su mejor aprovechamiento, mediante pruebas de sistemas de concentración solar con conceptos novedosos. Este laboratorio también prevé formar recursos especializados para el desarrollo de una industria nacional de tecnologías de concentración solar. (UNAM 2015).

Por su parte, en el Plan Nacional de Desarrollo del sexenio 2007-2012 del Presidente Lic. Felipe Calderón Hinojosa, estableció el compromiso del Gobierno Federal para proporcionar el apoyo necesario en la atención a una problemática mundial, detener el daño que se ha ocasionado al medio ambiente, proporcionando las herramientas para una administración eficiente y racional de los recursos naturales, otorgando un beneficio de ahorro, que incentivara a los ciudadanos a que realicen una inversión en este tipo de sistemas. (Presidencia de México 2007)

Las condiciones climáticas y geográficas en México, son excelentes para el aprovechamiento de la energía solar. En los registros de la Comisión Nacional del Agua, se tiene registrada una irradiación solar promedio anual de 5.3 kwh/m² por día, tal como se observa en la ilustración 2. (Conagua 2018)

Ilustración 2. Irradiación Solar en la República Mexicana



Fuente: Portal Oficial de la Comisión Nacional del Agua (Conagua 2018).

LEGISLACIÓN MEXICANA CON ENFOQUE SUSTENTABLE

En las siguientes líneas, se presenta un análisis de las nuevas propuestas de apoyos, y la manera en que el ciudadano mexicano, con la información adecuada, puede acceder a ellos para que, a la par de crear una mentalidad ecológica, sea receptor de un beneficio económico que contribuya a transitar hacia el uso de nuevas fuentes de energía.

En 07 de Febrero de 2002, la Secretaria de Hacienda y Crédito Público, publica el Acuerdo que autoriza el ajuste, modificación y reestructuración a las tarifas para suministro y venta de energía eléctrica y reduce el subsidio a las tarifas domésticas (Secretaría de Gobernación 2002).

Anteriormente a este acuerdo, la Comisión Federal de Electricidad otorgaba subsidio del consumo de energía eléctrica, a la tarifa que era destinada para el uso doméstico exclusivamente, en el cual, únicamente se pagaba el 30 % del valor de su costo de producción. A partir de esta modificación, el cliente que supere el consumo de los kilowatt-horas establecidos en su comunidad como límites máximos de acuerdo a las temperaturas registradas y avaladas por la Comisión Nacional del Agua, será reclasificado a una nueva tarifa, denominada “ Tarifa de alto consumo” DAC.

Además, a la nueva tarifa agregó un cargo fijo, pero el mayor impacto fue el costo del kilowatt-hora que a partir de esa fecha sería cobrado sin ningún tipo de subsidio, es decir, el monto que le cuesta a la Comisión Federal de Electricidad producirlo, es el que tendrá que pagar el cliente. Se señalan en la Tabla 1, las temperaturas que determinan las tarifas de uso específico, en este caso, la tarifa que ocupa para este trabajo es la doméstica.

Tabla 1. Tarifas de Uso Doméstico CFE

Clasificación CFE	1	1 A	1B	1C	1D	1E	1F	DAC
Temperatura	Servicio Domestico	Media Mínima 25° C	Media Mínima 28° C	Media Mínima 30°C	Media Mínima 31°C	Media Mínima 32°C	Media Mínima 33°C	Aplica cuando excede limites establecidos

Fuente: Portal Oficial de la Comisión Federal de Electricidad (CFE 2018)

Como se ha mencionado, el Gobierno Mexicano establece una legislación enfocada al apoyo de las energías renovables, y el día 27 de Junio de 2007, se publicó en el Diario Oficial de la Federación, la RES/176/2007 *Resolución por la que se aprueba el modelo de Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Solar en Pequeña Escala*, señalando en su párrafo segundo que “de acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 31 de mayo de 2007, la diversificación de fuentes primarias de generación y el aprovechamiento de fuentes renovables de energía se establece como una estrategia en materia de energía.” (Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 2007).

De esa forma, se aprobó el Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Solar en pequeña escala, el cual establecía los derechos y obligaciones del pequeño generador que pretendiera interconectarse a las redes generales de distribución de la Comisión Federal de Electricidad.

Desafortunadamente la información no fue difundida de una forma correcta, por lo que es hasta mediados del año 2010, que se empieza a dar a conocer a los clientes con los que cuenta la Comisión Federal de Electricidad. En la Ilustración 3, se puede observar el avance que se tuvo en este tipo de servicio, de acuerdo con estadísticas generadas en 2011.

Ilustración 3. Proyectos al 2011 de proyectos en pequeña y mediana escala

Informe de proyectos de pequeña y mediana escalasal 31 de diciembre de 2011 (kW)				
Capacidad instalada por División de CFE, (kW)				
	Biogás en mediana escala	Eólica en pequeña escala	Solar en mediana escala	Solar en pequeña escala
Baja California			80	181.94
Bajío				447.19
Centro Occidente				42.7
Centro Oriente				99
Centro Sur				34.8
Golfo Centro				5.96
Golfo Norte		1		136.91
Jalisco	600		239.62	499.58
Noroeste			100.1	32.85
Norte	663		45	142.49
Oriente			734	140.41
Peninsular		3	144	84.81
Sureste				28.7
Valle de México Norte			90	39.46
Valle de México Centro		12		14.49
Valle de México Sur			47	65
Total general	1,263.00	16	1,479.22	1,996.29

Fuente: Sener con datos de CFE.

Fuente: SENER (2012). Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026. PÁG.66.

Tras seguir el proceso de cambios en el ámbito legal, el día 15 de Diciembre de 2016, se realiza la publicación del acuerdo en el que se emite el *Manual de Interconexión de centrales de generación con capacidad menor a 0.5 MW* (Diario Oficial de la Federación 2016) y, complementando este acuerdo el día 07 de Marzo de 2017 se publica la *Resolución de la Comisión Reguladora de Energía por la que expide las disposiciones administrativas de carácter general, los modelos de contrato, la metodología de cálculo de contraprestación y las especificaciones técnicas generales, aplicables a las centrales eléctricas de generación distribuida y generación limpia distribuida*. (Diario Oficial de la Federación 2017) Legislación que permite a los clientes, tener la capacidad de elegir tres de las nuevas modalidades de convenio en sus sistemas interconectados.

Fuera de lo que se espera, el grupo que aprovecha las nuevas modalidades, es mínimo con relación a la población que cuenta con un contrato de servicio de energía eléctrica con la Comisión Federal de Electricidad. En datos registrados en la zona de Xalapa, Veracruz, los primeros clientes que tuvieron la oportunidad de aprovechar esta legislación, fueron ciudadanos extranjeros que en la actualidad habitan en nuestro país, que además de contar con el beneficio de tener el acceso a la información, cuentan con los recursos económicos necesarios para adquirir un sistema fotovoltaico. A pesar de que a nivel mundial se ha tenido un crecimiento sostenido, en México, no ha sido una opción viable para el ciudadano.

Al realizar la formalización de ésta opción por parte del cliente, se lleva a cabo la instalación de un equipo de medición especial, un equipo bidireccional, el cual tiene la capacidad de medir la energía que la Comisión Federal de Electricidad entrega al consumidor, así como la medición de los excedentes de energía, en caso de que se generen, y entonces éstos sean inyectados a las redes generales de distribución.

En el momento en que el cliente entregue excedentes de energía a la CFE, ésta, realizará únicamente el cobro de las diferencias de dicha energía. Se muestra en la Tabla 2, la forma en que se realiza el cobro de energía con estos sistemas.

Tabla 2. Ejemplo de cobro de energía eléctrica

SITUACION	Energía entregada por CFE	Energía entregada por el pequeño generador	Cantidad a pagar a CFE (Equivalente a)
1	500 KW	250 KW	250 KW
2	250 kW	500 KW	0 KW ***

Fuente: Elaboración Propia a partir de la diferencia que resulta en este caso, de la generación de 500 kw; el sistema integra un saldo en kw a favor del cliente por 250.

MODELOS DE CONTRATO DE INTERCONEXIÓN

En el acuerdo en donde se establecen los tipos de convenios que relacionan al usuario del servicio de energía eléctrica, con la Comisión Federal de Electricidad, en este caso con el suministrador y el distribuidor, se establecen los siguientes contratos:

Contrato de Interconexión. La característica principal del Contrato de Interconexión, es la de establecer los términos y las condiciones entre las partes (cliente y CFE), para realizar la interconexión física entre la Central Eléctrica, y las Redes Generales de Distribución de la Comisión Federal de Electricidad. En este contrato, se establece el

tipo de central eléctrica de generación, que en este caso, son los sistemas fotovoltaicos.

Contrato de Contraprestación. Con respecto al Contrato de Contraprestación, tiene por objeto establecer la relación entre “Las Partes”, bajo los términos y condiciones señalados en las Disposiciones Administrativas de Carácter General en Materia de Generación Distribuida y sus anexos, es decir, este contrato tiene una finalidad de tipo mercantil, y se tendrán tres modalidades de contratación, según lo requiera el cliente, y que a continuación se detallan (Secretaría de Gobernación 2017)

1) Medición Neta de Energía (Net Metering)

Considera los flujos de energía recibidos y entregados desde y hacia las redes generales de distribución, compensando dichos flujos de energía entre sí, durante el periodo de facturación. La central eléctrica y el centro de carga, comparten el mismo punto de interconexión.

Si la energía generada supera la consumida, el diferencial se considerará como un crédito a favor del generador, el cual se abonará automáticamente a la medición de energía facturada, (Secretaría de Gobernación 2017)

2) Facturación Neta (Net Billing)

Considera los flujos de energía eléctrica recibidos y entregados desde y hacia las redes generales de distribución y les asigna un valor que puede variar a la compra y a la venta). El contrato de interconexión deberá estar ligado o relacionado con un contrato de suministro de energía eléctrica.

Al final del periodo de facturación, el generador recibirá su liquidación mediante transferencia bancaria a la cuenta que designe para tal fin, siempre y cuando haya cumplido con los requisitos fiscales y su acreditación como proveedor.

3) Venta total de energía

Considera el flujo de energía eléctrica entregada a las redes generales de distribución, al cual se le asigna un valor de venta.

Al final del periodo de facturación, el generador recibirá su liquidación, mediante transferencia bancaria, a la cuenta que designe para tal fin, siempre y cuando haya cumplido con los requisitos fiscales y su acreditación como proveedor. (Secretaría de Gobernación 2017).

Los cambios que se realizaron en la legislación mexicana, fueron muy benéficos para los clientes, porque desde la comodidad de su hogar, pueden tener pequeños generadores de energía eléctrica, además de contribuir al medio ambiente, la instalación de un sistema fotovoltaico, le redituará un ahorro en el pago de energía eléctrica, además de que puede obtener un ingreso por la venta de energía a la Comisión Federal de Electricidad.

COSTOS DE INVERSIÓN

A la fecha y a pesar de las condiciones económicas en nuestro país, que se han ido complicando, existen organismos como FIDE (Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica), que han diseñado programas de financiamiento para lograr el mejoramiento sustentable de viviendas existentes mediante la aplicación de acciones que contribuyan a reducir el gasto en familias de ingresos de hasta 5 salarios mínimos por concepto de gas y electricidad.

Las características del subsidio y financiamiento se muestran en la Ilustración 4.

Ilustración 4. Características de subsidio y financiamiento



Fuente: Portal oficial del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE 2018)

Fide maneja las siguientes condiciones financieras (Tabla 3) de su mejoramiento Integral Sustentable:

Tabla 3. Condiciones Financieras FIDE

Condiciones Financieras Fide	
Importe máximo del proyecto	30 UMA'S ³ (\$ 2,450.24) = \$73,507.20
Tipo de Crédito	Crédito simple con interés ordinario y garantía prendaria
Tasa de interés	18.00 % anual + IVA sobre saldos insolutos
Subsidio	CONAVI 30 % del precio de las eco-tecnologías
Incentivo Energético	SENER: 10 % del precio de las eco-tecnologías
Monto máximo de financiamiento	\$ 50,000.00 (\$ 25,446.00 promedio)
Forma de pago	A través de facturación CFE
Plazo	5 años con posibilidad de pago total anticipado, a realizar a través de FIDE
Fuente: Portal oficial del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE 2018)	

COTIZACIÓN DE SISTEMA FOTOVOLTAICO

Aproximadamente el costo de un sistema fotovoltaico, oscila en los montos que se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Costo aproximado de un sistema fotovoltaico

EQUIPO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Paneles Solares	1	\$276.94	\$276.94
Inversor de Potencia	1	\$241.00	\$241.00
Módulo de Comunicaciones	1		-----
Cable Solar con Protección UV	1 LOTE	\$191.24	\$191.24
Total			\$724.36*

*Los precios se encuentran proporcionados en dólares. El tipo de cambio al día 09 de Abril es de \$ 18.2709, siendo un total en pesos mexicanos de \$13,234.70 por la instalación de un panel con una capacidad de 310 watts. Se debe de considerar la mano de obra especializada.

Es claro que la inversión es alta para los ingresos de una familia que no consigue alcanzar los 5 salarios mínimos que menciona el FIDE. Recordemos que nuestro país cuenta con un salario mínimo diario de \$ 88.36 (SAT 2018), y a pesar de que se cuentan con otros financiamientos, la brecha aún es larga.

³Valor de la Unidad de medida y actualización (UMA) 2018.

En México, más de 7 millones de personas en el campo laboral, (INEGI 2018) perciben únicamente un salario mínimo diario por lo que sería imposible llegar a contar con un apoyo de esta naturaleza, y aunque es claro que las tecnologías conforme pase el tiempo, van abaratando sus costos, es necesario que el Gobierno Federal, voltee sus ojos a este grupo de personas, para que tengan una opción de acceso a estos sistemas.

A MANERA DE RESUMEN, ALGO MÁS ACERCA DEL EFECTO FOTOVOLTAICO

El efecto fotovoltaico fue reconocido por el físico francés Alexandre-Edmond Becquerel, en 1839 el cual a través de sus estudios sobre la electricidad, óptica, magnetismo y espectro solar, sentaron las bases sobre la energía fotovoltaica. Charles Fritts construye la primera celda solar con una eficiencia del 1 % (Renovetec 2018)

El silicio es actualmente el material más comúnmente usado para la fabricación de células fotovoltaicas. Se obtiene por reducción de la sílice, compuesto más abundante en la corteza de la Tierra, en particular en la arena o el cuarzo.

Las ventajas de los sistemas fotovoltaicos son muchas, por lo que a continuación se mencionan algunas de ellas (Bridgewater 2009):

- ✓ Una de las más importantes, es que este tipo de energía no contamina.
- ✓ Al estar hablando de la energía solar puede considerarse como una fuente inagotable de la misma.
- ✓ Los sistemas de captación solar que se suelen utilizar, son de fácil mantenimiento, lo que facilita su elección.
- ✓ El ahorro económico es mayor a medida que la tecnología evoluciona, mientras que el costo de los combustibles fósiles, crece debido a su escasez.
- ✓ La única inversión es el costo inicial de la infraestructura, pues no requiere de ningún combustible para su funcionamiento, y se puede amortizar a los 5 años de su implantación.
- ✓ La energía solar fotovoltaica no requiere ocupar ningún espacio adicional, pues se instala generalmente en los techos de las viviendas o edificios.
- ✓ La disponibilidad de energía solar reduce la dependencia de otros países para el abastecimiento de energía de la población.

Las desventajas que se pueden considerar son pocas, con relación a sus ventajas:

- ✓ La inversión inicial es muy elevada.
- ✓ El espacio que requiere, muchas veces debe ser amplio.
- ✓ Se depende de las condiciones ambientales

CONCLUSIONES

Es muy claro ver que las energías alternativas, son una excelente opción de ayuda, tanto al medio ambiente como en las economías de las familias, pero también estamos conscientes de que aún es sumamente necesario avanzar en muchos otros aspectos carácter social y económico, área que le corresponde al estado.

Se espera que los apoyos para tener acceso a este tipo de sistemas, sean más accesibles para la población en general, y no únicamente para un segmento pequeño de la población. Es de esperarse que en un mediano a largo plazo, se pueda observar un incremento en las viviendas que cuenten con un sistema fotovoltaico instalado, lo cual mostrará a mayor escala, los beneficios por la utilización de las energías limpias.

Lograr un cambio significativo en la población, que se traduzca en el uso de energías renovables, requiere sin duda de la participación de los diferentes sectores sociales. Lo anterior, se debe a que transitar de un modo de vida que involucra el uso energético que ha prevalecido por muchos años, requiere de la modificación de patrones culturales, y voluntades gubernamentales y sociales para que los diferentes programas de apoyo tengan éxito.

La información vertida en este documento permite vislumbrar las ventajas de la implementación de nuevos sistemas domésticos que permitan el ahorro energético, a través del aprovechamiento de una fuente natural de energía. Con lo que es posible obtener también un ahorro económico significativo para las familias mexicanas y, particularmente las Xalapeñas, que es la población que interesa en este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CFE. *Tarifas.* 19 de Septiembre de 2018.
<https://www.cfe.mx/tarifas/Pages/Tarifas.aspx>.
- Colectivo. *La Energía Solar Aplicaciones Prácticas.* Sevilla España: Progensa, 2009.
- Conagua. *Conagua.* 01 de Enero de 2018. <https://www.gob.mx/conagua>.
- Schallenberg Rodriguez, Julieta C., et al. *Energías Renovables y Eficiencia Energetica.* Canarias: Instituto Tecnológico de Canarias, 2008.
- SAT. «Sistema de Administracion Tributaria.» 09 de ABRIL de 2018.
<http://www.sat.gob.mx/Paginas/Inicio.aspx>.
- Secretaria de Energia. «Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026.» 01 de 01 de 2012.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62954/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2012-2026.pdf.
- Secretaría de Gobernación. «ACUERDO que autoriza el ajuste, modificación y reestructuración a las tarifas para suministro y venta de energía eléctrica y reduce el subsidio a las tarifas domésticas.» *Diario Oficial de la Federación (DOF).* 7 de Febrero de 2002.
http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=736145&fecha=07/02/2002.
- Secretaria de Gobernacion. «Diario Oficial de la Federación.» 15 de DICIEMBRE de 2016.
http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5465576&fecha=15/12/2016.
- Secretaria de Gobernación. «Diario Oficial de la Federación.» 07 de MARZO de 2017.
http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5474790&fecha=07/03/2017.
- Secretaría de Gobernación. «DOF.» *Diario Oficial de la Federacion.* 27 de Junio de 2007. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4991957&fecha=27/06/2007.
- UNAM. *Antecedentes.* 01 de Enero de 2015.
<http://labunam.unam.mx/micrositio/lacyqs/antecedentes.php>.
- Tomas Perales, Benito. *El Universo de las Energías Renovables.* Barcelona: Marcombo SA, 2012.
- «abc-pack.» <https://www.abc-pack.com/enciclopedia/como-se-hace-una-bolsa-de-plastico/>.

- Bonilla, Armando. «Agencia Informativa Conacyt.» 24 de abril de 2015 .
<http://conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/biotecnologia/1324-joven-mexicano-produce-bioplastico-a-partir-de-semillas-de-aguacate>.
- Bridgewater, Allan y Gil. *Energías Alternativas Handbook*. Madrid España: Ediciones Paraninfo SA, 2009.
- FIDE . «Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica.» *FIDE*. 09 de Abril de 2018.
<http://www.fide.org.mx/>.
- INEGI. «Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.» 09 de ABRIL de 2018. <http://www.inegi.org.mx/>.
- Jiménez, Jesús. «zonageek.» *zonageek*. 3 de marzo de 2015.
<https://www.zonageek.net/author/admin/>.
- NOAA. *National Centers for Environmental Information*. 15 de Septiembre de 2018.
<https://www.ncei.noaa.gov/>.
- Presidencia de México. *Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012*. Ciudad de México: Impresión de estampillas y valores, 2007.
- Renovetec. *Historia de la energía solar fotovoltaica*. 01 de Enero de 2018.
<http://www.energiza.org/solar-fotovoltaica/22-solar-fotovoltaica/624-historia-de-la-energia-solar-fotovoltaica> (accessed 01 de Septiembre de 2018).
- Rico, Javier. «Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.» *Energía de la Biomasa*. Madrid, Madrid: IDAE, 07 de Enero de 2007.

DIMENSIONAMIENTO Y SIMULACIÓN EXERGETICA DE UN SISTEMA DE TRIGENERACIÓN (CCHP) POR THERMOFLOW, EN UN COMPLEJO HOTELERO EN EL ESTADO DE VERACRUZ

JORGE ARTURO DEL ÁNGEL RAMOS¹, JORGE LUIS ARENAS DEL ÁNGEL², JUAN JOSÉ MARÍN HERNÁNDEZ³, MONICA ABIGAIL CAMACHO CEBALLOS⁴, PEDRO DARIO BARRADAS DOMÍNGUEZ⁵, SALVADOR PEÑA ESCOBAR⁶

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de trigeneración, también conocidos como calor y energía de enfriamiento combinados (CCHP), generan simultáneamente energía eléctrica, calefacción y refrigeración, ya sea mediante la combustión de combustibles fósiles u otros recursos de energía térmica.

Las aplicaciones de los sistemas de trigeneración podrían ser el uso de motores alternativos, microturbinas de gas (MGT) y células de combustible [1]. Aunque las microturbinas de gas son menos eficientes en comparación con los motores alternativos, su ventaja es que producen menos emisiones de Óxidos de Nitrógeno [2] y operan a un menor costo en comparación con las celdas de combustible y, al producir temperaturas más altas A 200 °C son una buena opción cuando gas [3]. Un sistema de trigeneración relativamente común usa primero calor a alta temperatura para alimentar la turbina de gas, y el calor residual a baja temperatura (el calor del gas de escape) se recupera para vapor, agua caliente y / o para producir refrigeración [4].

Sin embargo, al dimensionar un sistema de trigeneración, es necesario combinar varias variables que, combinadas, permitan seleccionar los componentes del sistema, así como su ubicación en el proceso, esto implica el desarrollo de la simulación que, si se

¹ Universidad Veracruzana / Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica. jdelangel@uv.mx

² Universidad Veracruzana / Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica. jorarenas@uv.mx

³ Universidad Veracruzana / Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica. jmarin@uv.mx

⁴ Universidad Veracruzana / Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica. monica.camacho1990@yahoo.com

⁵ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. pbarradas@hotmail.com

⁶ Universidad Veracruzana / Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica. salvador.fime@gmail.com

desarrollara a partir de otras formas, requeriría seguramente, tiempo y esfuerzo. En el presente trabajo desarrollado como parte de la intervención profesional del máster en ingeniería energética, se muestra el uso del software THERMOFLOW con rangos de simulación energética y exergética, desarrollado para visualizar el rendimiento térmico en los equipos utilizados para la generación de energía eléctrica, calefacción y aire acondicionado en un complejo hotelero en la ciudad de Xalapa.

Las aplicaciones de los sistemas de trigeneración generalmente se dirigen al uso de motores alternativos, con microturbinas de gas (MGT) y celdas de combustible [3]. Aunque las microturbinas de gas son menos eficientes en comparación con los motores alternativos, su ventaja es que producen menos emisiones de Óxidos de Nitrógeno [4] y operan a un costo menor en comparación con las celdas de combustible y, por otro lado, Producir temperaturas superiores a 200 °C es una mejor opción para el uso de gas natural [5]. Un sistema de trigeneración relativamente común usa primero calor a alta temperatura para impulsar la turbina de gas o vapor, y el calor residual a baja temperatura (que puede ser calor de escape) se recupera para calentar y / o enfriar [6,1].

Las plantas de turbina de gas (GT) son ampliamente utilizadas en todo el mundo para la generación de electricidad, energía distribuida y para esquemas de cogeneración y trigeneración [7, 8]. En la mayoría de estas plantas GT, el gas natural a menudo se utiliza como combustible en dichas plantas [6]. Hoy en día, muchas empresas se esfuerzan por aumentar la eficiencia (o la tasa de calor) de las centrales termoeléctricas, muchas de las cuales tienen más de 25 años [9]. Con frecuencia se busca una solución sostenible para abordar los problemas del uso excesivo de combustibles fósiles a través de una mejor eficiencia energética, reduciendo los costos en comparación con las opciones convencionales. [5]

Para el estudio térmico de los procesos involucrados en los proyectos de trigeneración, existen programas especializados para el dimensionamiento de estos sistemas, como el software Thermoflow, que tiene diferentes subprogramas como el GT PRO y el GT MASTER que se utilizan para simulaciones de ciclo combinado. plantas; Además del STEAM PRO & STEAM MASTER utilizado para el diseño de plantas de vapor convencionales. Tiene el PEACE (Estimador de Ingeniería de Planta y Construcción)

que se utiliza para el diseño de equipos y la estimación de los costos de mano de obra y los balances de calor que producen. Este artículo mostrará el uso de THERMOFLEX que permite el modelado de una amplia gama de sistemas térmicos, como ciclos combinados de turbinas de gas, plantas de vapor, sistemas de generación de energía, cogeneración y una amplia gama de sistemas de centrales eléctricas [10]

Palabras clave: CCHP, Microturbina, Exergetic, software Thermoflow

EXPERIMENTAL / ANALÍTICO / SIMULACIÓN

PASOS DE LA METODOLOGÍA

A) Se determinaron los consumos térmicos y eléctricos del complejo hotelero. B) Se hizo la selección de los posibles componentes y las probabilidades de acomodación en un escalonamiento de energía. C) El sistema se mostró en el software Thermoflex. D) .- Se establecieron las condiciones fronterizas y ambientales para el ajuste del derrate y las condiciones exergéticas iniciales. E) Se realizó un modelado termodinámico. .F) Cada paso fue validado por cálculo directo, Primer Análisis de la Ley de la Termodinámica, Segunda Ley de la Termodinámica y Análisis Epigenético

A) LOS CONSUMOS TÉRMICOS Y ELÉCTRICOS DEL COMPLEJO HOTELERO

La industria hotelera necesita cubrir una demanda anual de electricidad de 879 892 kW, de los cuales un hotel con aire acondicionado adecuado necesita 120 toneladas de refrigeración (TR); Para suministrar el consumo de agua caliente sanitaria (ACS) en ambos hoteles, se requiere un caudal de agua de 0,9 kg / s a una temperatura de 60 °C.

B) LA SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES POSIBLES Y LAS PROBABILIDADES DE ACOMODACIÓN EN UNA ENERGÍA ASOMBROSA

Sin embargo, para satisfacer la demanda de aire acondicionado, es necesario producir 8,88 kg / s de agua caliente de 80 °C a 95 °C para la operación de ciclo cerrado, pero para producir el aumento de temperatura requerido, sería necesario tener más De 1,96 kg / s de escape de las microturbinas, este flujo sería proporcionado por 4 microturbinas Capstone modelo C-65 de 65kW [11], Estas son las razones por las

cuales se seleccionó para ahorrar el consumo de energía con un enfriador de absorción de 75 TR y el resto del aire acondicionado se alimentará con un enfriador eléctrico.

Se requiere un caudal másico de 5,08 kg / s de agua caliente a 95 °C para el funcionamiento del refrigerador de absorción 75 TR [12]; Para proporcionar este aumento de energía es necesario tener 1,47 kg / s de gases de combustión, este flujo másico vendría de tres microturbinas de gas de 65kW conectadas en paralelo.

Los gases de escape de los tres sistemas de microturbina de gas todavía tienen suficiente energía para su uso, por lo que los dispositivos de recuperación de calor se utilizan para el uso de calor residual para la generación de agua caliente para servicios (ACS) con las condiciones requeridas por el complejo hotelero.

Una vez que se han seleccionado los componentes del sistema de trigeneración, se crea un modelo en el software Thermoflex, que cuenta con licencia activa en la gestión de Turbomaquinaria en el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL).

C) EL MODELO FUE CONSTRUIDO EN EL SOFTWARE THERMOFLEX

En el programa Thermoflex para la construcción del modelo deben colocarse los componentes necesarios del sistema e interconectarlos. El software valida las interconexiones ya que tiene una amplia variedad de mensajes de diagnóstico; Una vez que se realiza la conmutación, puede moverse entre los menús para especificar los parámetros de rendimiento de cada componente del sistema.

Aunque Thermoflex contiene más de 100 componentes, incluyendo calderas, condensadores, torres de enfriamiento, calentadores de agua de alimentación, plantas de desalinización, gasificadores, intercambiadores de calor, enfriadores de absorción o adsorción o más de 350 modelos diferentes de turbinas de gas y motores alternativos; Para el caso de la turbina de gas de menor potencia en los 400 kW, para lo cual fue necesario diseñar una microturbina de gas comercial especial con las características de Capstone C-65.

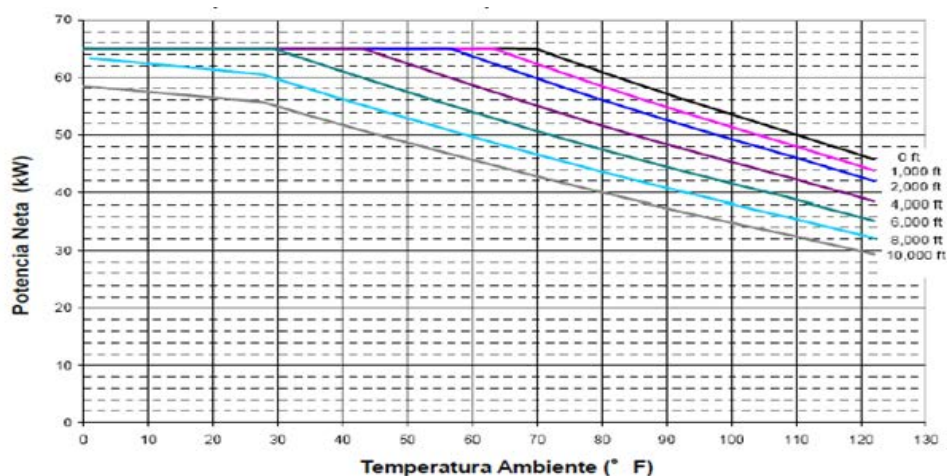
D) CONDICIONES FRONTERIZAS Y AMBIENTALES PARA EL AJUSTE DEL DERRATE Y LAS CONDICIONES EXERGÉTICAS INICIALES.

Es importante conocer las pérdidas de reducción que sufren las microturbinas en su desempeño al modelar los sistemas a medida que se aproxima a un análisis más preciso en el modelado.

La *Figura 1* muestra el diagrama de funcionamiento de una microturbina de gas, donde las pérdidas principales se encontrarán en la entrada de aire en condiciones ambientales y la altura sobre el nivel del mar donde se instalará la microturbina.

La ciudad de Xalapa, Ver. Está a una altitud de 1460msnm (4790 pies) a una temperatura anual promedio de 18 °C (64,4 ° F); La microturbina de gas suministrada según estas condiciones tiene una capacidad eléctrica máxima de 54 kW que genera un caudal másico de 0,49 kg / seg, una temperatura de 318,4 °C y una entalpía de 309,4 kJ / kg calculada con el software Thermoflex.

Figura 1. Rendimiento de una microturbina de gas Capstone de 65 kW según la temperatura ambiente y la altura sobre el nivel del mar [11]



E) MODELADO TERMODINÁMICO

Para el modelado termodinámico, se hacen varias suposiciones que simplifican el análisis de la segunda ley, para que sea manejable, pero conservando la precisión requerida para garantizar una mayor precisión en los resultados, que son:

- 1) Se considera que todos los procesos funcionan en estado estable.
- 2) Los datos de aire y los productos de combustión se tomarán de los resultados de la simulación en el software Thermoflex.

- 3) El combustible inyectado en la Cámara de combustión se considera gas natural.
- 4) La pérdida de calor de CC es del 2% de la energía del combustible que ingresa a la CD, en función del valor calorífico inferior (LHV), y todos los demás componentes se consideran adiabáticos [13]
- 5) El estado muerto es $P_o = 1.01385$ bar y $T_o = 298.15$ K. (se refiere a la condición de un gas en cualquier proceso termodinámico, particularmente su volumen)
- 6) Una vez obtenido, el primer análisis de ley determinará las exergias y exergías específicas dependiendo del flujo de masa; El aire el estado muerto $T = 298.15$ K, una presión de 1.0132 bar una entalpía de 0 kJ / kg y la entropía de 0.1883 kJ / kg K y para el agua de $T = 298.15$ K, una presión de 1.0132 bar una entalpía de 104.93 kJ / kg y entropía de 0.367 kJ / kg K.

Se entiende como exergía para el máximo trabajo útil que puede obtenerse del sistema en un estado para un entorno específico [13, 14]; Esto ayuda en la optimización de sistemas termodinámicos complejos, así como en dispositivos utilizados en ingeniería [15 14.] Realizar un análisis exergético ayuda a la localización de las causas de la ineficiencia del sistema y así proporcionar una visión clara de los factores que no se pueden encontrar en un primer análisis de la ley [1].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la simulación desarrollada se podrá visualizar el desempeño de cada elemento propuesto en el estudio de trigeneración para un complejo hotelero en la Ciudad de Xalapa, incluso con alcances de simulación exergética.

A) MODELADO DEL SISTEMA DE TRIGENERACIÓN PARA EL COMPLEJO HOTELERO

De acuerdo a las necesidades que los hoteles requieren, se diseña un sistema de trigeneración que consta de 3 microturbinas de gas modelo Capstone C65 de acuerdo a las condiciones ambientales de la ciudad de Xalapa, cada una proporcionará 54 kW obteniendo un total de Potencia Neta de 162 kW, la Los gases salientes de las microturbinas tienen suficiente energía para ser recuperados en un intercambiador de calor que circula agua caliente desde una temperatura de 80 °C a 95 °C en un sistema cerrado que está ocupado para operar Un sistema de enfriamiento de absorción que

calentará la mitad del aire acondicionado necesario para un hotel (el resto será suministrado por un sistema de aire acondicionado eléctrico); El primer intercambiador de calor emite suficiente energía para ser utilizado en otro intercambiador de calor y para obtener una temperatura óptima del agua sanitaria para la distribución de servicios en el hotel.

Los resultados del análisis para cada componente de microturbina se obtuvieron, en particular, porque las pérdidas exergéticas que se producen en el sistema CCHP se encontraron en la turbina de gas, esto se debe a las irreversibilidades que existen entre el compresor y la turbina. Como se muestra en la Figura 2

Figura 2. Diagrama del sistema de trigeneración para el complejo hotelero en la ciudad de Xalapa, Ver.

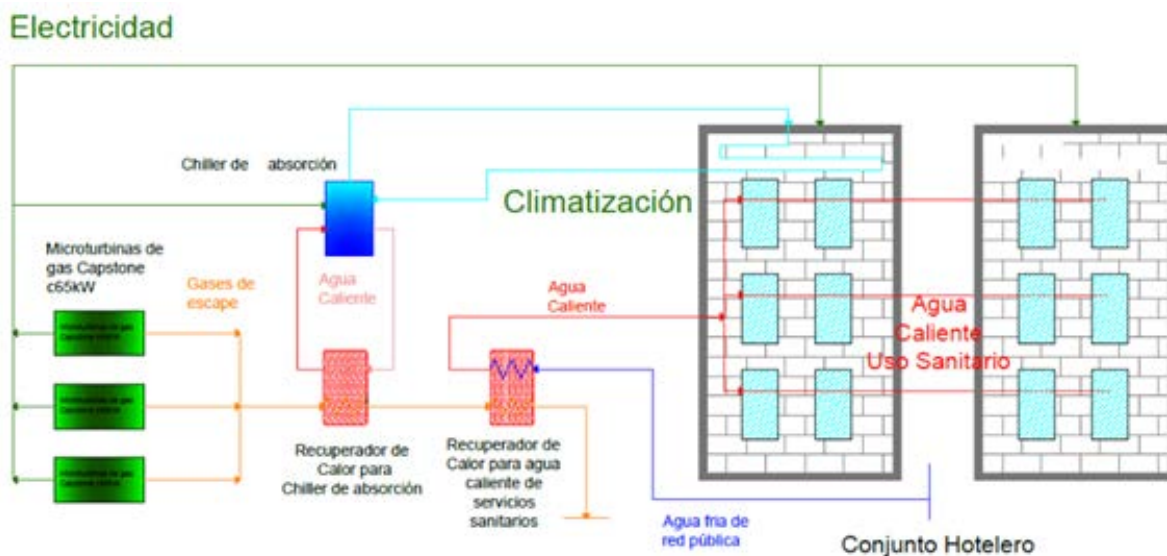
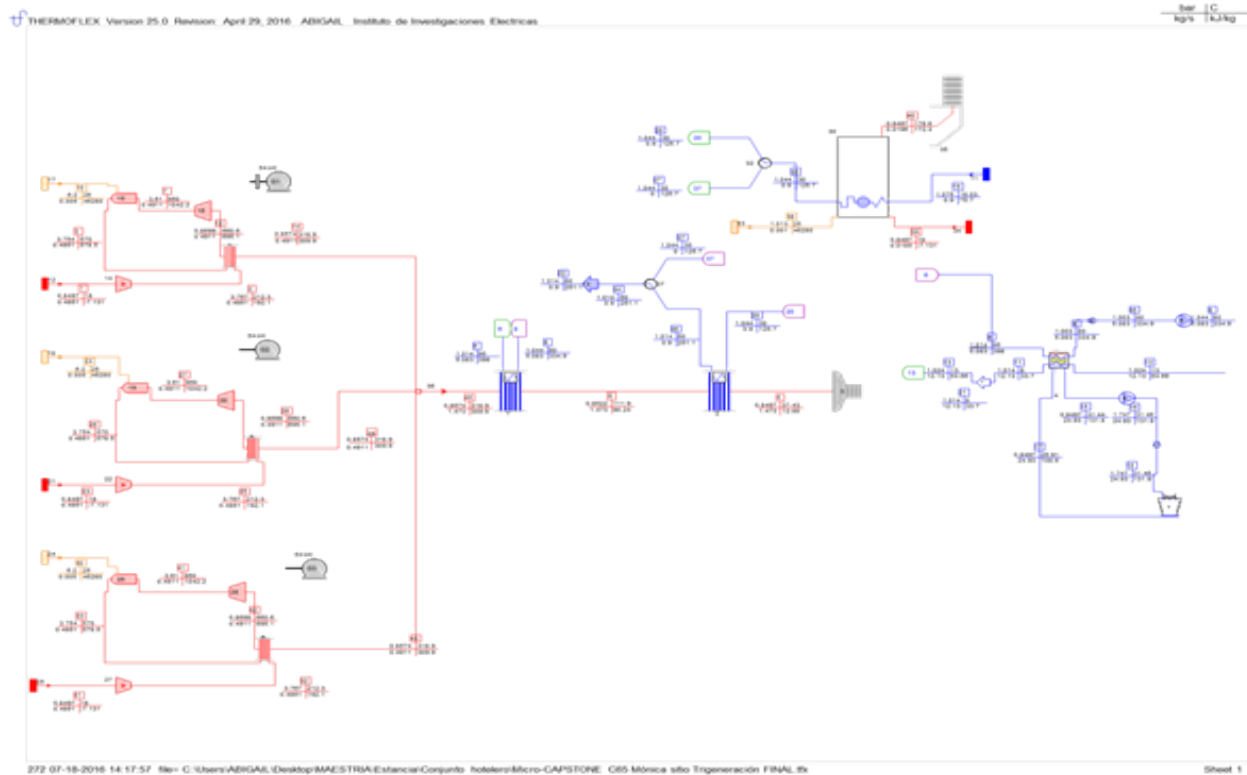


Fig. 3. Modelo de sistema de trigeneración desarrollado en el software Thermoflow



B) RESULTADOS DEL PRIMER ANÁLISIS DE LEY

El software Thermoflex muestra los resultados de presión, temperatura, masa, entalpía y entropía correspondientes a la simulación del sistema de trigeneración como se muestra en la Tabla 1, con lo cual los valores serán reemplazados en las ecuaciones de la Ley de la Termodinámica primero.

Tabla 1 Declaraciones termodinámicas obtenidas directamente por el software Thermoflex

Stream	Fluid	P	T	T	M	M	H*	S
		bar	C	K	th	kg/s	KJ/kg	KJ/kg K
1-Outlet of Gas/Air Source [12] → Inlet of Gas/Air Compressor [14]	Gas/Air	0.8497	18	291.15	1.75	0.4861	-7.13	0.216
2-Outlet of Gas/Air Compressor [14] → Air inlet of Tubular Air Heater [5]	Gas/Air	3.767	212.33	486.48	1.75	0.4861	192.14	0.309
3-Air outlet of Tubular Air Heater [5] → Inlet of Combustor [15]	Gas/Air	3.754	570	843.15	1.75	0.4861	578.46	0.904
4-Gas outlet of Economiser (PCE) [2] → Inlet of Vertical Flow Stack [3]	Gas/Air	0.8497	37.43	310.58	5.304	1.4733	12.88	0.321
5-Gas outlet of Economiser (PCE) [1] → Gas inlet of Economiser (PCE)	Gas/Air	0.8522	111.9	385.05	5.304	1.4733	90.24	0.544
6-Water outlet of Economiser (PCE) [1] → Heating fluid inlet of Absorber	Water	1.0136	95	368.15	18.3	5.0833	397.98	1.250
7-Outlet of Combustor [15] → Inlet of Gas/Air Turbine [16]	Gas/Air	3.61	980	1223.15	1.768	0.4911	1042.2	1.415
8-Discharge of Water Pump [6] → Water inlet of Economiser (PCE) [1]	Water	1.0439	80	333.15	18.3	5.0833	334.94	1.075
10-Outlet of Fuel Source [17] → Fuel inlet of Combustor [15]	Fuel	62	25	298.15	0.018	0.0050	46280	
12-Outlet of Gas/Air Turbine [16] → Flue gas inlet of Tubular Air Heater	Gas/Air	0.8699	660.57	933.72	1.768	0.4911	696.14	1.506
14-Flue gas outlet of Tubular Air Heater [5] → Inlet of Gas/Air Mixer [3]	Gas/Air	0.8574	318.87	592.02	1.768	0.4911	309.89	0.998
20-Outlet of Temperature Controller [31] → Water inlet of Economiser (PCE) [2]	Water	1.0439	30	303.15	3.24	0.9000	125.75	0.437
36-Water outlet of Economiser (PCE) [2] → Inlet of Inflow Switch [31]	Water	1.0136	60	333.15	3.24	0.9000	251.14	0.831
45-Outlet of Gas/Air Mixer [36] → Gas inlet of Economiser (PCE) [1]	Gas/Air	0.8574	318.86	592.01	5.304	1.4733	309.89	0.9977

1) compresor de aire. Para calcular el volumen y la masa de aire a la entrada de la turbina del software, se obtiene que el LHV del gas natural es 46280. Si el fabricante [8] sabe que la salida del flujo de gases de escape es igual a 0,49 kg / s, el flujo de combustible tendrá un valor de 0.005329 kg / sy el flujo másico de aire entrante a cada microturbina será 0.48.51 kg / s. La eficiencia isoentrópica del compresor será del 78.32% y el estado isoentrópico (h_{2s}) será de 148.94 kJ / kg. Se obtiene que el trabajo real de entrada del compresor sea de 199.27 kJ / kg o 96.87 kW si se considera el flujo másico

2) precalentador de aire. Con los estados termodinámicos obtenidos y sustituyendo los valores en la ecuación 5, una eficiencia en el precalentador de aire de 78.64%

3) Cámara de combustión. Describir el balance de energía que se muestra en 8 y eliminar la eficiencia arrojará una eficiencia del 99%

4) Turbina de gas. A partir de la simulación, se obtienen los estados termodinámicos y la eficiencia isoentrópica de la turbina, que es del 80,92%. La producción de trabajo de la turbina de gas tiene un resultado de 347,041 KJ / kg o 170,43 kW. De acuerdo con 10, la relación de retorno entre el compresor y la turbina es 57.52%. Esto significa que el compresor consume el 57.42% del trabajo producido por la turbina, esto es debido a las irreversibilidades que ocurren dentro del compresor y la turbina.

- 5) El trabajo neto es igual a 73.56 kW con una eficiencia térmica de 31.87%
- 6) Intercambiador de calor para la generación de agua caliente para el funcionamiento de un refrigerador de absorción, una vez que el gas de escape tiene una eficiencia energética entregada por el 99% de software donde el calor absorbido por los gases de escape es 323.61 kW y el calor absorbido por aire es 320.45 kW
- 7) El intercambiador de calor para la generación de servicios de agua caliente tiene una eficiencia energética del 99% con calor emitido por los gases de escape de 113,97 kW y por el agua de 112.85 kW

C) Resultados del análisis exergético

Las ecuaciones darán las exergías que se ocuparán en los equilibrios de exergía de acuerdo con la segunda ley de termodinámica en exergías específicas, que se observan en la Tabla 2.

Tabla 2 Exergencias calculadas de los estados termodinámicos obtenidos directamente por el software Thermoflex

Stream	Fluid	P	T	M	H*	S	Exergia específica	Exergia masa
		bar	C	kg/s	kJ/kg	kJ/kgK		kW
1-Outlet of Gas/Air Source [12] → Inlet of Gas/Air Compressor [14]	Gas/Air	0.8497	18	0.4861	-7.13	0.216	-15.32	-7.45
2-Outlet of Gas/Air Compressor [14] → Air inlet of Tubular Air Heater [9]	Gas/Air	3.767	212.33	0.4861	192.14	0.309	155.22	75.94
3-Air inlet of Tubular Air Heater [9] → Inlet of Combustor [15]	Gas/Air	3.754	570	0.4861	578.46	0.904	365.11	177.49
4-Gas outlet of Economiser (PCE) [2] → Inlet of Vertical Flow Stack [3]	Gas/Air	0.8497	37.43	1.4733	12.88	0.321	-26.73	-39.39
5-Gas outlet of Economiser (PCE) [1] → Gas inlet of Economiser (PCE)	Gas/Air	0.8522	111.9	1.4733	90.24	0.544	-15.68	-23.11
6-Water inlet of Economiser (PCE) [1] → Heating fluid inlet of Absorber	Water	1.0135	95	5.0833	397.98	1.250	29.85	151.75
7-Outlet of Combustor [15] → Inlet of Gas/Air Turbine [18]	Gas/Air	3.61	950	0.4911	1042.2	1.415	676.45	332.21
8-Discharge of Water Pump [8] → Water inlet of Economiser (PCE) [1]	Water	1.0439	80	5.0833	334.94	1.075	18.99	95.53
10-Outlet of Fuel Source [17] → Fuel inlet of Combustor [15]	Fuel	6.2	25	0.0050	46280		46280.22	231.40
12-Outlet of Gas/Air Turbine [18] → Flue gas inlet of Tubular Air Heater	Gas/Air	0.8699	660.57	0.4911	695.14	1.506	302.28	148.45
14-Flue gas outlet of Tubular Air Heater [9] → Inlet 3 of Gas/Air Mixer [3]	Gas/Air	0.8574	318.87	0.4911	309.89	0.998	68.58	33.68
20-Outlet of Temperature Controller [31] → Water inlet of Economiser [1]	Water	1.0439	30	0.9000	125.75	0.437	0.17	0.15
36-Water outlet of Economiser (PCE) [2] → Inlet 2 of Inflow Switch [37]	Water	1.0135	60	0.9000	251.14	0.831	7.97	7.17
45-Outlet of Gas/Air Mixer [36] → Gas inlet of Economiser (PCE) [1]	Gas/Air	0.8574	318.86	1.4733	309.89	0.9977	68.58	101.04

- 1) compresor de aire. Considerando una potencia de compresor de 95.22 W, la exergía destruida para el compresor de aire es de 11.83 kW con una eficiencia exergética del 88%
- 2) precalentador de aire. La exergía destruida tiene un valor de 13.23 kW con una eficiencia exergética del 88%.
- 3) Cámara de combustión. Para este componente se obtiene la exergía destruida, obteniendo un valor de 76.68kW y una eficiencia exergética del 81.25%

- 4) Turbina de gas. En este componente se toma la potencia del eje que es de 64.94 kW tomada directamente del software. Thermoflex obtiene un valor de 118.82 kW y una eficiencia exergética del 35%
- 5) Intercambiador de calor para la generación de agua caliente para el funcionamiento de un refrigerador de absorción. Una exergía destruida de 68.92 kW se obtiene con una eficiencia exergética de 44.48%
- 6) El intercambiador de calor para la generación de servicios de agua caliente tiene una eficiencia exergética del 43% y una exergía destruida de 9,26 kW
- 7) Enfriador de absorción. Obtenido que la exergía destruida da un valor de 249.43 kW con una eficiencia exergética del 75%

E) RESUMEN DE RESULTADOS

La Tabla III muestra los resultados y comparaciones entre los cálculos térmicos de la primera ley y los cálculos elaborados por el análisis exergético para una de las microturbinas propuestas en el sistema de trigeneración, donde se observa que en el primer análisis de ley se da la Energía de mayor eficiencia en la cámara de combustión, para la eficiencia de regeneración del precalentador de aire se obtiene mientras que las mayores pérdidas de exergen que ocurren en el sistema se encuentran en la turbina de gas, esto se debe a las irreversibilidades que existen entre el compresor y la turbina.

Para las 3 microturbinas de gas tienen una exergía total destruida de 770.47 kW

Tabla 3 Resultados y comparaciones del primer análisis de ley y análisis exergético de microturbinas gaseosas

Equipo	Potencia	Eficiencia energética/ eficacia	Exergía destruida considerando el flujo másico	Eficiencia exergética	Perdidas por exergía
	kW	%	kW	%	%
Compresor	95.22	78.32%	11.83	87.57%	4.61%
Precalentador		78.64%	13.23	88.47%	5.15%
Camara de combustión		99.67%	76.68	81.25%	29.86%
Turbina de gas	64.94	80.92%	118.82	35.34%	46.27%
Trabajo útil	36.27		36.27		14.12%
Total			256.82		100.00%

La Tabla 4 muestra la eficiencia energética obtenida con el balance energético de la primera ley. Los recuperadores de calor son aquellos que poseen mayor eficiencia energética, mientras que el enfriador por absorción por la eficiencia exergética el mayor componente es el enfriador por absorción. El componente con mayores pérdidas exergéticas se encuentra en las tres microturbinas de gas

Tabla 4. Resultados y comparaciones del primer análisis de ley y análisis de exergía del sistema de trigeneración propuesto

Equipo	Potencia	Eficiencia energética	Exergía destruida considerando el flujo másico	Eficiencia exergética	Perdidas por exergía
	kW	%	kW	%	%
Microturbina de gas	64.7		770.470	49.30%	63.84%
Econorrizador chiller		99.01%	68.919	44.48%	5.71%
Econorrizador servicios		99.01%	9.263	43.11%	0.77%
Chiller	214	68.75%	249.427	75.02%	20.67%
Trabajo util	108.805		108.805		9.02%
Sistema			1206.884		100.00%

CONCLUSIONES

Thermoflow es un software especializado para el uso de la ingeniería con una interfaz gráfica que permite vincular modelos termodinámicos por medio de iconos que representan los componentes de los sistemas propuestos y junto con su paquete permite el diseño y la simulación de plantas de energía como es el caso de este trabajo donde se simuló una propuesta de trigeneración para un complejo hotelero a fin de reducir los gastos operativos en un complejo hotelero en la ciudad de Xalapa Veracruz y tener una idea con una breve aproximación.

Sin embargo, Thermoflow todavía tiene pequeños errores en el funcionamiento de los mismos componentes que son fáciles de localizar, como en el caso de este trabajo, las eficiencias energéticas de algunos de los componentes, es por eso que se utiliza para un estudio más detallado de los componentes de los sistemas por métodos exergéticos que una vez tienen los datos de los estados termodinámicos del sistema son fáciles de calcular.

Con el software se observa que la suite hotelera presenta actualmente un consumo proporcional tanto de electricidad como de gas, al implementar el sistema de trigeneración tendrá un ahorro total de energía eléctrica donde la suite del hotel cubrirá la demanda térmica que necesitarán para el funcionamiento del Sistema De la trigeneración.

Económicamente, al implementar el sistema de trigeneración en el complejo hotelero y mediante un flujo de caja, es necesario que el proyecto de trigeneración conjunta de los dos hoteles sea económicamente viable donde el retorno de la inversión sea de 6.51 años y a partir de ese año comience a generar ahorros, la tasa interna de retorno de 18% más que el 12% que se tomó como referencia y el valor actual neto de \$ 6, 271,739.30.

Económicamente al implementar el Sistema CCHP en el paquete hotelero y mediante un flujo de efectivo, el proyecto de CCHP en conjunto con los dos hoteles es económicamente viable donde el retorno de la inversión es cercano a 5 años y desde ese año, comenzaría a generar ahorros. La tasa interna de rendimiento fue mayor que la tasa de referencia y el valor presente neto positivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- S. Anvari, R. Khoshbakhti Saray y K. Bahlouli, «Employing a new optimization strategy based on advanced exergy concept for improvement of a tri-generation system,» *Applied Thermal Engineering*, vol. 113, pp. 1452-1463, 25 Febrero 2017.
- S. Sibilio, A. Rosato, G. Ciampi, M. Scorpio y A. Akisawa, «Building-integrated trigeneration system: Energy, environmental and economic dynamic performance assessment for Italian residential applications,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 68, nº 2, pp. 920-933, Febrero 2017.
- A. N. Ünala, İ. Ersöz y G. Kayakutlu, «Operational optimization in simple tri-generation systems,» *Applied Thermal Engineering*, vol. 107, pp. 175-183, Agosto 2016.
- A. Baghernejad, M. Yaghoubi y K. Jafarpur, «Exergoeconomic comparison of three novel trigeneration systems using SOFC, biomass and solar energies,» *Applied Thermal Engineering*, vol. 104, pp. 534-555, Julio 2016.
- F. Basrawi, T. K. Ibrahim, K. Habib y T. Yamada, «Effect of operation strategies on the economic and environmental performance of a micro gas turbine trigeneration system in a tropical region,» *Energy*, vol. 97, pp. 262-272, Febrero 2016.
- S. Popli, P. Rodgers y V. Eveloy, «Trigeneration scheme for energy efficiency enhancement in a natural gas processing plant through turbine exhaust gas waste heat utilization,» *Applied Energy*, vol. 93, pp. 624-636, Mayo 2012.
- M. Fallah, H. Siyahi, R. Akbarpour Ghiasi, S. Mahmoudi, M. Yari y M. Rosen, «Comparison of different gas turbine cycles and advanced exergy analysis of the most effective,» *ELSEVIER*, vol. 116, pp. 701-715, 11 Abril 2016.
- M. Hatami, D. Ganji y M. Gorji-Bandpy, «A review of different heat exchangers designs for increasing the diesel exhaust waste heat recovery,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 37, pp. 168-181, 2014.
- H. A. Moussawi, F. Fardoun y H. Louahlia-Gualous, «Review of tri-generation technologies: Design evaluation, optimization, decision-making, and selection approach,» *Energy Conversion and Management*, vol. 120, pp. 157-196, JULIO 2016.
- Thermodata company, «Thermodata,» 2002. [En línea]. Available: <https://www.thermodata.com/images/ThermodataBrochure2002.pdf>. [Último acceso: 2016].
- Capstone Turbine Corporation, «Capstone Turbine Corporation All rights reserved.,» [En línea]. Available: <https://www.capstoneturbine.com/products/c65>.
- World Energy Co., Ltd., «World Energy,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.worldenergy.mx/descargar>. [Último acceso: Octubre 2016].

- K. Thu, B. B. Saha, K. J. Chua y T. D. Bui, «Thermodynamic analysis on the part-load performance of a microturbine system for micro/mini-CHP applications,» *Applied Energy*, vol. 178, pp. 600-608, 15 Septiembre 2016.
- H. Sadighi Dizaji, S. Jafarmadar y M. Hashemian, «The effect of flow, thermodynamic and geometrical characteristics on exergy loss in shell and coiled tube heat exchangers,» *Energy*, vol. 91, pp. 678-684, 2015.
- A. Alimoradi, «Investigation of exergy efficiency in shell and helically coiled tube heat exchangers,» *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 10, pp. 1-8, Septiembre 2017.
- N. S. Mahesh, S. Bagade y G. Kilkarni, «Energy and Exergy analysis of diesel engine powered trigeneration systems,» *Energy Procedia*, nº 90, pp. 27-37, 2016.

DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS TURBINAS DE VAPOR DEL INGENIO AZUCARERO DEL ESTADO DE VERACRUZ, PREVIO AL ANÁLISIS DEL CONSUMO DE VAPOR

ÁNGEL DÍAZ MÉNDEZ¹, LUCILA GUADALUPE TOBÓN GALICIA², LILIANA FUENTES ROSAS³, VIRIDIANA SÁNCHEZ VÁZQUEZ⁴

RESUMEN

Este proyecto se desarrolló en un Ingenio azucarero, donde los administradores necesitan conocer la eficiencia actual de las turbinas de vapor en proceso, es decir, si están trabajando sus máquinas de manera eficaz, y de acuerdo el consumo de vapor y las toneladas de azúcar producida. Para realizarlo se pretende determinar previamente el consumo de vapor de las turbinas, para calcular la disponibilidad y la confiabilidad de la maquinaria. En este orden de ideas, el resultado del proyecto, busca inicialmente el diagnóstico actual de la maquinaria y en segunda instancia, establecer criterios fundamentados que ayuden a la toma de decisiones de los administradores del proceso, y con ello puedan hacer frente a diferentes problemas que se suscitan hoy en día en el proceso de elaboración de caña de azúcar.

Palabras clave: *Disponibilidad, confiabilidad, eficiencia y turbinas.*

ABSTRACT

This project has been developed in a sugar mill, where the administrators need to know the real efficiency of steam turbines in process, that is, if they are working on their machines effectively, and according to steam consumption and tons of sugar produced. To do this, we intend to determine the steam consumption of the turbines, to calculate

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. angel_dm_21@hotmail.com

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. Ltobon19@hotmail.com

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. lilyfros@hotmail.com

⁴ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.
viridiana.sanchez@itstb.edu.mx

the availability and reliability of the machinery. In this order of ideas, the result of the project, seeks the current diagnosis of the Machine and the second instance, establishes grounded criteria that help the decision-making of the process administrators, and that can deal with the different problems that arise. They raise today in the process of making sugarcane.

Keywords: *Availability, reliability, efficiency and turbines.*

INTRODUCCIÓN

Las empresas mexicanas en los últimos años se han visto en la necesidad de aplicar diferentes técnicas y herramientas, con la finalidad de mejorar la eficacia de sus procesos y así mismo lograr el incremento en la productividad. El objetivo que se busca es permanecer en el mercado con productos de alta calidad para poder penetrar en los mercados globalizados. Tal es el caso de un ingenio azucarero ubicado en la zona centro del estado de Veracruz, que tiene la necesidad de estudiar el comportamiento actual de sus procesos y en base a los resultados, proyectar diferentes estrategias para la mejora continua.

La productividad hoy en día es un indicador de competitividad para las empresas, sin embargo, no todas se han preocupado por realizar la medición de éste indicador. En éste artículo se desarrollarán las fórmulas matemáticas para obtener los coeficientes de confiabilidad y disponibilidad, mismos que servirán para un futuro cálculo de la productividad de las turbinas de vapor de la empresa en estudio.

Se entiende por disponibilidad a la fracción del tiempo en la que una unidad es capaz de promover servicio, y contar con frecuencia y duración de la salida. (Cerón Suchini 2005)

Se entiende por confiabilidad a la normativa de las medidas de la disponibilidad de una turbina de vapor para llevar acabo su función. (Cerón Suchini 2005)

En las siguientes etapas se hace mayor referencia a los índices de disponibilidad y confiabilidad, la lógica del cálculo de cada uno, está basado en el anexo 2.1 de la Norma de Coordinación Comercial número 2, del administrador del mercado mayorista (AMM) referenciado por (Cerón Suchini 2005).

EFICIENCIA DE LAS TURBINAS DE VAPOR

La eficiencia de la turbina de vapor en la mayoría de los nacimientos de la termodinámica estuvieron enfocados en la mejora del funcionamiento y de la evolución de las máquinas de vapor, para lo cual se necesitaba que las máquinas operaran en un ciclo que se acercara a la reversibilidad del ciclo de Carnot. Pero que pudiera describir de manera más cercana la operación de la máquina. Esto condujo al desarrollo del ciclo Rankine, en el que hoy en día basan su operación de las plantas de potencias generadas mediante vapor. El ciclo está formado por cuatro procesos los cuales se describen a continuación. (Gutiérrez 2014)

- Proceso 1: Agua a baja presión y temperatura es bombeada desde el condensador hacia el generador de vapor que se encuentra a alta presión. Este proceso se considera en la mayoría de los análisis isotrópicos.
- Proceso 2: EL agua cambia de fase líquida a vapor en el generador de vapor mediante la adición de calor. El vapor que abandona este proceso puede ser húmedo, seco o sobrecalentado.
- Proceso 3: El vapor entra en la turbina, se expande y se produce una cierta cantidad de trabajo. Este proceso es considerado isotrópico en un ciclo de Rankin ideal. Sin embargo en la realidad no ocurre de esta forma.
- Proceso 4: El vapor rechaza calor hacia el medio ambiente en el condensador en donde se vuelve líquido. (B. A. Jimenez 2014)

MARCO TEORICO

Una turbina de vapor es un motor rotativo que convierte en energía mecánica, la energía del vapor de gas. El elemento básico de la turbina es la rueda o rotor, que cuenta con palas, hélices, cuchillas o cubos colocados alrededor de su circunferencia, de tal forma que el fluido en movimiento produce una fuerza tangencial que impulsa la rueda y la hace girar. Esta energía mecánica se transfiere a través de un eje para proporcionar el movimiento de una máquina, un compresor, un generador eléctrico o una hélice. (Kurt 1990)

OBJETIVO GENERAL:

Determinar la eficiencia de las turbinas de vapor con base en el consumo individual y global de vapor y realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos.

METODOLOGÍA

DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD INDIVIDUAL Y GENERAL DE LAS TURBINAS.

La disponibilidad de una turbina de vapor, es el término que indica el estado en que el equipo está en condiciones para ser operada, se encuentre en servicio o no, es decir, la unidad generadora de vapor puede estar “disponible conectada”, si no presenta ninguna limitación o restricción para atender una función específica.

PASOS PARA EL CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE LAS TURBINA DE VAPOR.

1. Obtención de datos de cada una de las turbinas, que son: horas de disponibilidad, horas de mantenimiento programado, horas de disponibilidad forzada y horas equivalentes por degradación cuando la unidad está disponible.
2. Aplicación de la fórmula, para la obtención del coeficiente de disponibilidad individual, obteniendo a su vez el resultado general de las 5 turbinas de vapor.

FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE LAS TURBINAS DE VAPOR.

Para obtener la disponibilidad se requiere de conocer ciertos tipos de datos, en la ecuación número uno se observa la fórmula que contiene los elementos necesarios. (Cerón Suchini 2005)

$$Coefdisp. = \frac{HD + HMP - HED}{HD + HIF + HMP} \dots \dots \dots \text{Ecu. no. 1}$$

En donde:

- HD: Horas de disponibilidad.
- HMP: Horas de mantenimiento programado, es decir con autorización.
- HIF: Horas de indisponibilidad forzada. (falla de la máquina).
- HED: Horas equivalentes por degradación cuando la unidad está disponible. (Operación limitada de la máquina).

Los resultados de éste factor varían entre 0 y 1, entre más cerca se encuentre el resultado al factor 1, indica que mayor es la disponibilidad del generador.

Es importante mencionar, que las horas HD Y HED se obtuvieron utilizando las ecuaciones números 2 y 3 respectivamente.

$$HD = (No. de días del mes, año o periodo a evaluar * 24 horas) - (HIF - HMP) \dots Ecu. no. 2$$

Dónde:

- HIF: Horas de indisponibilidad forzada.
- HMP: Horas de mantenimiento programado.

$$HED = \sum_{i=1}^n \frac{(PP - PDi)}{PP} \dots \dots \dots Ecu. no. 3$$

Dónde:

- PP: Potencia máxima neta.
- PDI: Potencia disponible en la hora i.
- N: Número de horas al mes.

Para el cálculo de la disponibilidad general o total de las turbinas, se utiliza la fórmula que muestra la ecuación número cuatro.

$$Coefdisp. general = \frac{Disponibilidad Turbina 1 + Disponibilidad Turbina 2 + \dots + Disponibilidad turbina n}{n} \dots \dots \dots Ecu. no. 4$$

Dónde:

- N: Número de turbinas

DETERMINACIÓN DE LA CONFIABILIDAD INDIVIDUAL Y GENERAL DE LAS TURBINAS.

El principal objetivo de estudiar la confiabilidad de una unidad generadora de vapor, es definir el tiempo por ciento que una unidad está disponible, es decir, entre mayor tiempo está disponible la unidad generadora, se puede decir que esta es confiable para la operación.

PASOS PARA EL CÁLCULO DE LA CONFIABILIDAD DE LAS TURBINA DE VAPOR.

El método de cálculo del coeficiente de confiabilidad es igual que el utilizado para la determinación de la disponibilidad, esto se debe a que la confiabilidad proporciona las medidas de la disponibilidad de la unidad generadora de vapor para poder entrar en funcionamiento. Los pasos son:

1. Obtención de datos de cada una de las turbinas, que son: horas de disponibilidad, horas de mantenimiento programado, horas de disponibilidad forzada y horas equivalentes por degradación cuando la unidad está disponible.
2. Aplicación de la fórmula de obtención del coeficiente de disponibilidad individual de la turbina de vapor.
3. Aplicación de la fórmula de obtención del coeficiente de disponibilidad general de las 5 turbinas de vapor.

FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE LA CONFIABILIDAD DE LAS TURBINAS DE VAPOR.

Para obtener la confiabilidad se requiere de conocer ciertos tipos de datos, en la ecuación número cinco se observa la fórmula que contiene los elementos necesarios. (Cerón Suchini 2005)

$$\text{Coefconf} = \frac{(\text{HD} + \text{HMP} - \text{HED})}{(\text{HD} + \text{HIF} + \text{HMP})} * 100 \dots \dots \dots \text{Ecu. no. 5}$$

Dónde:

HD: Horas de disponibilidad

HMP: Horas de mantenimiento programado, es decir con autorización

HIF: Horas de indisponibilidad forzada

HED: Horas equivalentes por degradación cuando la unidad está disponible.

Se recurre nuevamente a las fórmulas de las ecuaciones número dos y tres para calcular las HD y las HDE. Y para la confiabilidad total o general a la fórmula de la ecuación número seis.

$$\text{Coef. Conf. general} = \frac{\text{Confiabilidad Turbina 1} + \text{Confiabilidad Turbina 2} + \dots + \text{Confiabilidad turbina n5}}{n} \dots \text{Ecu. no. 6}$$

PASOS PARA EL CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE LA TURBINA DE VAPOR.

- 1 Identificación de las características técnicas de las turbinas, representadas por: tipo de turbina, marca, material de la carcasa, potencia (hp), tubería de entrada (diámetro en pulgadas), tubería de salida (diámetro en pulgadas), giro, velocidad de diseño (rpm) y velocidad de trabajo (rpm).
- 2 Obtención de los datos de operación de las turbinas, que son: presión de entrada (en libras sobre pulgada cuadrada), temperatura de entrada (en grados Fahrenheit), presión de salida (en libras sobre pulgada cuadrada) y temperatura de salida (en grados Fahrenheit).
- 3 Cálculo de las presiones absolutas considerando la presión atmosférica de la tierra, que son 15 libras/pulgadas². Las fórmulas a utilizar son las que muestran las ecuaciones números 7 y 8.

Presión absoluta de entrada

$$= \text{Presión de entrada} + \text{Presión atmosférica} \dots \text{ecu. no. 7}$$

Presión absoluta de salida

$$= \text{Presión de salida} + \text{Presión atmosférica} \square \text{e la tierra} \dots \text{ecu. no. 8}$$

- 4 De las tablas vapor de Keenan & Keyes y usando los valores de entrada y salida se obtienen los siguientes resultados: Entalpía (en btu/lb), entropía (en btu/lb), volumen específico (en ft³/lb°F), entalpía líquido saturado h_f (en btu/lb), entalpía de evaporación h_{fg} (en btu/lb), entalpía de vapor saturado h_g (en btu/lb), entropía de líquido saturado s_f (en btu/lb), entropía de evaporación s_{fg} (en btu/lb), entropía de vapor saturado s_g (en btu/lb). (Ver tabla 2.1)

Tabla: 2. 1 Vapor de keenan & keyes

Tabla de Keenan & Keyes									
Turbina 1		Turbina 2		Turbina 3		Turbina 4		Turbina 5	
Entalpia a estas condiciones		Entalpia a estas condiciones		Entalpia a estas condiciones		Entalpia a estas condiciones		Entalpia a estas condiciones	
1287.7072	btu/lb	1314.9153	btu/lb	1314.9153	btu/lb	1314.9153	btu/lb	1314.9153	btu/lb
Entropia a estas condiciones		Entropia a estas condiciones		Entropia a estas condiciones		Entropia a estas condiciones		Entropia a estas condiciones	
1.5484	btu/lb	1.5484	btu/lb	1.5484	btu/lb	1.5484	btu/lb	1.5484	btu/lb
volumen especifico		volumen especifico		volumen especifico		volumen especifico		volumen especifico	
2.5986	ft ³ /b°F	2.5986	ft ³ /b°F	2.5986	ft ³ /b°F	2.5986	ft ³ /b°F	2.5986	ft ³ /b°F
Entalpia liquido saturado		Entalpia liquido saturado		Entalpia liquido saturado		Entalpia liquido saturado		Entalpia liquido saturado	
201.41	btu/lb	201.41	btu/lb	201.41	btu/lb	201.41	btu/lb	201.41	btu/lb
Entalpia de evaporación		Entalpia de evaporación		Entalpia de evaporación		Entalpia de evaporación		Entalpia de evaporación	
956.73	btu/lb	956.73	btu/lb	956.73	btu/lb	956.73	btu/lb	956.73	btu/lb
Entalpia de vapor saturado		Entalpia de vapor saturado		Entalpia de vapor saturado		Entalpia de vapor saturado		Entalpia de vapor saturado	
1149.14	btu/lb	1149.14	btu/lb	1149.14	btu/lb	1149.14	btu/lb	1149.14	btu/lb
Entropia de líquido saturado		Entropia de líquido saturado		Entropia de líquido saturado		Entropia de líquido saturado		Entropia de líquido saturado	
0.3432	btu/lb	0.3432	btu/lb	0.3432	btu/lb	0.3432	btu/lb	0.3432	btu/lb
Entropia de evaporación		Entropia de evaporación		Entropia de evaporación		Entropia de evaporación		Entropia de evaporación	
1.3811	btu/lb	1.3811	btu/lb	1.3811	btu/lb	1.3811	btu/lb	1.3811	btu/lb
Entropia de vapor saturado		Entropia de vapor saturado		Entropia de vapor saturado		Entropia de vapor saturado		Entropia de vapor saturado	
1.7112	btu/lb	1.7112	btu/lb	1.7112	btu/lb	1.7112	btu/lb	1.7112	btu/lb

5 Calcular la calidad del vapor (X2), por medio de la fórmula que muestra la ecuación número 9.

Calidad del vapor

$$= \frac{\text{Entropía a éstas condiciones} - \text{Entropía de líquido saturado}}{\text{Entropía de evaporación}}$$

* 100 ... Ecu. no. 9

Que es igual a:

$$X2 = \frac{S2 - Sf}{Sfg} * 100$$

Al complemento de la calidad del vapor considerando el 100% se le denomina con la letra Y2 como lo ilustra la ecuación número 10.

$$Y2 = 1 - X2 \dots \text{Ecu. no. 10}$$

- 6 Calcular la entalpía en el punto (H2) dos utilizando la fórmula que muestra la ecuación número 11.

$$\text{Entalpía en punto 2}$$

$$\begin{aligned} &= \text{Entalpía de vapor saturado} \\ &- (\text{Complemento de calidad de vapor} \\ &* \text{Entalpía de evaporación}) \dots \text{Ecu. no. 11} \end{aligned}$$

Que es igual a:

$$H2 = hg - (Y2 * hfg)$$

- 7 Calcular la calidad del vapor con respecto al valor de la entalpía en el punto dos, utilizando la fórmula de la ecuación número 12.

$$\text{Calidad de vapor}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Entalpía de vapor saturado} - \text{Entalpía de líquido saturado}}{\text{Entalpía de evaporación}} \\ &* 100 \dots \text{Ecu. no. 12} \end{aligned}$$

Que es igual a:

$$X2 = \frac{hg - hf}{hfg}$$

- 8 Calcular la entropía con respecto a la calidad de vapor en el punto dos, utilizando la ecuación número 13.

$$\begin{aligned} &\text{Entropía} = \text{Entropía de líquido saturado} \\ &- (\text{Calidad de vapor en el punto dos} \\ &* \text{Entropía de evaporación}) \dots \text{Ecu. no. 13} \end{aligned}$$

Que es igual a:

$$S_2 = S_f + (X_2 * S_{fg})$$

9 Cálculo de los coeficientes de vapor real y de vapor ideal

Bajo la siguiente fórmula

Vapor específico real =

$$\frac{2545}{(Entalpía\ en\ estas\ condiciones - Entalpía\ en\ el\ punto\ 2) - Temperatura\ constante(Entropía\ en\ punto\ 2 - Entropía\ en\ estas\ condi$$

Que es igual a:

$$Vapor\ específico\ real = \frac{2545}{(H_1 - H_2) - TC(S_2 - S_1)}$$

Dónde:

TC= Temperatura constante = Temperatura promedio respecto a la presión de ingreso y salida en la turbina.

10 Calcular el ciclo de vapor ideal

$$C_{evi} = \frac{2545}{Entalpía\ en\ estas\ condiciones - Entalpía\ en\ el\ punto\ 2} \dots Ecu. no. 15$$

Que es igual a:

$$C_{evi} = \frac{2545}{H_1 - H_2}$$

11 Calcular el rendimiento o eficiencia de la turbina de acuerdo a sus consumos de vapor.

$$Eficiencia = \frac{\text{Salto térmico}}{\text{Salto térmico disponible}} * 100 \dots Ecu. no. 16$$

Que es igual a:

$$Eficiencia = \frac{H_i}{H_0} * 100$$

Dónde:

$H_0 = H_1 - H_2$

H_1 : Entalpía en éstas condiciones

H_2 : Entalpía en el punto 2

Para calcular H_i la fórmula es:

$$H_i = \frac{2545}{\text{Consumo de Vapor específico real}} \dots Ecu. no. 17$$

12 Cálculo del consumo de vapor real de la turbina

Consumo de vapor

= Potencia mecánica consumida

** Consumo de vapor específico real ... Ecu. no. 18*

La potencia mecánica se determina por:

$$\text{Potencia mecánica consumida} = \frac{\text{Velocidad de trabajo} * \text{Potencia}}{\text{Velocidad de diseño}} \dots Ecu. no. 19$$

13 Cálculo del consumo de vapor ideal de la turbina

Consumo de vapor ideal

*= Ciclo de vapor ideal CEVI * Potencia mecánica consumida ... Ecu. no. 20*

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Obtención de datos de cada una de las turbinas, que son: horas de disponibilidad, horas de mantenimiento programado, horas de disponibilidad forzada y horas equivalentes por degradación cuando la unidad está disponible.

Bajo la siguiente formula

$$HD = (No. de días del mes, año o periodo a evaluar * 24 horas) - (HIF - HMP) \dots Ecu. no. 2$$

$$TURBINA 1 \quad HD = (180 * 24) - (105 - 160) = 4375$$

$$TURBINA 2 \quad HD = (180 * 24) - (80 - 136) = 4376$$

$$TURBINA 3 \quad HD = (180 * 24) - (80 - 140) = 4380$$

$$TURBINA 4 \quad HD = (180 * 24) - (80 - 135) = 4375$$

$$TURBINA 5 \quad HD = (180 * 24) - (105 - 150) = 4365$$

Para calcular las Horas equivalentes por degradación cuando la unidad está disponible es

Ante la siguiente formula

$$HED = \sum_{i=1}^n \frac{(PP - PD_i)}{PP} \dots \dots \dots Ecu. no. 3$$

$$HED \text{ TURBINA 1} = 720 * \frac{(3500 - 935)}{3500} = 528$$

$$HED \text{ TURBINA 2} = 720 * \frac{(3100 - 480)}{3100} = 609$$

$$HED \text{ TURBINA 3} = 720 * \frac{(3100 - 480)}{3100} = 609$$

$$HED \text{ TURBINA 4} = 720 * \frac{(3300 - 600)}{3300} = 589$$

$$HED \text{ TURBINA 5} = 720 * \frac{(3500 - 1000)}{3500} = 514$$

Aplicación de la fórmula de obtención del coeficiente de disponibilidad individual de la turbina de vapor. Bajo la siguiente formula

$$Coefdisp. = \frac{HD + HMP - HED}{HD + HIF + HMP}$$

$$Coefdisp \text{ de la turbina 1} = \frac{(4375 + 160 + 528)}{(4375 + 105 + 160)} = 0.86$$

$$Coefdisp \text{ de la turbina 2} = \frac{(4376 + 136 - 609)}{(4376 + 80 + 136)} = 0.85$$

$$Coefdisp \text{ de la turbina 3} = \frac{(4380 + 140 - 609)}{(4380 + 80 + 140)} = 0.85$$

$$Coefdisp \text{ de la turbina 4} = \frac{(4375 + 135 - 589)}{(4375 + 80 + 135)} = 0.85$$

$$Coefdisp \text{ de la turbina 5} = \frac{(4365 + 150 - 589)}{(4365 + 105 + 150)} = 0.87$$

Aplicación de la fórmula de obtención del coeficiente de disponibilidad general de las 5 turbinas de vapor.

Bajo la siguiente formula

Coefdisp total

$$= \frac{(coefdisp \text{ unidad } u1 + coefdisp \text{ u2} + coefdisp \text{ u3} + coefdisp4 + coefdisp \text{ u5})}{(5)}$$

$$Coefdisp \text{ total} = \frac{(0.86 + 0.85 + 0.85 + 0.85 + 0.87)}{(5)}$$

$$Coefdisp \text{ total} = 0.86$$

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE CONFIABILIDAD DE LAS TURBINAS DE VAPOR

- I. Obtención de datos de cada una de las turbinas, que son: horas de disponibilidad, horas de mantenimiento programado, horas de disponibilidad forzada y horas equivalentes por degradación cuando la unidad está disponible.
- II. Aplicación de la fórmula de obtención del coeficiente de disponibilidad individual de la turbina de vapor.

Bajo la siguiente formula:

$$\text{Coeficiente de confiabilidad} = \frac{HD + HMP - HED}{HD + HIF + HMP} \times 100$$

$$\text{Coefconf de la turbina 1} = \frac{(4375 + 160 - 528)}{(4375 + 105 + 160)} \times 100 = 86\%$$

$$\text{Coefconf de la turbina 2} = \frac{(4376 + 136 - 609)}{(4376 + 80 + 136)} \times 100 = 85\%$$

$$\text{Coefconf de la turbina 3} = \frac{(4380 + 140 - 609)}{(4380 + 80 + 140)} \times 100 = 85\%$$

$$\text{Coefconf de la turbina 4} = \frac{(4375 + 135 - 589)}{(4375 + 80 + 135)} \times 100 = 85\%$$

$$\text{Coefconf de la turbina 5} = \frac{(4365 + 150 - 589)}{(4365 + 105 + 150)} \times 100 = 87\%$$

$$\text{Coefconf total} = \frac{(86 + 85 + 85 + 85 + 87)}{(5)} \times 100 = 86\%$$

III. Aplicación de la fórmula de obtención del coeficiente de confiabilidad general de las 5 turbinas de vapor.

Bajo la siguiente formula

Coef confiabilidad total

$$= \frac{(\text{coef confiabilidad unidad } u1 + \text{coef confiabilidad } u2 \dots + \text{coef disp } u5)}{(5)}$$

$$\text{Coef confiabilidad total} = \frac{(0.86 + 0.85 + 0.85 + 0.85 + 0.87)}{(5)}$$

$$\text{Coefdisp total} = 0.86$$

GRÁFICOS

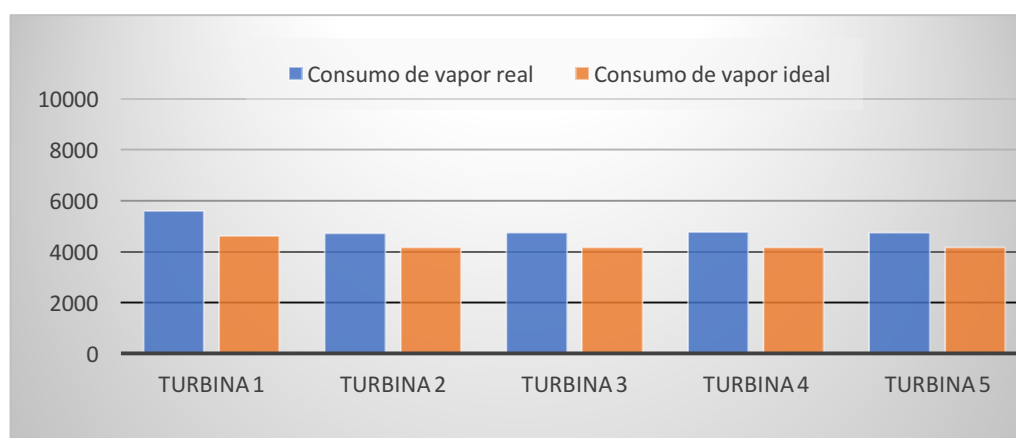
CALCULO DEL CONSUMO DE VAPOR REAL Y EL CONSUMO DE VAPOR IDEAL DE LAS TURBINAS DE VAPOR (Se muestra en la siguiente tabla 3.1).

Tabla 3.1 Resultados obtenidos del consumo de vapor de las turbinas

Número Turbina	Consumo de vapor real	Consumo de vapor ideal
Turbina 1	5592.254	4612.729
Turbina 2	4709.914	4176.387
Turbina 3	4740.192	4176.387
Turbina 4	4770.861	4176.387
Turbina 5	4755.477	4176.387

SE PUEDE OBSERVAR EN EL GRAFICO EL CONSUMOS DE VAPOR (figura 3.2)

Figura 3.2 Grafico del consumo de vapor de las turbinas



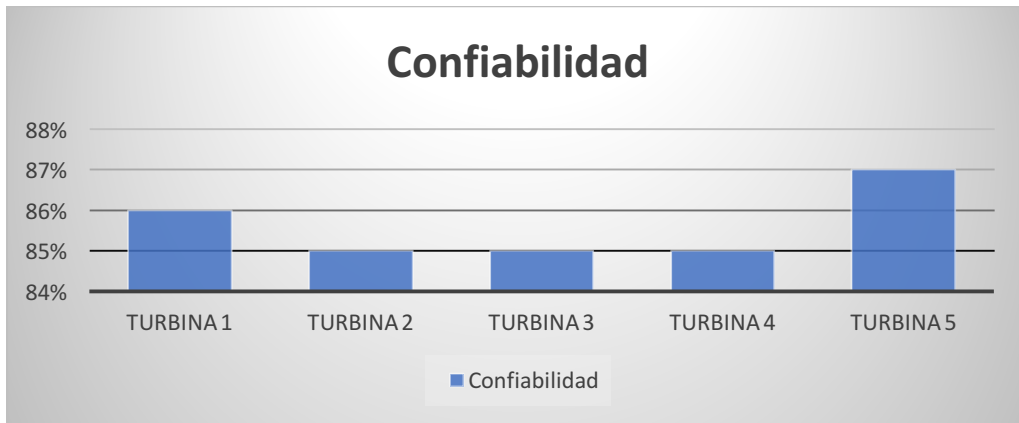
SE PRESENTA EN LA SIGUIENTE (tabla 3.3) LA CONFIABILIDAD DE LAS TURBINAS DE VAPOR

Tabla 3.3 Resultados obtenidos de la confiabilidad de las turbinas de vapor

Número Turbina	Confiabilidad
Turbina 1	86%
Turbina 2	85%
Turbina 3	85%
Turbina 4	85%
Turbina 5	87%

Se observar en el siguiente gráfico (figura 3.4) la comparación de la confiabilidad de las turbinas de vapor

Figura 3.4 Grafico de la confiabilidad de las turbinas de vapor



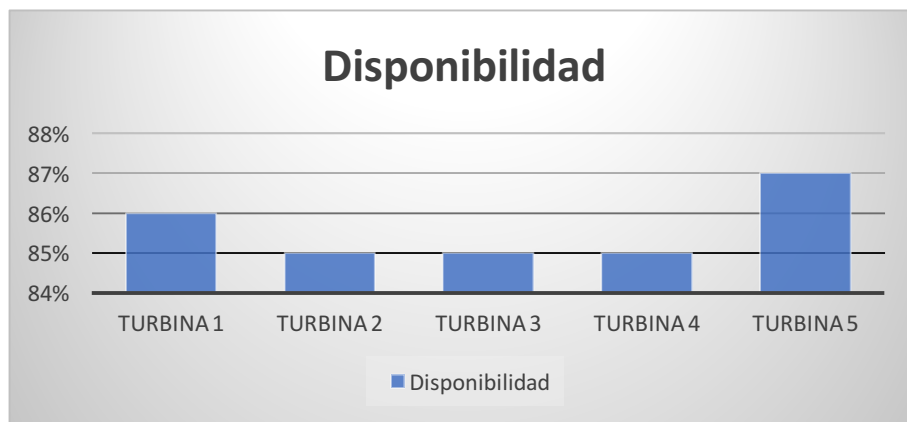
SE PRESENTA EN LA SIGUIENTE (tabla 3.5) LA DISPONIBILIDAD DE CADA UNA DE LAS TURBINAS DE VAPOR

Tabla 3.5 Resultados obtenidos de la disponibilidad de las turbinas de vapor

Número Turbina	Disponibilidad
Turbina 1	86%
Turbina 2	85%
Turbina 3	85%
Turbina 4	85%
Turbina 5	87%

EN EL SIGUIENTE (grafico 3.6) SE MUESTRA EL BALANCE DE DISPONIBILIDAD DE CADA UNA DE LAS TURBINAS DE VAPOR

Figura 3.6 Grafico de la confiabilidad de las turbinas de vapor



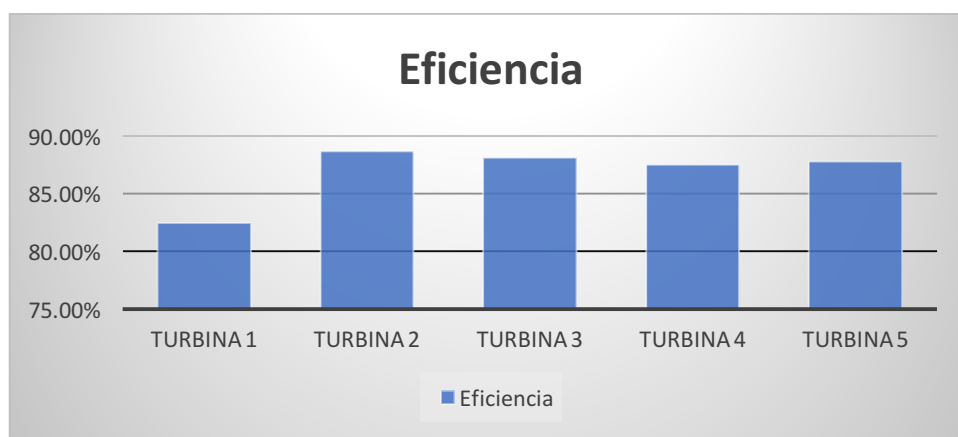
SE OBSERVA EN LA SIGUIENTE (tabla 3.7) COMO SE ENCUENTRA AL EFICIENCIA DE LAS TURBINAS DE VAPOR EN PORCENTAJE ESTABLECIDO

Tabla 3.7 Resultados de eficiencia de las turbinas de vapor

Número Turbina	Eficiencia
Turbina 1	82.48%
Turbina 2	88.67%
Turbina 3	88.11%
Turbina 4	87.54%
Turbina 5	87.82%

En el (grafico 3.8) se puede apreciar la eficiencia de cada una de las turbinas de vapor y cuál es la más eficiente en su operación

Figura 3.8 comparación de la eficiencia de las turbinas de vapor



CONCLUSIÓN

Se realizó el presente estudio denominado “Determinación de la eficiencia de las turbinas de vapor del ingenio San Miguelito, previo al análisis del consumo de vapor”. Llegando a las siguientes conclusiones.

Dicha investigación a través de la implementación de diversas herramientas, dio como resultado la disponibilidad de las turbinas de vapor, es por esta razón que se puede concluir que, en un rango bajo se encuentran las turbinas 2, 3,4 con un 85% y con el mayor número de disponibilidad se determinó que es turbina número 5 con un 87%, la turbina que se mantienen en un porcentaje intermedio es la turbina 1 con un 86% de disponibilidad.

En otro de los casos, se logró determinar la confiabilidad de las turbinas de vapor, las cuales fueron establecidas la número 2, 3,4 con un 85%, las que demostró con un rendimiento bajo y con el mayor número de confiabilidad se identificó la numero 5 con un 87%, manteniendo un porcentaje intermedio fue la turbina 1 con un numero de confiabilidad del 86%.

En otro orden de ideas también se pudo obtener el cálculo de la eficiencia de las turbinas de vapor, la eficiencia menor la tiene la turbina 1, con un porcentaje de 82.48% y la que muestra un nivel más alto es, la turbina número 2 con una eficiencia de 88.67%, debido a que se encuentran en un rango intermedio las turbinas: 3 con la eficiencia de 88.11%, la turbina 4 con una eficiencia de 87.54 y la turbina 5 con una eficiencia 87.82%.

RECOMENDACIONES

- Es preciso poseer un registro con los historias de fallas de cada una de las turbinas de vapor y ordenes de mantenimiento para cada uno de los equipos que funcionan en planta, para así conocer las frecuencias de fallas y los TPPR de cada una con la finalidad de facilitar el análisis de criticidad y de fallas de los mismos
- Es importante obtener manuales del fabricante de cada equipo, para así buscar las recomendaciones de los mismos al momento de una falla o de hacer planes de mantenimientos futuros.
- Se considera que se debe instalar un sistema donde se puedan llevar el registró para cada quipo, además de adiestrar y capacitar al personal operador y supervisor en el uso del mismo para así poder llevar una mejor organización.
- Formar equipos de trabajo entre supervisores, operadores, técnicos y obreros que se encarguen de generar planes de mantenimiento preventivo, estudios y análisis que eviten y disminuyan la cantidad de equipos que fallan en la planta.
- La meta no debe ser solo generar energía, ya que a la larga todas las fallas en los equipos que pudieron ser evitadas le van a hacer más daño a la planta, después los costos de reparación son más elevados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cerón Suchini, R. A. (Octubre de 2005). *DISPONIBILIDAD, CONFIABILIDAD Y PRODUCTIVIDAD DE . Guatemala, Guatemala, Guatemala.*
- García, F. G. (2016). *Investigación comercial 4ª ed.* Madrid: ESIC.
- Gómez, M. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación científica.* Cordoba Argentina: Brujas.
- Rojas, G. C., & Santiago, S. G. (2003). *Investigación Documental.* México: E.N.B.A.
- Salkind, N. -J. (1999). *Métodos de investigación.* México: ISBN.
- SAMPIERE. (1997). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.* DE MEXICO: MC GRANW HILL.
- Sargento, C. (2000). Obtenido de <http://www.bscgla.com/04.%20Educacion/00010.%20Productividad/Productividad.pdf>
- Suck, A. T., & Torres, R. R. (2007). *Manual de investigación documental: elaboración de tesinas.* Barcelona, España: Plaza y Valdés.
- Tamayo. (2007). Obtenido de http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/eal/metodologia_cuantitativa.html

SISTEMA DE CONVEYORS DIDÁCTICO DE MANUFACTURA AUTOMATIZADO

HÉCTOR MURILLO MARTÍNEZ¹, HERIBERTO PULIDO RUIZ², JUAN CARLOS RAYMUNDO VILLARREAL³.

RESUMEN

La presente Investigación describe los resultados obtenidos en el diseño, desarrollo e implementación de conveyors en módulos didácticos en el instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Veracruz, donde a través del análisis asistido por computadora y herramientas de automatización se da una alternativa al proceso de enseñanza. Se logro implementar 1 modulo automatizado con conveyors que representa un sistema de manufactura industrial con elementos de calidad y al mismo tiempo económicos, dicho sistema puede emular un proceso donde un producto es transportado, embalado y monitoreado por interfaz maquina hombre. teniendo en cuenta que el beneficio es de gran impacto en la comunidad estudiantil que llevan materias a fines como lo es ingeniería mecatrónica, electrónica, industrial, etc.

Palabras clave: *Automatización, controlador lógico programable, control, conveyors.*

INTRODUCCIÓN.

Todo proceso industrial se maneja bajo diversos sistemas, sean estos informáticos, eléctricos, neumáticos, electrónicos, mecánicos, etc., por tanto, es necesario que en la empresa moderna, se domine todos los bloques involucrados en la producción, a fin de solventar las necesidades que se presenten [1].

Mover o desplazar productos en cantidades grandes en industrias es una gran necesidad y sobre todo cuando estos productos necesitan posiciones especificas en rutas necesarias.

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. m.e.murillo13@gmail.com

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. Tierradelsur_6@hotmail.com

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. jcharly1.7@gmail.com

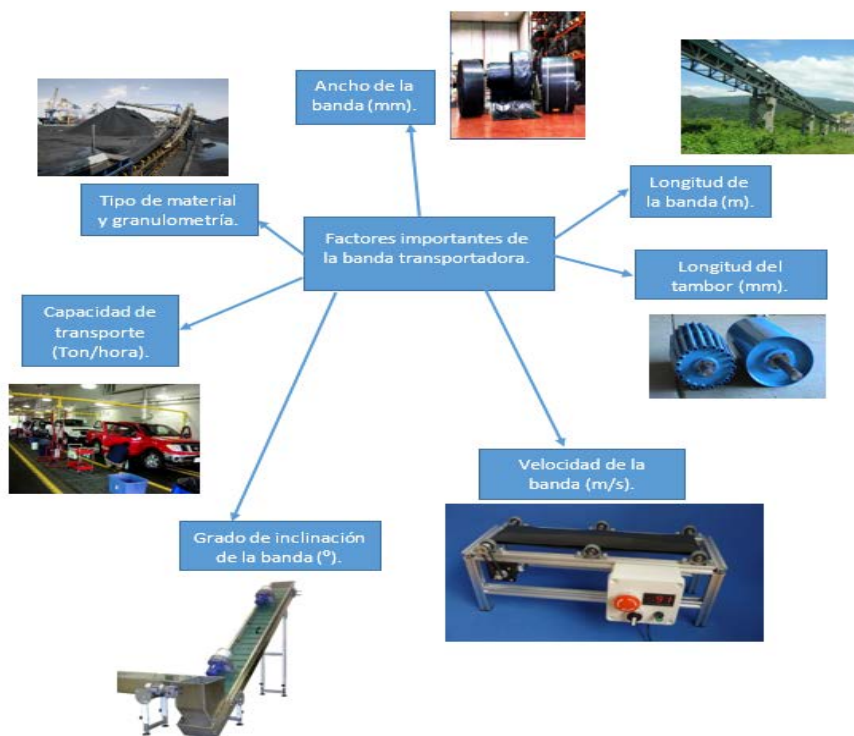
Los sistemas con conveyors en la industria son de gran utilidad ya que facilitan la operación y aumentan la eficiencia y, por lo tanto, la utilidad de la empresa. Por otro lado, los diferentes controladores lógicos que existen en el mercado juegan un gran papel en la automatización de procesos industriales y manufactura. Por esta razón es imperante que hoy en día exista personal capacitado y con conocimiento que pueda operar sistemas de automatismos. Hoy en día la automatización y control de procesos industriales avanza de forma creciente y debe contemplarse dentro de las aulas módulos o sistemas que simulen el entorno laboral para que los alumnos lleven a la práctica procesos que en un futuro será implementados en su campo laboral.

El concepto de automatización (del griego autos que significa "por si mismo" y maiomai "lanzar") corresponde a la necesidad de minimizar la intervención humana en los procesos de gobierno directo en la producción, vale decir ahorrar esfuerzo laboral.[2]

Los trabajos prácticos como estrategia de enseñanza de aprendizaje permiten aplicar la teoría en la solución de problemas permitiendo en los estudiantes adquisición de aprendizaje significativo , y en un sentido más amplio el trabajo práctico, al elegir este tipo de actividades, se orienta más a la reflexión, favoreciendo el desarrollo conceptual, con el fin de lograr que el trabajo en el laboratorio sea actividad cautivante, motivadora y que pueda ayudar a lograr los objetivos de aprendizaje .

Existen diferentes factores a considerar en el uso y aplicación de bandas transportadoras, ya que el tipo de producto o requerimiento de las empresas son factores importantes a considerar, sin embargo, algunos otros factores a tener en cuenta se muestran en la figura 1.

Figura 1. Factores para elección de conveyors



Un sistema de manufactura Flexible (SMF) está dinámicamente interactuando con un medio ambiente de producción, lo cual afecta a su operación en general, de acuerdo con: a) al número de productos a fabricar, b) el ciclo de vida del producto en el proceso productivo y, c) a la gama de productos a manufacturarse. Esto trate como consecuencia: I) la preparación de los dispositivos de sujeción, II) la programación de los diferentes elementos automáticos (robots, actuadores, centros de maquinado, sistemas de inspección, etc.) y III) el registro de información de la cadena productiva, así como los tiempos de producción de cada uno de sus elementos o tiempos de espera para integrar a un producto.[3]

De forma que los elementos que los componen requieren estar en sincronía en su comunicación y, con restricciones de tiempo, es decir, su programación debe ser en tiempo real.

MATERIAL Y MÉTODOS

BÚSQUEDA Y RECOLECCIÓN DE DATOS.

La búsqueda y recolección de datos se centró en dos aspectos principales el del modulo de control con todo lo que conlleva su diseño y construcción con sus elementos de mando y control, el otro aspecto importante se centró en el diseño de la banda transportadora o conveyors el cual también implica un sistema de control, para al final fusionar los dos sistemas en un proceso que modele o simule un pequeño modulo de manufactura donde el usuario pueda llevar la teoría a la práctica.

Recordando que el uso de bandas transportadoras o conveyors puede depender de las diferentes necesidades de la empresa o del cliente, así como el producto a transportar. Una banda transportadora puede ser clasificada en diferentes categorías de acuerdo a su tipo y funcionalidad. La figura 1 muestra la clasificación principal.[3]

ANÁLISIS DE DATOS Y DISEÑOS.

El análisis de datos para el diseño del con conveyors se consideró los siguientes elementos:

- Sistema a representar para el proceso de manufactura.
- Análisis y dimensión de estructura del conveyors y de modulo.
- Diseño experimental de gabinete y del conveyors.
-
- Diseño del Tablero de simulación.
- Elementos de mando y control.
- Conexiones eléctricas y protecciones.

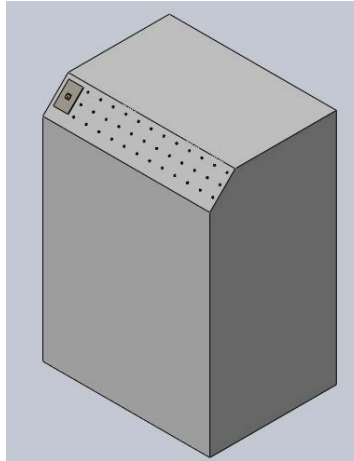
Figura 2. Tipos de conveyors y productos

Tipo de productos.	
Bulks.	Son utilizadas para productos de gran volumen, que no se encuentran empacadas. Este tipo de banda transportadora se sugiere que se utilicen con el carbón, cemento, granos u otros materiales (Fonseca, Uppal y Greene, 2004).
Unit Handling (Unidad de Manipulación).	Están diseñados para la manipulación de productos empacados en cajas o envases de bajo peso o volumen (Fonseca, Uppal y Greene, 2004).
Accumulating (Acumulador).	Estos trabajan continuamente, lo cual, contribuye al movimiento continuo del carbón y acumulación en el camión o patio de almacenamiento (Fonseca, Uppal y Greene, 2004).
Non- Accumulating (No Acumulador).	Estos tienen la característica para el movimiento de la banda transportadora cuando se realiza una carga o descarga (Fonseca, Uppal y Greene, 2004).
Tipos de conveyors.	
Cinta con rodillos.	Son bandas transportadoras conformadas por un conjunto de rodillos, sobre los cuales se desplaza la carga de forma gravitatoria o mecánica. Pueden ser utilizadas para el movimiento de productos durante la producción, la gestión de almacenes y la distribución de productos en empaques primarios, secundarios y embalajes.
Banda de cinta (Belt Conyevor).	Sistema de transporte continuo formado por una banda continua sobre el cual, se mueve o traslada el carbón.

Factor importante de los pasos descritos anteriormente es el análisis de cotizaciones de mínimo recomendado tres empresas ya que estos precios pueden variar considerablemente. Es importante que este modulo cuente con sistema de protección contra corto circuito ya que probablemente en el proceso enseñanza-aprendizaje el usuario cometa errores que pueden afectar piezas mas importantes y costosas un fusible.

Se utiliza SolidWorks el cual es un software CAD para modelado mecánico en 2D y 3D, la parte de conexión del modulo se muestra en la figura 2, aquí el alumno por medio de borneras tipo banana conectara los diferentes sistemas de mando previamente revisados.

Figura 3. Diseño de modulo



El modulo esta diseñado para el transporte de pequeños productos embalados en cajas de 20 cm y con un peso máximo de 5 kg, algunas de las características del diseño del conveyors son las siguientes.

Voltaje de operación del motor.	110V / 60Hz.
Potencia del motor.	250W
Velocidad.	ajustable
Longitud de la correa.	150cm (59 ")
Anchura del cinturón.	20 cm
Altura del cinturón desde el suelo.	75 CM
Material de construcción.	Acero inoxidable y PVC

El diseño final se puede apreciar en la figura 4, este conveyors puede ser ampliado para un sistema de manufactura más complejo.

Figura 4. Diseño final de conveyors



El módulo consta un controlador lógico programable o PLC 1200 de siemens, una HMI KTP600 para la interfaz entre el operador y la máquina, como actuadores dos cilindros neumáticos para la elevación de pequeñas cajas, protecciones de sobretensión y corto circuito. El presente modulo puede ser ampliado implementando un nuevo conveyor para la extracción del producto en un segundo nivel y la implementación de un sistema GPS/GPRS para mando a distancia.

Figura 5 Diseño de pistones neumáticos.

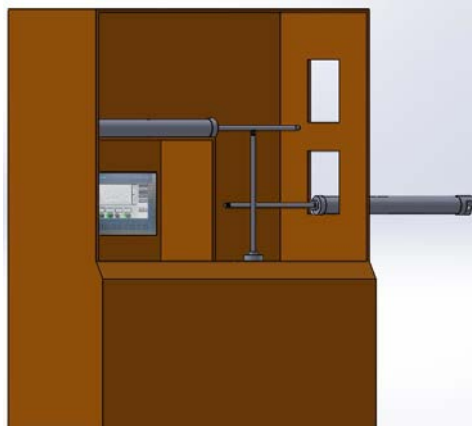
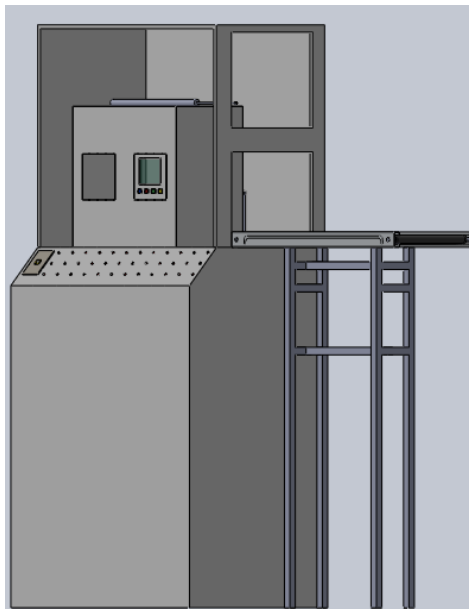


Figura 6. Modulo final



3.- Pruebas de puesta a punto del módulo.

Las pruebas para el pequeño sistema de manufactura se implementan con éxito logrando conectar el modulo de control con el conveyors. Se realizan pruebas de ambos elementos para garantizar el funcionamiento correcto.

CONCLUSIONES

La ejecución de operaciones de automatización con uso de conveyors en industrias, es necesaria debido al aumento creciente para hacer mas eficientes los procesos y por lo tanto tener mayores ganancias. Se observa que el PLC es muy importante el cuidar las variables e identificar cual es la función de cada una de ellas dentro del proceso. Uno de los principales resultados obtenidos es el enfoque práctico del alumnado y no solo teórico. Se realiza el modulo para ser implementado en la carrera de ingeniería mecatrónica, pero con uso y aplicaciones de diversas materias como lo son, automatización, PLC, Comunicaciones, etc.

El modulo es capaz de transportar pequeños objetos libres o embalados, para futuros trabajos se pretende implementar conveyors de salida de producto y sistema de comunicación remota GPRS para el intercambio de datos a distancia.

Este módulo fue diseñado como medio de aprendizaje y una herramienta pedagógica que proporcione un espacio para desarrollar una competencia más en el estudiante.

El módulo fue construido teniendo en consideración factores ergonómicos, de seguridad y ambientales que puedan ocasionar daños al equipo o al personal que lo utilice. Pensando en la comodidad, movilidad, rentabilidad entre otros factores, que proporcionen un vínculo agradable al usuario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- P. Piedra, J. Pablo, Q. Padilla, and W. Patricio, "Redalyc.La mecatrónica: sistemas de automatización en serie," 2004.
- C. Nieto, "Manufactura y automatización," 2006.
- R. A. GÓMEZ M. and A. A. CORREA E., "Analysis of Implementation Conveyor Systems in Storage Yards in Coal Mining Companies With Discrete Simulation and Design of Experiments," *Boletín Ciencias la Tierra*, no. 29, pp. 55–72, 2011.
- GEA, J. M. y LLADONOSA, V. (1998) "Circuitos básicos de ciclos neumáticos y electroneumáticos".. Editorial Marcombo.
- FESTO DIDACTIC," Fundamentos de Neumática, P.Crosser, 2000,109p.
- FESTO.PDF "Apuntes de Neumática" ,33 p.
- <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1162/3/108T0008m.pdf>

DISEÑO DE UNA PRÓTESIS DE EXTREMIDAD SUPERIOR MEDIANTE EL SOFTWARE SOLIDWORKS.

DIANA ISABEL DÍAZ DÍAZ¹, JUAN RENÉ GONZÁLEZ ROMERO², FERNANDO MACHORRO RAMOS³.

RESUMEN.

En este trabajo se presenta el diseño de una prótesis elaborada mediante el software SolidWorks para poder ser implementada como un brazo mioeléctrico con el fin de que las personas que sufren de la falta de una extremidad superior puedan hacer uso de ella, para poder realizarla se estudió el comportamiento y anatomía del brazo y la mano humana para así obtener una idea correcta de la implementación, este diseño se desarrolló dando solución a una problemática existente en México. El elaborarla sería de mucha ayuda para las personas amputadas, ya que les asistirá a realizar sus actividades diarias, tomando en cuenta que tendrá una fuerza de agarre de 6 a 10 kg/cm², así mismo podrán mejorar su interacción con el mundo cotidiano disminuyendo la frustración que se tiene al no poder realizar algunas actividades sin crear un grado de dependencia.

Palabras clave: *Diseño, prótesis, articulación, SolidWorks.*

INTRODUCCIÓN.

La extremidad superior humana está compuesta por diferentes partes simples de ver: mano, antebrazo-brazo y cintura escapular. El diseño a elaborar constara de la mano y el antebrazo-brazo. Para poder desarrollar la prótesis es necesario investigar el funcionamiento del brazo y la mano humana, así de esa forma la propuesta de diseño será creada de una forma muy real cubriendo las necesidades adecuadas.

Las manos son una parte importante del cuerpo, viendo en ella dos grandes divisiones las cuales son la palma y los dedos. Cada mano tiene 27 huesos extendiéndose desde

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. diana.diaz10@hotmail.com

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. jrgr_56@hotmail.com

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. fmachorro317@hotmail.com

la muñeca hasta los nudillos, hay cinco huesos metacarpianos, 14 huesos articulados de los dedos. Ocho pequeños huesos en forma de adoquín encajan entre sí para unir la mano y el antebrazo. Son nuestros huesos del carpo, que forman la muñeca. Un conjunto de ligamentos, tendones y músculos fuertes mantienen junta esta colección de huesos (ver Ilustración 1). [Carter y Weber 2004].

Es importante tener en cuenta que la mano es la principal parte del cuerpo humano mediante la cual se tiene contacto físico con todo lo que una persona tiene a su alrededor, no dejando de lado el brazo, se podría decir que es el conjunto perfecto (brazo y mano) para que un individuo pueda no solo tener contacto físico si no realizar sus actividades cotidianas.

Ilustración 1. Huesos de la mano.



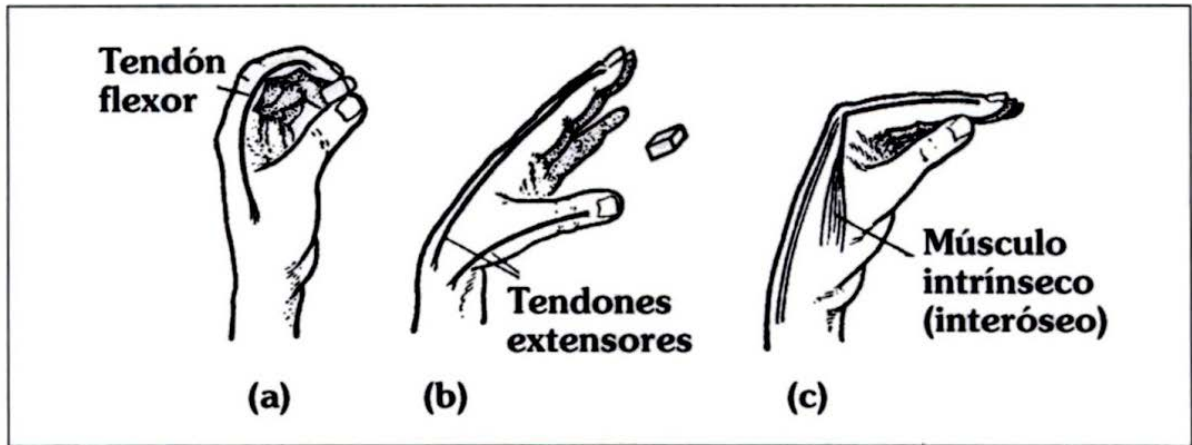
Fuente: Carter y Weber 2004

FUNCIONES DE LA MANO.

En los animales, los dedos se utilizan meramente para una presión ordinaria gracias a la contracción alternante de los flexores y los extensores, y al relajamiento de su sujeción (Ilustración 2 a, b). El hombre también ha desarrollado una acción coordinada fina de los dedos gracias a la evolución de los músculos intrínsecos locales confinados en la mano. Su acción especial consiste en la adopción de la posición de la escritura de los dedos y la oposición del pulgar al resto en una delicada prensión. Esto se consigue por los pequeños músculos que flexionan las articulaciones metacarpofalángicas, y

entonces extienden las articulaciones interfalángicas estirando los largos tendones extensores (Ilustración 2, c) [Le Vay 2004].

Ilustración 2. Movimientos de los dedos



Fuente: [Le Vay 2004].

Otra parte importante del diseño es el antebrazo-brazo, de lo cual se debe tener en cuenta de una manera clara como es que están formados.

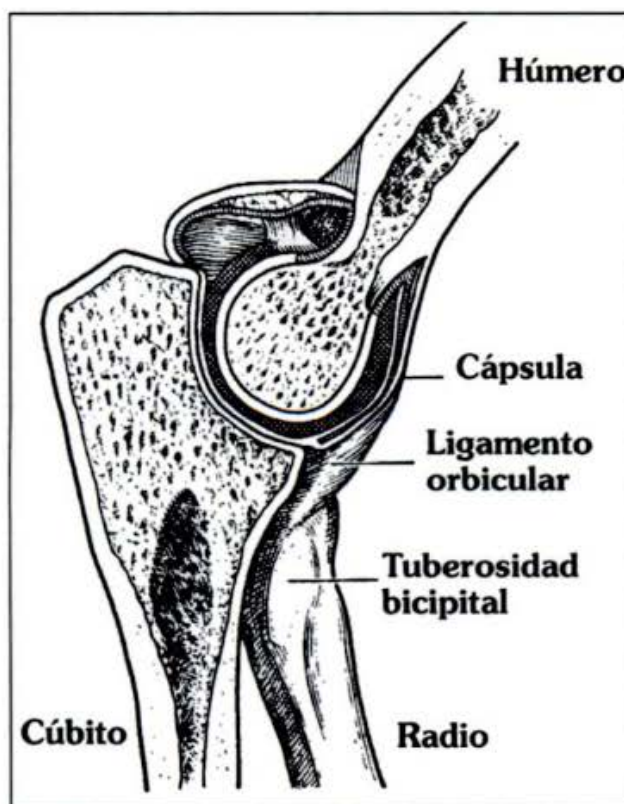
El húmero, o hueso de la zona superior del brazo, se articula con la escápula en el hombro y con los huesos del antebrazo en el codo. Posee un cuerpo con dos extremidades prominentes. El extremo superior o proximal incluye una cabeza redondeada, que apunta hacia arriba en dirección medial. Sobre la zona lateral, opuestas a la cabeza, se encuentran dos prominencias, la tuberosidad mayor (o troquíter) y la tuberosidad menor (o troquín), que proporcionan una unión a los pequeños músculos rotadores que se encuentran alrededor de la articulación. [Le Vay 2004].

ARTICULACIÓN DEL CODO.

Implica tres articulaciones: la verdadera articulación del codo (articulación troclear) entre la apófisis troclear del húmero y la correspondiente escotadura del cúbito; la articulación de la cabeza radial y del cóndilo humeral, y la articulación radiocubital proximal. Como en todas las articulaciones trocleares, los ligamentos colaterales de los lados son muy fuertes y permiten, uniendo el húmero y el cúbito, sólo la flexión y la

extensión. Las porciones anterior y posterior de la cápsula son laxas, de forma que pueden extenderse con facilidad en toda la amplitud del movimiento. [Le Vay 2004].

Ilustración 3 Articulación del codo.

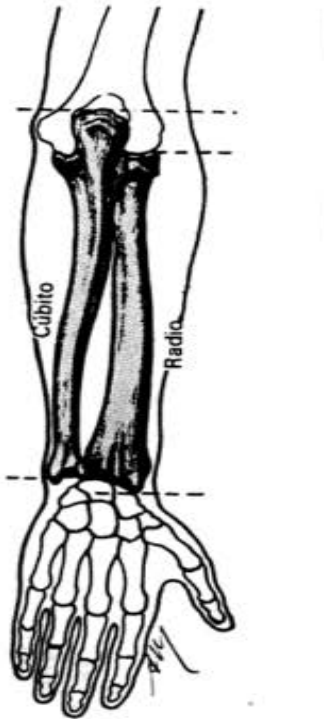


Fuente: [Le Vay 2004].

Es importante saber cómo la mano y el brazo están formados, para tener en cuenta cuando se haga el diseño de la prótesis esto con la finalidad de que se cree un brazo idea para las personas amputadas.

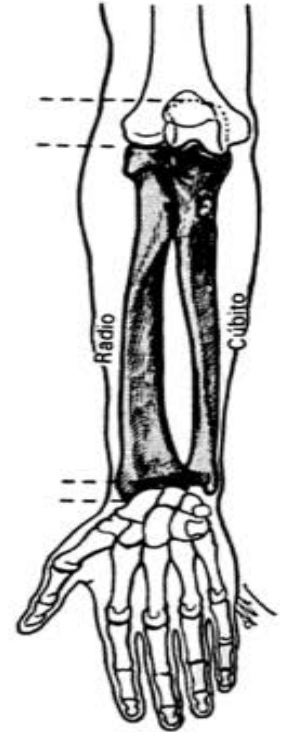
El esqueleto del antebrazo constituido por dos huesos: el cúbito y e radio. El cúbito es un hueso largo, situado entre el húmero y el carpo y en la parte interna del antebrazo. Lateralmente a este hueso está el radio situado en la parte externa del antebrazo. Estos dos huesos se montan ligeramente en sentido longitudinal. Esto es que el cúbito, en su parte craneal sobrepasa al radio y que este en su parte inferior sobrepasa discretamente al cúbito. Están dispuestos paralelamente, cuando el brazo cuelga y la palma de la mano mira hacia adelante. (Figura 1 y Figura 2). [Moreaux].

Ilustración 4. Antebrazo posterior.



Fuente: Moureaux.

Ilustración 5. Antebrazo anterior.



Fuente: Moureaux.

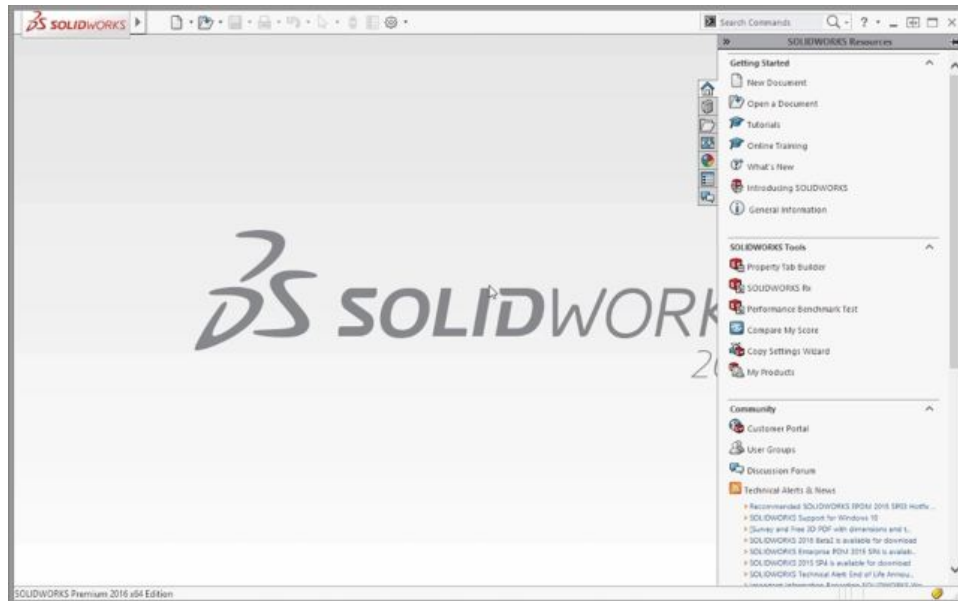
Cada comportamiento contiene un complejo grupo de músculos con un tronco nervioso asociado. El grupo superficial posee un origen flexor común sobre a zona medial del epicóndilo del húmero. El grupo profundo se origina en los huesos del antebrazo y la membrana interósea, e incluye los flexores profundos de los dedos y el gran flexor del pulgar. [Le Vay 2004].

SOLIDWORKS.

El software CAD SOLIDWORKS® es una aplicación de automatización de diseño mecánico que les permite a los diseñadores croquizar ideas con rapidez, experimentar con operaciones y cotas, y producir modelos y dibujos detallados. Emplea un procedimiento de diseño en 3D. Al diseñar una pieza, desde el croquis inicial hasta el resultado final, está creando un modelo en 3D. A partir de este modelo, puede crear dibujos en 2D o componentes de relaciones de posición que consten de piezas o subensamblajes para crear ensamblajes en 3D. También puede crear dibujos en 2D a

partir de los ensamblajes en 3D. Cuando diseñe un modelo con SOLIDWORKS, puede visualizarlo en tres dimensiones para ver su aspecto una vez fabricado.

Ilustración 6 herramienta de diseño



En la ilustración 6 se puede apreciar la herramienta que se utilizó para el diseño de la prótesis siendo mostrada la pantalla inicial del programa.

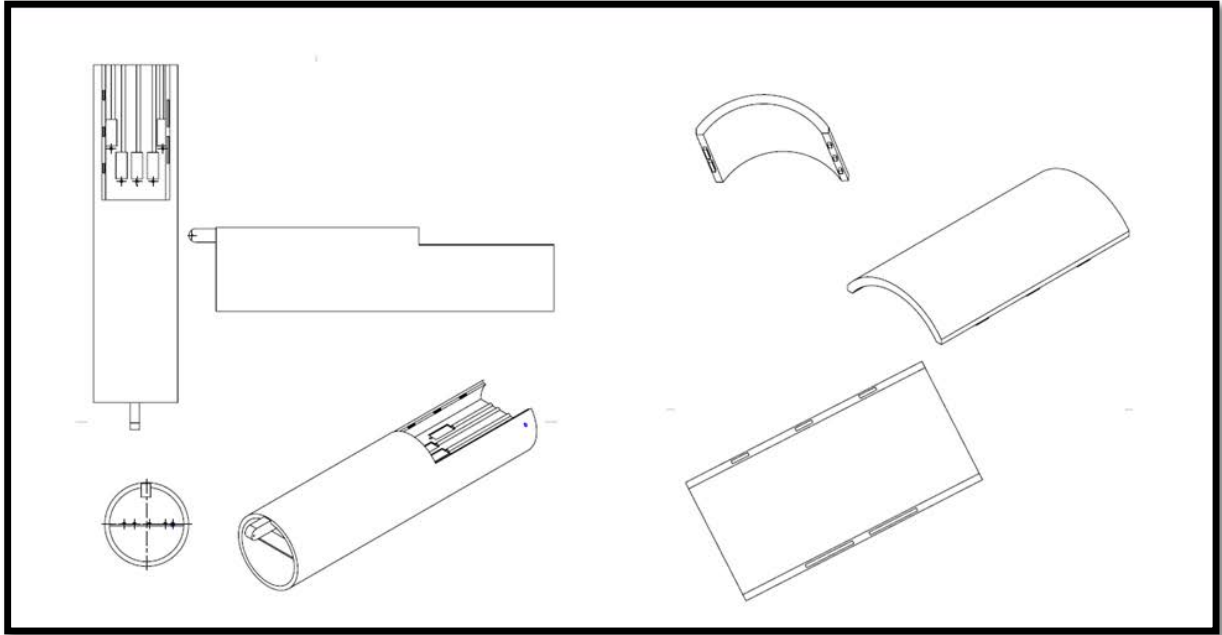
METODOLOGÍA.

DISEÑO DE LA PRÓTESIS.

Para la elaboración de la prótesis se diseñó cada pieza por separado, una vez analizada la anatomía del esqueleto humano y la composición de los huesos de un brazo para llevar a cabo su desarrollo, dónde el radio y el cúbito fueron remplazados por una pieza. Los carpos y metacarpos fueron sustituidos por una pieza sólida a la cual se añadirán los dedos los cuales fueron subdivididos en piezas representativas de los falanges, falanginas y falangetas.

Al finalizar el diseño de cada pieza se realizó un ensamblaje para comprobar que las medidas eran las adecuadas y cada pieza encajaba correctamente una con otra.

Ilustración 7. Antebrazo y tapa

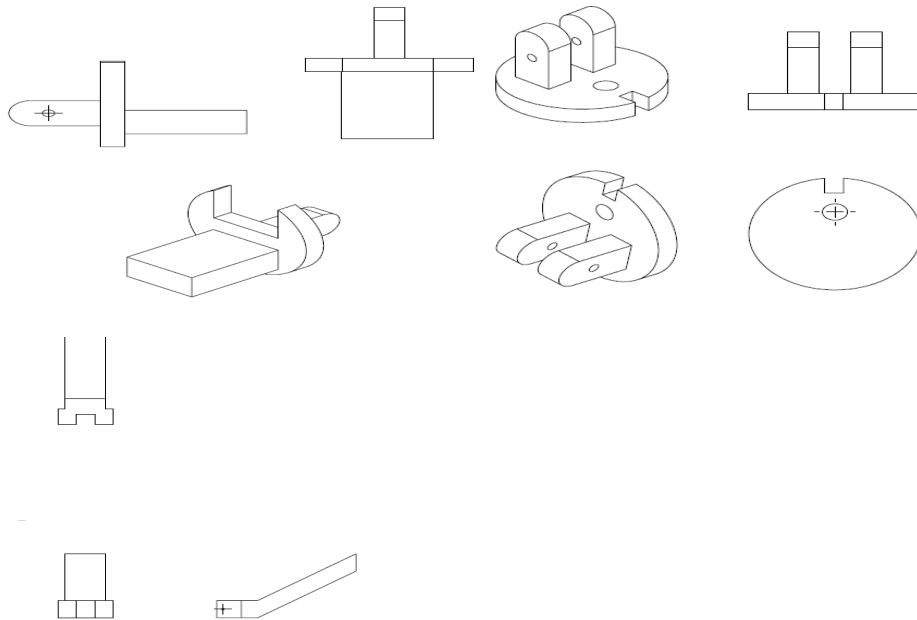


Fuente: Elaboración propia.

Las imágenes anteriores son planos en diferentes vistas referentes al diseño del antebrazo y la tapa, en el antebrazo se alcanzan a apreciar figuras rectangulares y unos canales seguidos de dichos rectángulos que servirán de base para colocar servomotores y guías de los hilos tensores respectivamente. La tapa servirá de protección para el material colocado en esta área.

En la parte del antebrazo se alcanza a observar un pequeño saliente el cuál servirá de unión para las siguientes piezas que son partes del codo (ilustración 8).

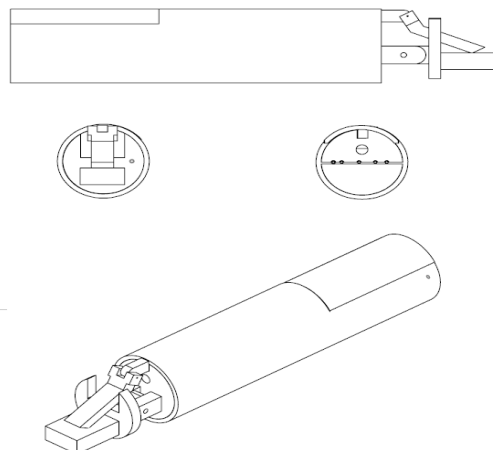
Ilustración 8. Codo



Fuente: Elaboración propia

Estás 3 piezas son esenciales pues con ellas se podrá generar un movimiento similar a la contracción producida por el codo, la pieza con una muesca irá unida al antebrazo permitiendo que la biela encaje con el saliente de este mismo y los 2 encajes corresponden a la unión de la última figura mediante un perno, permitiendo movilidad.

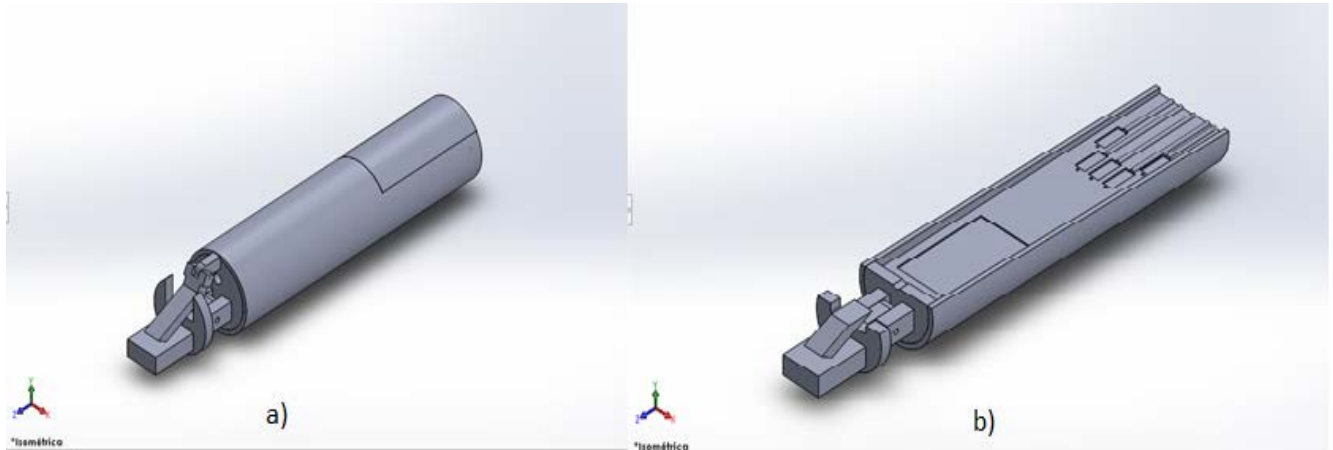
Ilustración 9. Brazo, vistas lateral/ trasera/ frontal/ isometrica



Fuente. Elaboración propia.

En la ilustración 9 se muestra el diseño del antebrazo con la sección que permitirá el ensamble de este con el brazo realizando la función del codo permitiendo la movilidad de ambas piezas

Ilustración 10. Vistas del diseño: a) Brazo vista isométrica b) Brazo vista isométrica seccionada



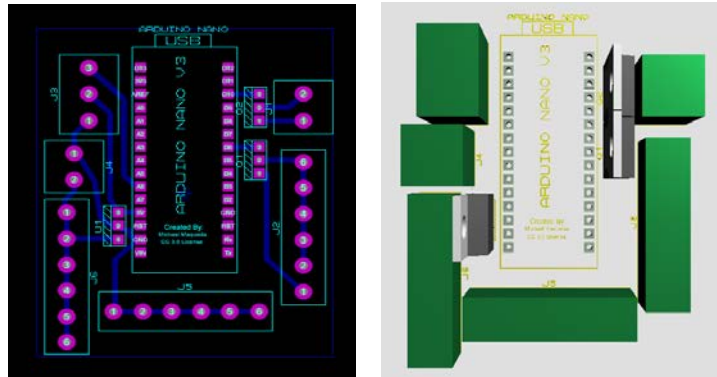
Fuente. Elaboración propia

En la ilustración 10 se muestra las diferentes vistas de la prótesis para ser ensamblada en la ilustración 10 a se muestra como es el diseño exterior, mientras que en la ilustración 10 b se muestra el diseño interior y las secciones donde serán colocados los elementos circuito electrónico que permitirán los diferentes movimientos de la prótesis

DISEÑO DE PCB.

El diseño de la PCB (Printed Circuit Board, en español Placa de Circuito Impreso), fue elaborada en Proteus teniendo en cuenta las dimensiones reservadas en el diseño para la misma, está planeada para que en ella se puedan conectar los circuitos eléctricos necesarios y que la prótesis funcione de manera adecuada.

Ilustración 11. Diseño del PCB



Fuente. Elaboración propia

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

TRABAJO A FUTURO.

En este trabajo se presenta el diseño para una prótesis, posteriormente se tiene que desarrollar el circuito eléctrico y las pruebas necesarias las cuales permitirán que la prótesis cuente con los movimientos adecuados para implementarlo en personas con amputación en sus extremidades superiores.

CONCLUSIONES.

Es importante conocer los conceptos básicos de la anatomía del brazo humano ya que esto nos permite identificar los movimientos que intervienen en el funcionamiento en la vida real, elaborando el diseño adecuado y funcional de una extremidad superior para una persona que sufre de la falta de esta.

El empezar a utilizar la herramienta de Solidworks nos permite crear el diseño de la prótesis en forma física para posteriormente incorporarle los circuitos y elementos que permitirán realizar los movimientos anteriormente estudiados.

Al realizar el diseño de la PCB se tiene que tomar en cuenta el tamaño asignado en el prototipado del antebrazo, ya que este diseño es adaptable según sea las necesidades del paciente.

La creación de esta extremidad superior artificial será de mucha ayuda para las personas que no cuenten con la misma debido a que les ayudara a realizar sus actividades diarias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carter, M. y Weber, T. (2004). Reflexología de la mano. Clave para una salud perfecta. Barcelona, España: Editorial Paidotribo.

Le Vay, D. (2004). Anatomía y Fisiología humana. Barcelona, España: Editorial Paidotribo.

Moreaux, A. (). Anatomía artística del hombre: compendio de anatomía ósea y muscular. Madrid, España: Ediciones Norma.

https://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS_Introduction_ES.pdf

PROTOTIPO DE IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA IOT MEDIANTE SIGFOX PARA LA MEDICIÓN DE VARIABLES DEL AMBIENTE

RUBÉN PIZARRO GURROLA¹, ISIDRO AMARO RODRÍGUEZ², ROBERTO LÓPEZ QUIÑONES³

RESUMEN

Este documento describe el desarrollo de un prototipo que se basa en el concepto de Internet de las cosas (IoT) que integra elementos tales como sensores y controladores y actuadores.

Los sensores monitorean la temperatura, humedad y gases del ambiente como monóxido de carbono, bióxido de carbono y ozono.

Se implementa la tecnología IoT dado que los sensores se encuentran conectados a dispositivos microcontroladores (devkit) que permiten el envío de los datos de las lecturas tomadas a la plataforma SigFox. Esta plataforma SigFox actúa como un middleware que recibe los datos, en donde pueden ser administrados y reenviados a otras plataformas mediante callbacks.

Los datos finalmente son visualizados de manera gráfica y ejecutiva en plataformas de uso libre tales como Losant y ThingSpeak, además, mediante programación google app script, los datos son recibidos en documentos google drive. Finalmente, éstos pueden visualizarse de manera gráfica también.

El prototipo forma parte de un proyecto de investigación denominado “Aplicación multiplataforma para el monitoreo e identificación de la calidad del aire haciendo uso de sensores y actuadores”, desarrollado por docentes y participación de alumnos del Instituto Tecnológico de Durango.

Lo que se describe en éste documento, son resultados parciales del proyecto.

Palabras clave. Internet de las cosas, sensores, cómputo en la nube.

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango. rpizarro@itdurango.edu.mx

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango. iamaro@itdurango.edu.mx

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango. rlopez@itdurango.edu.mx

ABSTRACT

This document describes the development of a prototype that is based on the concept of the Internet of Things (IoT) that integrates elements such as sensors and controllers and actuators.

The sensors monitor the temperature, humidity and gases of the environment such as carbon monoxide, carbon dioxide and ozone.

The IoT technology is implemented since the sensors are connected to microcontroller devices (devkit) that allow the sending of data from the readings taken to the SigFox platform. This platform SigFox acts as a middleware that receives the data, where they can be managed and forwarded to other platforms through callbacks.

The data is finally visualized in a graphic and executive way in free-use platforms such as Losant and ThingSpeak, in addition, by programming google app script, the data is received in google drive documents. Finally, these can be visualized graphically as well.

The prototype is part of a research project called "Multiplatform application for the monitoring and identification of air quality using sensors and actuators", developed by teachers and participation of students of the Technological Institute of Durango.

What is described in this document are partial results of the project.

Key Word. Internet of things, sensors, cloud computing.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día con las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), se ha logrado adelantos importantes en la recolección, análisis y distribución de información relacionada con el estado climático, monitoreo de variables medioambientales, estudios de biodiversidad, entre otras. Algunas iniciativas se enfocan en mejorar la calidad de vida de las personas, mediante la obtención y estimación de factores que afectan el entorno del ser humano. (Quiñones Cuenca, Gonzalez Jaramillo and Torres 2017, 1)

A diario en el mundo se generan trillones de bytes de información, tanto es así que el 90% de los datos a nivel mundial se han creado solamente en los últimos 2 años. (Amaia 2017) Esta información proviene de todos lados, sensores que recibe datos, redes sociales, imágenes y vídeos digitales, registros de compra y transacciones,

señales de GPS de los móviles, datos de las aplicaciones WEB, además de los tradicionales medios de comunicación como radio y televisión, entre otros.

En futuro cercano cualquier objeto cotidiano estará dotado de algún tipo de sensor que enviará información. El Internet de las cosas (IoT) está generando volúmenes masivos de datos estructurados y no estructurados, es una de las áreas de oportunidad que promueve el concepto de las industrias 4.0 y que está cambiando la manera de hacer las cosas.

Este artículo, describe el desarrollo de un prototipo que aprovecha la tecnología IoT mediante uso de sensores para el monitoreo y registro de niveles de contaminación y otras variables del ambiente en la ciudad de Durango, Dgo, México. Internet de las cosas se define como la unión a través del internet de una "red" que aloja diferentes objetos de la vida cotidiana. (Cera Cárdenas, et al. 2015, 15)

Cisco Networking Academy, establece que un sensor es un dispositivo que puede usarse para medir una propiedad física mediante la detección de algún tipo de información del mundo físico. Esta información puede ser luz, humedad, movimiento, presión, temperatura, o cualquier otra condición ambiental. (CISCO 2018)

Por otra parte, la contaminación es un problema a nivel mundial, que afecta al ambiente y por ende a todos los seres vivos, se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o que puedan ser perjudiciales para la vida. (Sampedro Delgado 2016).

Como parte de las variables a monitorear están las partículas contaminantes tales como gases de monóxido de carbono, bióxido de carbono, ozono, entre otros, además de variables ambientales tales como temperatura y humedad.

Las variables del ambiente convertidos a datos, son recabados por medio de sensores que se encuentran conectados por medio de un módulo electrónico a un dispositivo microcontrolador (arduino devkit); éste dispositivo actúa como un controlador que envía los datos la plataforma *SigFox*; en esta plataforma *middleware*, se administran y se reenvían los datos por medio de configuraciones *callbacks* a otras plataformas para su tratamiento y visualización de manera particular. Estas otras plataformas son de uso

libre tales como *ThingSpeak* y *google drive*, este último recibiendo los datos por medio de programación *google app scripts*.

SigFox es una alternativa y solución económica, confiable y de baja potencia para conectar sensores y dispositivos; es una red dedicada basada en la radio con la filosofía de hacer que el Internet de las Cosas realmente suceda. (SigFox 2018)

El protocolo de *SigFox* se centra en: autonomía que implica un consumo de energía extremadamente bajo, lo que permite años de duración de la batería; sencillez, es decir, sin configuración, solicitud de conexión o señalización; eficiencia de costo, desde el hardware utilizado en los dispositivos hasta la red, se optimiza cada paso para que sea lo más rentable posible; mensajes pequeños sin grandes activos o medios, solo pequeñas notificaciones; además de complementariedad dato que gracias a su bajo costo y facilidad de configuración, también puede usar como una solución secundaria para cualquier otro tipo de red, por ejemplo: Wi-Fi, Bluetooth, GPRS, entre otros. (SigFox 2018)

ThingSpeak es un servicio web gratuito que le permite recopilar y almacenar datos de sensores en la nube y desarrollar aplicaciones de *Internet of Things*. El servicio web proporciona aplicaciones que le permiten analizar y visualizar sus datos en *MATLAB*, y luego actuar sobre los datos. Los datos del sensor se pueden enviar a *ThingSpeak* desde Arduino®, Raspberry Pi, BeagleBone Black y otro hardware. (ThingSpeak and MathWorks 2018).

Los envíos de los datos se hacen a través de configuraciones *callbacks* de *SigFox* que son llamadas mediante una solicitud *http* personalizada que contiene los datos de un dispositivo, junto con otras variables, que se envían a un servidor o plataforma determinada. (B. SigFox 2018)

El prototipo hace uso de *google app scripts* el cual se utiliza para recibir los datos provenientes de *SigFox* que mediante una API (interfaz de programación de aplicación) previamente creada en google, se almacenan los datos en un documento *google drive*.

La API de Google Apps Script permite que las aplicaciones realicen operaciones que antes solo podían hacerse en el editor de Apps Script. Con las aplicaciones se pueden crear y modificar proyectos de Apps Script; implementar proyectos para utilizarlos como

aplicaciones web, complementos o ejecutables; monitorear el uso de scripts y las métricas; ejecutar funciones de Apps Script de forma remota. (google app 2018)

En este documento, se describen resultados parciales del proyecto de investigación denominado *“Aplicación multiplataforma para el monitoreo e identificación de la calidad del aire haciendo uso de sensores y actuadores”*, el proyecto es parte de la línea de investigación y de evidencias del cuerpo académico en formación denominado ciencia de los datos conformado por docentes del Departamento de Sistemas y Computación del Instituto Tecnológico de Durango. El proyecto es financiado por COCYTED Durango además de que el proyecto es registrado por el Tecnológico Nacional de México (TecNM).

Además, se identifica como un prototipo dado que el proyecto en su totalidad, incluye un conjunto de equipos de monitoreo conformado por un microcontrolador devkit arduino, un conjunto de sensores conectados al microcontrolador, protegidos por una caja de plástico (caja electrónica PCB). En este artículo se describe el funcionamiento de un solo prototipo.

METODOLOGÍA

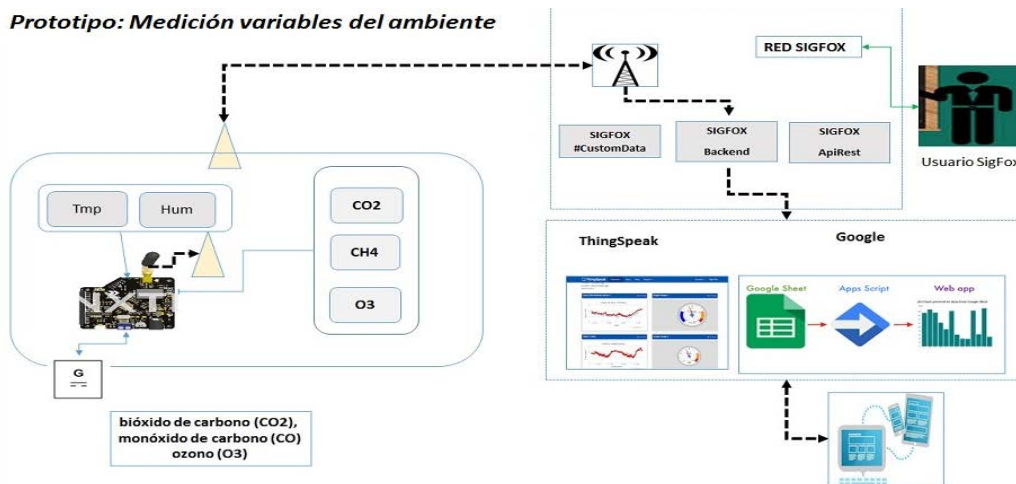
A continuación se identifica se describe la metodología que incluye los pasos que se hicieron para desarrollar el prototipo. La metodología incluye aspectos generales de planeación, identificación de requerimientos, desarrollo pruebas y seguimiento.

1. Identificación de sensores. En esta parte se buscaron, investigaron, compararon, seleccionaron y se adquirieron los tipos de sensores que se utilizaron para las lecturas de las variables del ambiente. Las variables del ambiente a monitorear fueron temperatura y humedad, además sensores para la medición de partículas contaminantes tales como bióxido de carbono, monóxido de carbono y ozono. Los sensores que se seleccionaron, fueron aquellos que estuvieran al alcance en costo, traslado y familiaridad de uso.

2. Adquisición de dispositivos microcontroladores. Se tomó la decisión de adquirir 14 dispositivos arduinos del tipo Devkit *SigFox* V2.0 los cuales tienen las siguientes características: son tarjetas microcontroladoras (arduinos) de desarrollo para prototipos rápidos y funcionales, son programables en entorno arduino IDE, *incluye además, conectividad SigFox durante un año con 140 mensajes y 12 caracteres en formato hexadecimal por mensaje.* (NXTIoT 2018) Los equipos se adquirieron en línea en la tienda “NXTIoT FOR AN EASIER LIFE” en link <http://www.nxtiot.io/>. La siguiente imagen muestra el dispositivo utilizado. La imagen del dispositivo se encuentra en el siguiente enlace: <http://www.nxtiot.io/>.
3. Diseño del módulo electrónico

Se diseñó un bosquejo que identifica de manera general el funcionamiento del prototipo.

Imagen 1. Bosquejo y diseño funcional del prototipo.

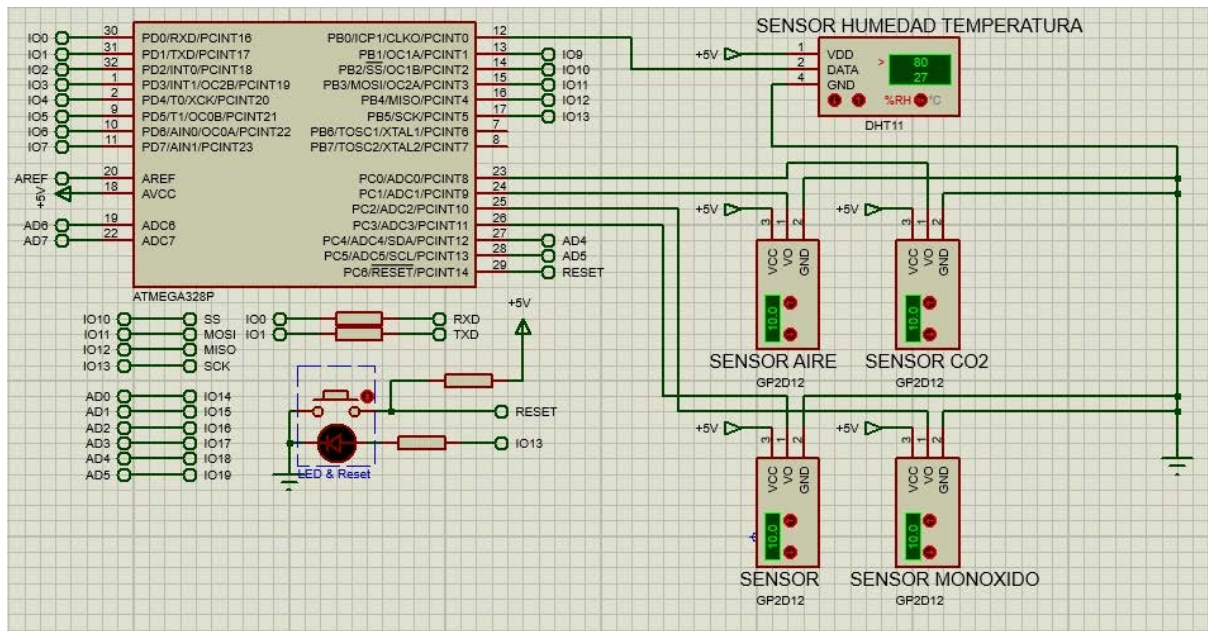


Fuente Propia

La imagen 1, muestra la conexión de los sensores al microcontrolador alimentados por el voltaje correspondiente; el microcontrolador recibe las lecturas de los datos que hacen los sensores, los envía a la plataforma *SigFox*; una vez que se tiene, un usuario con permisos de lectura y/o edición, puede monitorearlos; finalmente, a través de configuraciones *callback* se pueden enviar datos a otras plataformas como *ThingSpeak* y google drive.

Por otra parte, en la imagen 2, se muestra el diseño electrónico del prototipo. El circuito fue elaborado en la herramienta Proteus (bibliografía <https://www.labcenter.com/>), se integra el microcontrolador atmega 328p que es el que viene en la tarjeta Devkit SigFox V2.0. Se muestra que se tienen conectados los 4 sensores de gases, bióxido de carbono, monóxido y ozono y calidad del aire. Los sensores entregan una señal analógica conectados a los primeros 4 pines ADC (convertidores analógicos digitales) del microcontrolador (MC); también cuenta con un sensor de humedad temperatura DHT11 el cual entrega una señal digital y se conecta a un pin de entrada D2 que es el primer pin digital de la tarjeta.

Imagen 2. Diseño electrónico del prototipo.



Fuente propia

4. Programación y calibración de sensores. La programación significa identificar y adecuar el código adecuado para cada sensor que realiza las lecturas de temperatura, humedad, bióxido de carbono, monóxido de carbono y ozono respectivamente. Los códigos son ubicados mediante una búsqueda en internet principalmente en las páginas que se asocian al modelo del sensor. Se modifica el código del sensor en el IDE arduino; se integran todos los códigos de cada sensor en un solo programa (sketch). Las calibraciones se hicieron a los sensores de

bióxido de carbono, monóxido y en el de ozono. La calibración a nivel de software se hace ajustando los parámetros en las fórmulas de lectura de los datos, la calibración a nivel físico se hace ajustando el tornillo del potenciómetro del sensor con la finalidad de garantizar el nivel más bajo de amplificación dado que en el programa y en algoritmo se tiene establecido en la fórmula con el nivel más bajo.

5. Pruebas. Se realizaron las pruebas de lectura de datos de los sensores, primero de manera individual con la conexión de cada sensor por separado y haciendo la calibración mencionada como un proceso de prueba y error, finalmente se integra todo los códigos en un solo programa que hace lectura a todos los sensores conectados al dispositivo.
6. Recopilación y envío de datos a la Red *SigFox*. En este proceso consiste en administrar y monitorear las lecturas de datos de los sensores conectados al microcontrolador para que a su vez éste, envíe los datos a *SigFox*. En primera instancia se debe disponer de una cuenta de administración de dispositivos que previamente haya sido otorgada por el administrador de la plataforma *SigFox* (personal externo); posteriormente, toda vez iniciada sesión en el portal, se puede administrar y visualizar las lecturas de los sensores que están conectados a cada dispositivo dado de alta y asociado a la cuenta respectiva.
7. Enviar de datos de *SigFox* a *ThingSpeak*. Por medio de configuración de *callbacks* se envía los datos que se encuentran en *SigFox* hacia *ThingSpeak*.
8. Enviar de datos de *SigFox* a *Google Drive*. A través de programación google app scripts, se reciben los datos provenientes de *SigFox* mediante una previa configuración de *callbacks*.
9. Visualización de datos. Los datos pueden visualizarse de manera tabular en plataforma *SigFox* y de manera gráfica en *ThingSpeak*, a su vez, los datos se pueden monitorear en el documento google drive.

RESULTADOS

Se tienen hasta este momento, los siguientes resultados del proyecto:

Se han dado de alta a la plataforma *SigFox* 14 dispositivos *devkit* asociados a la cuenta de Rubén Pizarro y al grupo del Tecnológico de Durango, de los cuales solo 6 están

por el momento siendo utilizados, es decir, haciendo lecturas y enviando datos. De esos 6 dispositivos, 5 de ellos se encuentran dando lecturas solo de humedad y temperatura y generando aleatoriamente simulando lecturas de ozono, bióxido y monóxido de carbono. En las pruebas que se hicieron, se dañaron dos dispositivos que han quedado fuera de funcionamiento.

Existe un prototipo con un dispositivo *devkit* con identificación “**413CD7**” que integra la lectura de temperatura y humedad en un solo sensor; la del sensor de bióxido de carbono, el sensor de monóxido de carbono y el sensor de ozono. Todos estos enviando lecturas a la plataforma *SigFox* utilizando el microcontrolador.

El dispositivo tiene un programa (*sketch*) compilado y cargado que permite las lecturas correspondiente. El programa funciona de la siguiente manera:

El programa integra librerías necesarias para el funcionamiento de los sensores tales como `#include <NXTIoT_dev.h>`, `#include <DHT.h>`, `#include <Average.h>` y una definición de variables globales necesarias para su adecuado funcionamiento.

Se tiene el método *setup()* que básicamente da inicio al programa y establece el uso del puerto 9600.

Se tienen el método *loop()* que utiliza la función *millis()* que permite hacer lecturas cada 2 minutos haciendo llamadas a los métodos *leerCO()*, *leerCO2()* y *leerOzono()*; éstos métodos hacen lectura de bióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) y ozono (O₃) respectivamente, almacenando cada lectura de cada sensor de manera individual en tres tipos de datos tipo arreglos respectivamente. En el mismo método *loop()*, se tiene una condición para que pasados 20 minutos con la función *millis()*, se manda llamar la lectura de temperatura y humedad llamando al método *leerTempHum*, así mismo, se ejecuta el método *getMean()* para determinar la media de los valores leídos del CO₂, CO y O₃. Finalmente se hace la llamada al método *enviar_datosSigFox()* para preparar el mensaje que se envía.

El método *enviar_datosSigFox()* y teniendo las lecturas de temperatura, humedad y las medias determinadas de CO, O₃ y CO₂, mediante llamadas a métodos *add_int(int(t))*, *add_int(int(h))*, *add_int(co)*, *add_float(ozono)* y *add_int16(co2)*, se configura el mensaje conforme a protocolo requerido por *SigFox*. Finalmente este método hace tres llamadas al método *enviarcomandoATSigfox("AT")*, *enviarcomandoATSigfox("AT\$RC")*

enviarcomandoATSigfox(payload) llevando consigo el mensaje y los datos en formato correspondiente. El siguiente diseño de clase de la imagen 3, identifica el programa de lo anteriormente descrito.

Imagen 3. Diseño de clase del prototipo

kit_sensor_temperatura-humedad-co_co2-ozono	
<pre> + CO2Curve[3]:float= {2.602,ZERO_POINT_VOLTAGE,(REACTION_VOLTGAEE/(2.602-3))} + sensorCO:int = A2 + sensorOzono:int=A1 + tiempo: unsigned long + t_actualizado: unsigned long = 0 + t_delay:unsigned long = 1200000 // cada 20 minutos + t_actualizadoGas: unsigned long = 0 + t_delayGas:unsigned long = 1200000 // cada 30 segundos + h: float // humedad + t:float // temperatura + co2:int // bioxido + co:int // monoxido + ozono:float // ozono + aveCO2(45): Average<int> // Caja de datos tipo array para mean de CO2 + aveCO(45):Average<int> // Caja de datos tipo array para mean de CO + aveOZONO:Average<float> // Caja de datos tipo array para mean de Ozono + bufer: String //variable donde se guarda el mensaje de los datos leídos "payload" + bufer2:String="\n" //variable complemento del mensaje "payload" + RespuestaSigfox[50]:String // Mensaje respuesta de SigFox </pre>	
<pre> + setup():void + loop():void // Se ejecuta reiteradamente + leerTempHum():void // Hace la lectura de temperatura y humedad + leerCO2():void // Hace lectura de co2 + leerCO():void // Hace lectura de co + leerOzono():void // Hace lectura de ozono + getMean():void // Determina la media + enviar_datosSigFox():void // Prepara el mensaje + add_float(float var1):void // convierte a hexadecimal un tipo de dato float + add_int(int var2):void // convierte a hexadecimal un tipo de dato int + add_int16(int arg):void // convierte a hexadecimal un tipo de dato entero de 2 bytes + enviarcomandoATSigfox(char* comandoAT):void // Envía el mensaje a SigFox + MGRead(int mg_pin):float + MGGetPercentage(float volts, float *pcurve):int </pre>	

Fuente propia

El mensaje es compuesto por una serie de caracteres en formato hexadecimal de la siguiente manera: 1345227b142e3ea1010300 y se divide como se muestra:

Tabla 1. Significado del mensaje enviado del microcontrolador a SigFox

Caracteres	Hexadecimal	Significado	Dato:Bits	Decimal
del 1 al 2	13	Temperatura	int:8	19
del 3 al 4	45	Humedad	int:8	69
del 5 al 6	22	Monóxido	int:8	34
Del 7 al 14	7b142e3e	Ozono	float:32	0.17
Del 15 al 22	a1010300	Bióxido de carbono	Int:16	417

Se han hecho lecturas desde los meses de julio, agosto y septiembre con los dispositivos en funcionamiento recalcando que solo uno de ellos tiene los 4 sensores conectados mencionados y es el que cumple con las características de prototipo y su funcionalidad.

En la imagen 4 muestra los dispositivos dados de alta, conectados y en funcionamiento enviando datos a SigFox, siendo el dispositivo “413CD7” el del prototipo.

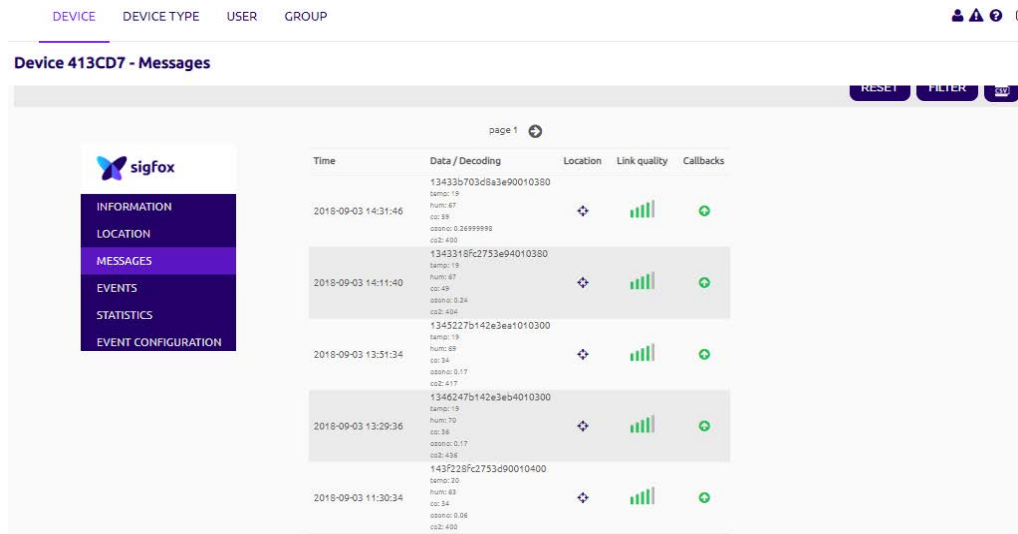
Imagen 4. Lista de dispositivos conectados y funcionando en SigFox

The screenshot shows the 'Device - List' page in the SigFox interface. The table lists various devices with columns for Id, Activation date, Communication status, Device type, Last seen, Name, and Protocol version. The device 413CD7 is highlighted with a black box.

Id	Activation date	Communication status	Device type	Last seen	Name	Protocol version
3DD5AA	2018-07-26 18:54:56	☐	Rubén Pizarro	2018-07-28 18:38:52	Devkit_003DD5AA	V1
3DD5C5	N/A	☐	Rubén Pizarro	N/A	Devkit_003DD5C5	N/A
40F777	2018-07-12 15:54:17	☐	Rubén Pizarro	2018-09-24 09:07:06	Devkit_0040F777	V1
40F789	N/A	☐	Rubén Pizarro	N/A	Devkit_0040F789	N/A
4116C6	2018-07-08 13:00:57	☐	Rubén Pizarro	2018-09-24 09:17:48	Devkit_004116C6	V1
4116C8	2018-07-09 10:19:52	☐	Rubén Pizarro	2018-09-24 09:14:11	Devkit_004116C8	V1
413CD7	2018-07-08 12:37:43	☐	Rubén Pizarro	2018-09-24 09:22:20	Devkit_00413CD7	V1
413CE0	2018-07-13 17:23:42	☐	Rubén Pizarro	2018-09-24 08:44:24	Devkit_00413CE0	V1
413D7A	2018-08-23 12:21:59	☐	Rubén Pizarro	2018-08-23 21:18:22	Devkit_00413D7A	V1
413E41	2018-07-08 13:57:35	☐	Rubén Pizarro	2018-09-24 09:03:32	Devkit_00413E41	V1
413E45	2018-08-08 17:06:27	☐	Rubén Pizarro	2018-08-24 11:31:31	Devkit_00413E45	V1
413E53	N/A	☐	Rubén Pizarro	N/A	Devkit_00413E53	N/A
413FA6	2018-07-12 12:05:21	☐	Rubén Pizarro	2018-07-26 17:40:42	Devkit_00413FA6	V1
4140AE	N/A	☐	Rubén Pizarro	N/A	Devkit_004140AE	N/A
424708	2018-06-19 10:12:38	☐	Rubén Pizarro	2018-09-24 09:13:54	Devkit_424708	V1

En la imagen 5, se muestran los mensajes recibidos el día 3 de septiembre del 2018 del dispositivo con identificación “413CD7”.

Imagen 5. Lecturas del 3 de sept del 2018 del dispositivo 413CD7



Time	Data / Decoding	Location	Link quality	Callbacks
2018-09-03 14:31:46	13433b703d8a3e90010380 Temp: 19 Hum: 87 Co: 89 Ozone: 0.26999999 Co2: 400			
2018-09-03 14:11:40	1343318fc2753e94010380 Temp: 19 Hum: 87 Co: 49 Ozone: 0.24 Co2: 404			
2018-09-03 13:51:34	1343227b142e3ea1010300 Temp: 19 Hum: 89 Co: 34 Ozone: 0.17 Co2: 417			
2018-09-03 13:29:36	1346247b142e3eb4010300 Temp: 19 Hum: 70 Co: 38 Ozone: 0.17 Co2: 436			
2018-09-03 11:30:34	143f228fc2753d90010400 Temp: 20 Hum: 83 Co: 34 Ozone: 0.08 Co2: 400			

El mensaje es recibido por la plataforma SigFox toda vez que se configura con la cuenta de usuario, que los datos sean recibidos bajo una cadena hexadecimal como se muestra en la siguiente cadena:

```
temp::int:8 hum::int:8 co::int:8 ozono::float:32:little-endian co2::int:16:little-endian
```

Con la expresión anterior, se le indica que se reciben 5 variables con los tipos de datos que se indican: temp=temperatura; hum=humedad; ozono=ozono; co=monóxido y co2=bióxido, la expresión *little-endian* designa el formato en el que se almacenan los datos, en este caso se conforma el mensaje de dos en dos del final hacia el principio. En este momento se utilizan 9 bytes en formato hexadecimal de los 12 que permite enviar cada dispositivo conectado a la red SigFox. Para conformar la expresión citada arriba, se hicieron procesos de prueba y error en las configuraciones hasta comprender y consolidar el mensaje como se deseaba.

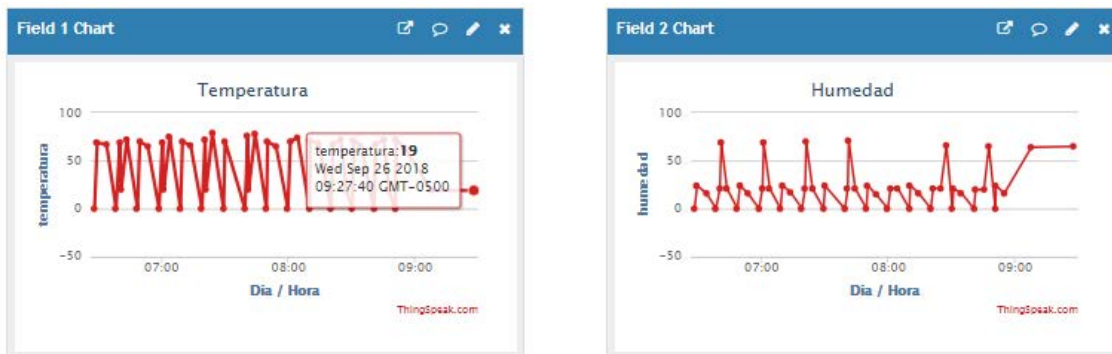
Cuando ya se tienen los datos en *SigFox*, haciendo configuraciones *callbacks* y utilizando los protocolos *http* se reenvían los datos a dos destinos: primero a plataforma *Thingspeak* y segundo a plataforma *google drive*.

Enviar datos la plataforma *ThingSpeak* con la siguiente configuración en *SigFox*: Se utiliza la configuración *callback* siguiente:

```
https://api.thingspeak.com/update?api_key=ZITZNI805AA9U2MA&field1={customData#hum}&field2={customData#temp}&field3={customData#co}&field4={customData#ozono}&field5={customData#co2}
```

Se reciben en *ThingSpeak* y con una cuenta de usuario registrada, se configura un canal de recepción de datos y se pueden visualizar gráficamente como se muestra.

Imagen 6. Visualización de datos en thingSpeak



Enviar datos la plataforma *google drive* con la siguiente configuración: con el siguiente *callback*, se envían los datos a *google drive*.

```
https://script.google.com/macros/s/AKfycbxe1_D7IF_FOkfwVjl84Ro1kn3kCylUODCQH0BOCMmZNghp0fyV/exec?timestamp={time}&device={device}&dato={data}&temperatura={customData#temp}&humedad={customData#hum}&co={customData#co}&ozono={customData#ozono}&co2={customData#co2}&latitud={lat}&longitud={lng}
```

Estos datos se visualizan en un documento *google drive* de la siguiente manera:

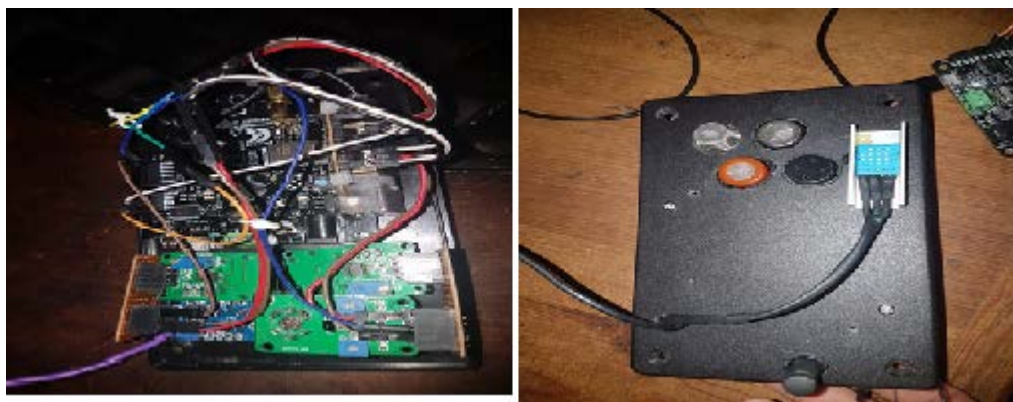
Tabla 2. Datos recibidos en google drive con una API de google app scripts.

timestamp	fecha	device	dato	temp	hum	co	oz	co2
1535999169	03/09/2018 13:26	4116C6	4914190208cb	null	null	null	null	null
1535999307	03/09/2018 13:28	4116C8	3e17900108cb	null	null	null	null	null
1535999376	03/09/2018 13:29	413CD7	1346247b142e3eb4010300	19	70	36	0.17	436
1535999899	03/09/2018 13:38	40F777	4b16530108cb	null	null	null	null	null
1535999925	03/09/2018 13:38	4116C8	3e17900108cb	null	null	null	null	null
1536000379	03/09/2018 13:46	4116C6	4914750108cb	null	null	null	null	null
1536000694	03/09/2018 13:51	413CD7	1345227b142e3ea1010300	19	69	34	0.17	417
1536001109	03/09/2018 13:58	40F777	4b16310108cb	null	null	null	null	null
1536001162	03/09/2018 13:59	4116C8	3e17900108cb	null	null	null	null	null
1536001589	03/09/2018 14:06	4116C6	4814c20108cb	null	null	null	null	null
1536001900	03/09/2018 14:11	413CD7	1343318fc2753e94010380	19	67	49	0.24	404
1536002319	03/09/2018 14:18	40F777	4b16e50108cb	null	null	null	null	null
1536002398	03/09/2018 14:19	4116C8	3e17900108cb	null	null	null	null	null
1536002799	03/09/2018 14:26	4116C6	48140f0208cb	null	null	null	null	null

La anterior tabla muestra cómo se recibieron los datos en secuencia, en fecha y hora dispositivo que los envía y los valores recibidos de cada variable de cada sensor. Los valores *null* de algunos dispositivos son los que no forman parte del prototipo descrito, son lecturas de otros dispositivos que están dados de alta, pero que todavía no tienen los sensores conectados e integrados. En algunos registros aparece el dispositivo 413CD7 que es el que forma parte del prototipo.

La imagen 7, muestran el prototipo que está siendo utilizado en este momento. La imagen muestra la caja abierta y las conexiones de los sensores al microcontrolador (*devkit*), se observa la parte posterior y caja cerrada de tal forma, se observan el sensor que recopila temperatura y humedad y los sensores de bióxido de carbono, monóxido de carbono, ozono y un cuarto sensor de calidad del aire que al día de hoy, éste último no se describe su funcionamiento.

Imagen 7. Prototipo para lectura de variables del ambiente



CONCLUSIONES

El artículo presentó resultados parciales del proyecto de investigación “Aplicación multiplataforma para el monitoreo e identificación de la calidad del aire haciendo uso de sensores y actuadores”, el prototipo integró un módulo electrónico con un microcontrolador devkit *SigFox V2.0.*, que está conectado a los sensores de temperatura y humedad, al sensor de bióxido de carbono, sensor de monóxido de carbono y el sensor de ozono.

Los resultados de este prototipo han sido satisfactorios ya que se están mezclando disciplinas como la electrónica, la programación, el cómputo en la nube, todas ellas formando parte del apasionante mundo y enorme área de oportunidad que ofrece el panorama de Internet de las Cosas (IoT).

Con la participación de alumnos en la elaboración de este proyecto y particularmente en el diseño del módulo electrónico, se destaca el desarrollo de competencias inherentes a los perfiles profesionales de electrónica y sistemas, además trabajo en equipo bajo una adecuada dirección del proyecto es indudable que se generan resultados favorables. Para los alumnos es una experiencia invaluable, ya que los estudiantes se dan cuenta de que sus conocimientos y la aplicación de las competencias de su profesión sirven para resolver problemas y atacar áreas innovadoras de oportunidad. Además, ver reflejado su trabajo en un producto académico como un libro o un artículo de revista de difusión.

Con este trabajo se generan nuevas ideas innovadoras para el desarrollo de proyectos que sean canalizados a la agricultura y ganadería para la incorporación de sensores y

medición de cultivos y evolución de ganado, en la piscicultura, para medición de variables relacionadas con el agua y sus especies, en la salud para medición, en el hogar, entre otras muchas áreas de oportunidad en los que se puede ver inmerso el fascinante mundo del IoT.

En un futuro, los datos además de análisis descriptivos esenciales, y como parte de las metas del proyecto, se realizarán análisis predictivos y prescriptivos, aquí se aplicarán áreas relacionadas con la inteligencia artificial tales como *machine* y *deep learning*, con ello, obtener provecho y conocimiento a partir de los datos recabados.

Como próximos resultados a lograr, se tiene planeado pasar de la etapa de prototipo a un producto validado, consolidado además de rentable, con ello generar al menos 10 productos que se puedan instalar en donde cada uno de ellos de manera independiente realice las lecturas de los datos mencionados.

Se pretende que al pasar de prototipo a producto final, este sea mejorado en el diseño electrónico, en su presentación, disminuyendo riesgos daño al circuito electrónico, además de buscar una rentabilidad entrando al mercado comercial.

A este prototipo le hace falta validar y comparar datos con equipos consolidados de lecturas de temperatura, humedad, bióxido de carbono, monóxido y ozono con la intención de determinar el grado de validez, además, se deben buscar instancias formales y adecuadas que certifiquen la validez de las lecturas de los datos proporcionados por éste prototipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Academy, C. N. (18 de 09 de 2018). *CISCO Networking Academy*. Obtenido de CISCO Networking Academy: CISCO Networking Academy
- Amaia, P. (16 de 08 de 2017). *¿Quién es realmente el Científico de datos?* Obtenido de Luca Data Drive Decisions: <http://data-speaks.luca-d3.com/2017/08/quien-es-realmente-el-cientifico-de.html>
- Arévalo, J. A., & Vázquez Vázquez, M. (2016). Big Data: la próxima "gran cosa" en la gestión de la información. *bid, textos universitarios de biblioteconomía i documentacio*. ISSN 1575 5886, 3.
- Cera Cárdenas, J., Martínez Otero, L. C., Rojas Blandón, J., Villaveces Santander, J., & Sanmartín Mendoza, P. (2015). APOYO AL ESTADO DEL ARTE DEL INTERNET DE LAS COSAS EN SALUD. *Investigación y Desarrollo en TIC, vol. 6, no. 1, Universidad Simón Bolívar, Barranquilla-Colombia*. ISSN: 2216-1570, 14-25.
- CISCO, N. A. (18 de 09 de 2018). *CISCO Networking Academy*. Obtenido de CISCO Networking Academy: CISCO Networking Academy
- google app, s. (01 de 09 de 2018). *Google App Scripts REST API*. Obtenido de Google App Scripts REST API: <https://developers.google.com/apps-script/api/>
- NXTIoT. (19 de 09 de 2018). *NXTIoT FOR AN EASIER LIFE*. Obtenido de NXTIoT FOR AN EASIER LIFE: <http://www.nxtiot.io/>
- Quiñones Cuenca, M., Gonzalez Jaramillo, V., & Torres, R. (2017). Monitoring System of Environmental Variables Using a Wireless Sensor Network and Platforms of Internet of Things. *ENFOQUE UTE ISSN 1390 6542 / P ISSN 1390 9363*, 1-15.
- Russo, C. (2016). Tratamiento Masivo de Datos Utilizando Técnicas de Machine Learning. *Event: XVIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2016, Entre Ríos, Argentina)*. (págs. 131-134). Buenos Aires: Red de Universidades con Carreras en Informática (RedUNCI). Obtenido de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/52838>
- Sampedro Delgado, L. A. (01 de 07 de 2016). *Repositorio Institucional UNIANDES*. Obtenido de LOS ASERRADEROS Y CARPINTERÍAS SITUADOS EN LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO Y SUS EFECTOS CONTAMINANTES: <http://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/4272>

SigFox. (15 de 09 de 2018). *SigFox Build*. Obtenido de SigFox Build:
<https://build.sigfox.com/steps/sigfox#what-is-sigfox>

ThingSpeak, & MathWorks. (14 de 08 de 2018). *ThingSpeak MathWorks documentation*. Obtenido de ThingSpeak MathWorks documentation:
<https://la.mathworks.com/help/thingspeak/>

CONTROL TOLERANTE A FALLAS PARA EL MODELO DEL AVIÓN F-16

JULIO CESAR RODRÍGUEZ CERDA¹, ALFREDO SÁNCHEZ JARA², JESSE YOE RUMBO MORALES³,
FELIPE SORCIA VÁZQUEZ⁴.

RESUMEN

En este trabajo se presenta el diseño de un control tolerante a fallas en sensores para el modelo del Avión F-16, las ganancias del controlador se obtuvieron por medio de modelos lineales del Modelo del Avión en condiciones normales y en diferentes puntos de operación. Las ganancias de control conmutan de acuerdo una tarea vuelo específica. El sistema de diagnóstico se basa en bancos de observadores de entradas desconocidas que reconstruyen las mediciones en caso de pérdida de un sensor y se evalúan los residuos generados que permite realizar el diagnóstico de fallas en el sistema.

Palabras clave: Control tolerante a fallas, control de sistemas no lineales

INTRODUCCIÓN

Muchos de los sistemas encontrados en la práctica, tienen dinámicas acopladas, dinámicas continuas y discretas (ver Figura 1). Los procesos en que coexisten estas dos tipos de dinámicas e interactúan son generalmente llamados híbridos. Por ejemplo, una válvula o un interruptor de apertura y cierre, un coche con una trayectoria continua y de conmutación entre velocidades (Daniel Liberzon, 2003, Andrea Balluchi, 2002, E. De Santis, 2007).

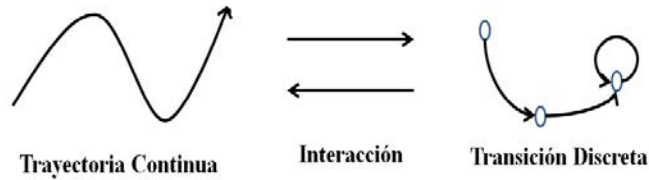
¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica.
julio.rodriguez@itspozarica.edu.mx

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica.
alfredo.sanchez@itspozarica.edu.mx

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica. jjrumbo@hotmail.com

⁴ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica. felipe.sorcias@valles.udg.mx

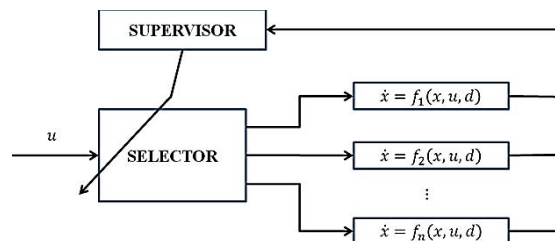
Figura 1: Representación del Sistema Híbrido (Daniel Liberzon, 2003).



El sistema lineal por pedazos (PWL) es una especie de sistema híbrido (Andrea Balluchi, 2002). Gran parte de los sistemas no lineales, pueden ser modelados por medio de la representación PWL (Daniel Liberzon, 2003, Daniel Liberzon, 1999, Pettit, 1995). En (A. Lj. Juloski, 2006, A. Alessandri, 2001, Andrea Balluchi, 2002, Mohamed Babaali, 2005, E. De Santis, 2007) establece la equivalencia entre los sistemas PWL y algunas clases de los sistemas híbridos. Por lo tanto los sistemas PWL proporcionan una herramienta para el análisis y modelado de sistemas no lineales. Así como en el diagnóstico para sistemas conmutados existen trabajos como en (A. Alessandri, 2001, Andrea Balluchi, 2002, Mohamed Babaali, 2005, E. De Santis, 2007, Abderazik Birouche, 2006, S. X. Ding, 2008, A. Lj. Juloski, 2006) donde se propone un observador tipo Luenberger para una clase de sistemas de conmutación y un diseño basado en las condiciones que se puede expresar por medio de Desigualdades Lineales Matriciales (LMI) y colocación de polos. La observabilidad y controlabilidad para el sistema conmutado se puede determinar por medio de los trabajos de (Mohamed Babaali, 2005, Abderazik Birouche, 2006, S. Zhao, 2010).

Los sistemas lineales a pedazos se definen como una familia de modelos lineales que combinan dinámicas continuas y discretas, que conmutan mediante una ley o señal de conmutación, dicha señal puede ser una función del estado, de la salida, tiempo o entrada desconocida (Daniel Liberzon, 2003).

Figura 2: Representación del Sistema lineal por pedazos.



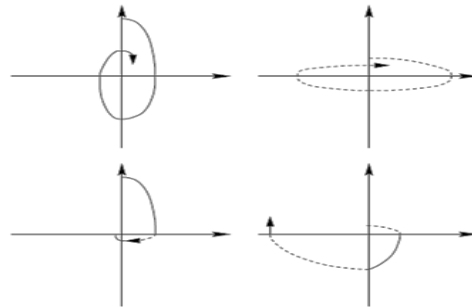
La ley de conmutación dependiente del Estado. La conmutación se realiza cuando la trayectoria alcanza una superficie conocida como superficie de conmutación. Esta superficie se divide o reparte en un número finito o infinito de regiones de funcionamiento, cada región asociada con cada subsistema (Daniel Liberzon, 2003, Andrea Balluchi, 2002, Daniel Liberzon, 1999).

Ley de conmutación en función del tiempo. En este caso, la conmutación se lleva a cabo por una señal constante a pedazos $t: [0, \infty) \rightarrow I$. Debido a que existe una correspondencia entre una secuencia de conmutación y una señal de conmutación, una secuencia define una señal y viceversa.

Los criterios de estabilidad son un aspecto importante, como la estabilidad exponencial y asegurar la estabilidad asintótica del sistema conmutado como en (Laurentiu Hetel, 2006, João P. Hespanha, 2005, Daniel Liberzon, 1999, X. Xu, 2003).

Daniel Liberzon plantea condiciones suficientes para la estabilidad de los sistemas conmutados que comparten el mismo punto de equilibrio cuando se utiliza una señal de conmutación arbitraria. En (X. Xu , 2003) se muestra que si existe una función de Lyapunov común para todos los subsistemas, la estabilidad asintótica es independiente de la conmutación por lo cual la estabilidad está asegurada (ver Figura 3).

Figura 3. Posibles trayectorias del Sistema lineal por Pedazos.



En este trabajo se presenta el diseño de un Control Tolerante a Fallas en sensores para sistemas PWL aplicado al modelo del Avión F-16. Utiliza bancos de observadores de entrada desconocidas para el sistema de diagnóstico de fallas, se analizan los residuos obtenidos a partir de bancos de observadores en el sistema de diagnóstico para determinar si existe alguna falla en el proceso de acuerdo con los umbrales establecidos por el diseñador.

El observador de entradas desconocidas (UIO) se utiliza para estimar el estado del proceso con incertidumbre incluso en la presencia de entradas desconocidas y perturbaciones (Darouach, M, 2006, Souad Bezzaoucha, 2011).

DIAGNÓSTICO DE FALLAS

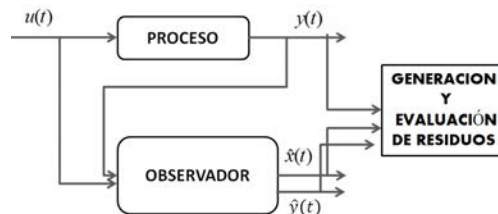
El sistema de diagnóstico se puede dividir en tres etapas (S. X. Ding, 2008, Marios M. Polycarpou, 1995, Jie Chen, 1999, Isermann 2005). La detección, que determina si hay falla en el sistema. La localización y el diagnóstico, estas etapas permiten saber que elementos causaron la falla, identificar y analizar el tipo de falla (ver Figura 5) (permanente, temporal, intermitente, progresiva, etc).

El diagnóstico basado en modelos, comprueba la coherencia entre los modelos y el par de mediciones de entrada-salida $(u_i(t), y_i(t))$, a partir de este par de mediciones y el modelo, mediante el diseño de un observador basado en el modelo del proceso puede reconstruir la medición. La coherencia entre el proceso real y el modelo, se evalúa a partir de un residuo:

$$r_i(t) = y_i(t) - \hat{y}_i(t)$$

El análisis residual es capaz de detectar fallas a través de umbrales establecidos (fijo o variable).

Figura 4. Esquema del generador de residuos.



Detección de fallas y Aislamiento

El sistema de diagnóstico de fallas es capaz de analizar todos los síntomas disponibles para hacer la detección y aislamiento de las fallas, así como localizar el origen de la falla. La principal tarea de la detección es generar señales de residuo que sea robusto a la incertidumbre del sistema (Jie Chen, 1999). Dado el siguiente sistema:

$$\begin{aligned} x(t) &= A_i x(t) + B_i u(t) + E_i d(t) + F_i f_a(t) \\ y(t) &= C_i x(t) + f_s(t) \end{aligned} \quad (0.1)$$

donde $f_a \in \mathbb{R}^r$ y $f_s \in \mathbb{R}^r$ denota la presencia de fallas en actuadores y sensores, las matrices A_i, B_i, C_i son matrices del sistema de dimensiones apropiadas y E_i, F_i matrices de acompañamiento de las perturbaciones y fallas, sólo se consideran fallas en sensores. La estimación de estados o mediciones se consideran disponibles, el residuo se puede generar como sigue:

$$r(t) = y(t) - C_i \hat{x}(t) = (I - C_i H_i) y(t) - C_i z(t) \quad (0.2)$$

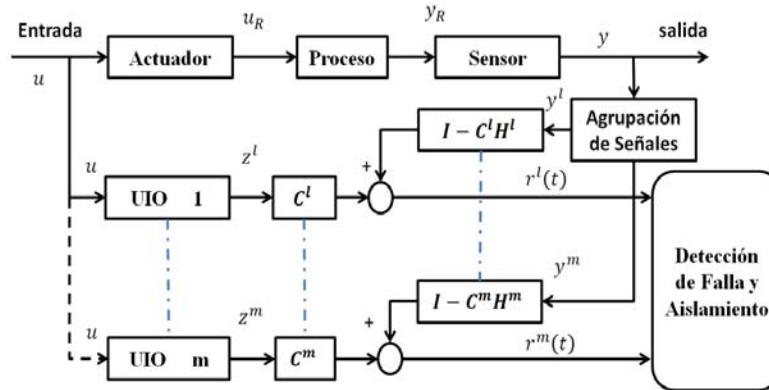
Cuando se aplica este generador de residuos basado en UIO para el sistema descrito en (1.1), el residual y el error de estimación de estado ($e(t) = x - \hat{x}$) serán:

$$\begin{aligned} e(t) &= (A_i - K_i C_i) e(t) + T_i B_i f_a(t) - K_i f_s(t) - H_i f_s(t) \\ r(t) &= C_i e(t) + f_s(t) \end{aligned} \quad (0.3)$$

Se observa que el efecto de la perturbación es desacoplarse del residuo del sensor, el vector de falla del sensor $f_s(t)$ tiene un efecto directo sobre el residuo $r(t)$. El residuo se puede utilizar para detectar fallas de acuerdo con un simple umbral:

$$\begin{aligned} \|r_i(t)\| &< \text{Umbral} \quad , \quad \text{caso - libre falla} \\ \|r_i(t)\| &\geq \text{Umbral} \quad , \quad \text{caso - con falla} \end{aligned}$$

Figura 5. Esquema Robusto de Detección de Fallas (Jie Chen, 1999).



El esquema de la figura 5, es un esquema robusto de detección y aislamiento de fallas (Jie Chen, 1999, Darouach, 2006), los actuadores se supone que son libres de falla y de las ecuaciones del sistema se puede expresar como:

$$\begin{aligned}x(t) &= A_t x(t) + B_t u(t) + E_t d(t) \\y^j(t) &= C^j x(t) + f_s^j(t) \\y_j(t) &= c_j x(t) + f_{sj}(t)\end{aligned}\quad (0.4)$$

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= Ax(t) + Bu(t) + Ed(t) \\y^j(t) &= C^j x(t) + f_s^j(t) \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, m. \\y_j(t) &= c_j x(t) + f_{sj}(t)\end{aligned}$$

Con base a esta descripción del sistema de diagnóstico, el esquema generador de residuos basado m-UIO puede construirse como:

$$\begin{aligned}z^j(t) &= F^j z^j(t) + T^j Bu(t) + K^j y^j(t) \\r^j(t) &= (I - C^j H^j) y^j(t) - C^j z^j(t) \\&\text{para } j = 1, 2, \dots, m.\end{aligned}\quad (0.5)$$

donde las matrices deben satisfacer las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}H^j C^j E &= E \\T^j &= I - H^j C^j \\F^j &= T^j A - K_1^j C^j \\K_2^j &= F^j H^j \\K^j &= K_1^j + K_2^j \\H^j C^j E &= E \\T^j &= I - H^j C^j \\F^j &= T^j A - K_1^j C^j \quad \text{para ser estabilizado, donde } j = 1, 2, \dots, m \\K_2^j &= F^j H^j \\K^j &= K_1^j + K_2^j\end{aligned}\quad (0.6)$$

Si se produce un falla en el sensor $j_{ésimo}$, el residuo debe satisfacer la siguiente forma aislada:

$$\begin{aligned}r^j(t) &< T_{SFI}^j \quad \text{para } k = 1, \dots, j-1, j+1, \dots, m \\r^j(t) &\geq T_{SFI}^k\end{aligned}$$

Donde $T_{SFI}^k (j = 1, \dots, m)$ son los umbrales de aislamiento

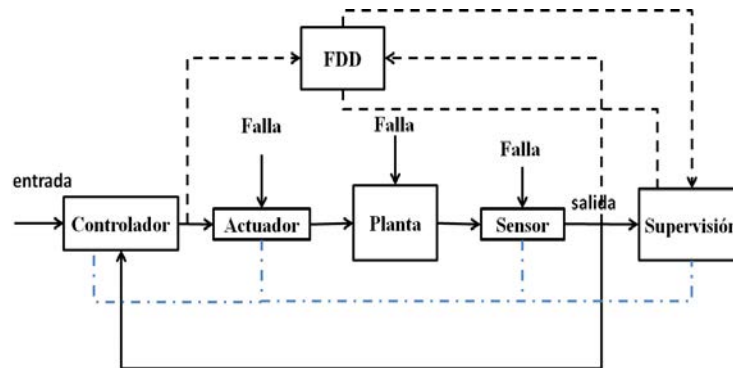
CONTROL TOLERANTE A FALLAS

El Control Tolerante a Fallas trata sobre el diseño e implementación de sistemas de control en los sistemas proclives a malos funcionamientos o funcionamiento anormal como por ejemplo sensores, actuadores, controladores o en los parámetros del proceso.

En la literatura se consideran dos tipos de Control Tolerantes a fallas (Vicenç Puig, 2004, Mogens Blanke, 2001, J.H. Richter 2011): el control de pasivo y de control activo. El primer control, pasivo tiene información anticipada de fallas, tales como el tipo y la magnitud de la falla. También hace uso de los sistemas de control de retroalimentación que permiten una acción instantánea sobre cambios en la dinámica del sistema e incluso fallas.

Por otro lado, el control tolerante activo consiste de diagnóstico en línea de fallas, es decir, para determinar qué componente tiene esta en falla (sensor, actuador o un componente del sistema), el tipo de falla, la magnitud y el tiempo de la aparición y con esta información realizar la acción de un mecanismo de acomodación, de reconfiguración de la ley de control o del paro total del sistema.

Figura 6. Esquema Control Tolerante a Fallas Pasivo-Activo.

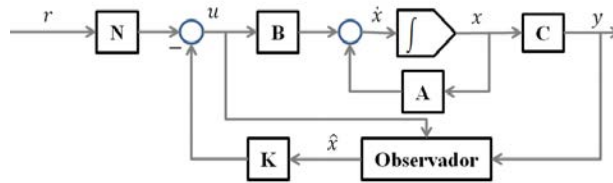


El control tolerante a fallas utilizado es un control tolerante a fallas pasivo-activo, que consiste en un sistema de diagnóstico de fallas y un mecanismo de acomodación o el cambio de ley de control.

La ley de control utilizada es de realimentación de estado como en Figura 7, que viene dada por la siguiente ecuación:

Figura 7. Esquema de Control por realimentación.

$$u = K_i x$$



El sistema de lazo cerrado es:

$$\dot{x} = A_i x + B_i K_i x = (A_i + B_i K_i) x \quad (0.7)$$

El procedimiento para determinar la ganancia K_i de realimentación de estado, tal que los polos del sistema de lazo cerrado sean los deseados.

- Se determina si los valores propios del sistema de lazo cerrado, son las raíces del polinomio característico $\Delta(\lambda) = \det[sI - A_i + B_i K_i] = 0$.
- Condición: si y sólo si el sistema de lazo abierto (A_i, B_i) es controlable, se puede alcanzar los valores propios deseados como $\Gamma = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n\}$.
- La ecuación característica en lazo cerrado debe ser igual a la ecuación característica deseada

$$\det[sI - A_i + B_i K_i] = 0 \Leftrightarrow (s - \lambda_1)(s - \lambda_2) \dots (s - \lambda_n)$$

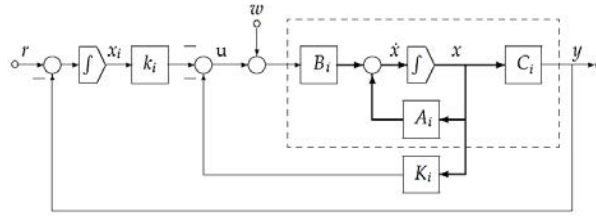
La ganancia pre-alimentación está dado por:

$$N_i = -\frac{1}{C_i (A_i - B_i K_i)^{-1} B_i} \quad (0.8)$$

Se agrega la acción integral para corregir el error de estado estable y rechazo de perturbaciones (ver Figura 8)(Jie Chen 1999):

$$x_i = r_i - y_i = r_i - C_i x$$

Figura 8. Esquema de Control por realimentación con acción integral.



El sistema aumentado y circuito cerrado están dadas por:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_i \\ \dot{z}_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_i - B_i K_i & -B_i k_i \\ -C_i & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_i \\ z_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_i \\ D_i \end{bmatrix} (u + w) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} r \quad (0.9)$$

$$y_i = \begin{bmatrix} D_i & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_i \\ z_i \end{bmatrix}$$

Se hace frente a las fallas en el sensor de altitud y la velocidad.

CASO DE ESTUDIO: AVIÓN F-16

Se obtiene el modelo matemático del avión de combate F-16, con base en las referencias (Brian L. Stevens, 1992, Michael V. Cook, 2007), los marcos de análisis se basan en el cuerpo modelo ejes F_E tierra plana se utiliza como sistema de referencia inercial y un marco de referencia local de la tierra llevado en el vehículo F_o los ejes están en el centro de gravedad de la aeronave (ver Figura 9).

Figura 9. Ejes de cuerpo del Avión F-16, (x, y, z) , L rolling moment, M Pitching moment, N yawing moment, p roll rate, q Pitch rate, r yaw rate.

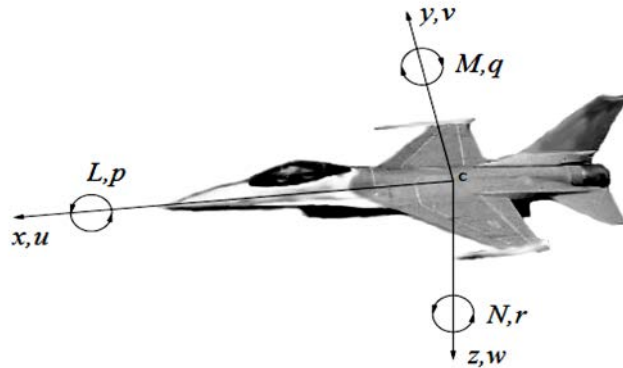


Tabla 1. Valores Max. y Min. de las variables de control

Entradas de Control	Uni.	Min.	Max.	Lím.
Elevador	Deg	-25	25	±60deg/seg
Alerón	Deg	-21.5	21.5	±80deg/seg
Timón	Deg	-30	30	±120deg/seg
δ_{LEF} Deflexión del Timón	Deg	0	25	±25deg/seg

El modelo de los aviones F-16 ha las entradas de control como el empuje, elevador, alerones y timón:

Las ecuaciones generales del avión F-16 (Brian L. Stevens, 1992):

Ecuaciones de fuerzas

$$\begin{aligned}
 U &= RV - QW - g'_0 \sin\theta + \frac{F_x}{m} \\
 V &= -RU - PW + g'_0 \sin\phi \cos\theta + \frac{F_y}{m} \\
 W &= QU - PV + g'_0 \cos\phi \cos\theta + \frac{F_z}{m}
 \end{aligned} \quad (0.10)$$

Ecuaciones cinemáticas

$$\begin{aligned}
 \dot{\phi} &= P + \tan\theta (Q \sin\phi + R \cos\phi) \\
 \dot{\theta} &= Q \cos\phi - R \sin\phi \\
 \dot{\psi} &= \frac{Q \sin\phi + R \cos\phi}{\cos\theta}
 \end{aligned} \quad (0.11)$$

Ecuaciones de Momentos

$$\begin{aligned}
 \dot{P} &= (c_1 R + c_2 P) Q + c_3 \bar{L} + c_4 N \\
 \dot{Q} &= c_5 P R - c_6 (P^2 - R^2) + c_7 M \\
 \dot{R} &= (c_8 P + c_2 R) Q + c_4 \bar{L} + c_9 N
 \end{aligned} \quad (0.12)$$

Ecuaciones de Navegación

$$\begin{aligned}
 p_N &= U \cos \theta \cos \psi + V (-\cos \phi \sin \psi + \sin \phi \sin \theta \cos \psi) \\
 &\quad + W (\sin \phi \sin \psi + \cos \phi \sin \theta \cos \psi) \\
 p_E &= U \cos \theta \sin \psi + V (\cos \phi \cos \psi + \sin \phi \sin \theta \sin \psi) \quad (0.13) \\
 &\quad + W (-\sin \phi \cos \psi + \cos \phi \sin \theta \sin \psi) \\
 h &= U \sin \theta - V \sin \phi \cos \theta - W \cos \phi \cos \theta
 \end{aligned}$$

Los valores aceptables para las condiciones de vuelo y linealización son:

Tabla 2. Valores aceptables para las condiciones de vuelo y linealización.

Variables	Uni.	LOFI(Mín,Máx)	HIFI(Min,Max.)
Altitud	Ft	5000 - 40000	5000 - 40000
Ángulo de Ataque	Deg	-10 - 45	-10 - 90
Empuje	Lbs.f	1000 - 19000	1000 - 19000
Elevador	Deg	-25 - 25	-25 - 25
Aleron	Deg	-21.5 - 21.5	-21.5 - 21.5
Timón	Deg	-30 - 30	-30 - 30
Velocidad	Ft/s	300 - 900	300 - 900

La ecuación no lineal implícita se puede escribir como:

$$\begin{aligned}
 f_1(x, x, u) &= 0 \\
 f_2(x, x, u) &= 0 \quad (0.14)
 \end{aligned}$$

$$f_n(x, x, u) = 0$$

El vector de estado reducido es:

$$X^T = [V_T \quad \beta \quad \alpha \quad \phi \quad \theta \quad \psi \quad P_w \quad Q_w \quad R_w]$$

El vector de control es:

$$U^T = [\text{Empuje} \quad \text{Elevador} \quad \text{Alerón} \quad \text{Timón}]$$

Los modelos lineales para cada punto de funcionamiento específico del modelo no lineal de avión F-16 es dado por la tarea de vuelo específica, los modelos son: *Mode1* Despegue (A_1, B, C, D) , *Mode2* Vuelo en estado estable (A_2, B, C, D) , *Modo 3* Vuelta constante (A_3, B, C, D) , *Mode4* Vuelo giro (A_4, B, C, D) , *Mode5* Vuelo uniforme alas niveladas (A_5, B, C, D) .

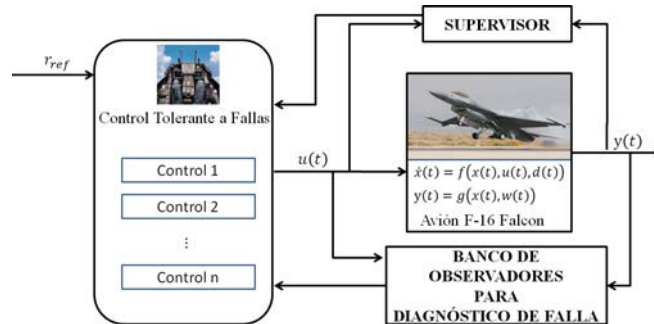
RESULTADOS DE SIMULACIÓN DEL AVIÓN F-16

Los modelos lineales permiten calcular las ganancias de control mediante la colocación de los polos.

Los modelos se conmutan de acuerdo con la tarea específica de vuelo del Avión F-16 que es una función del tiempo.

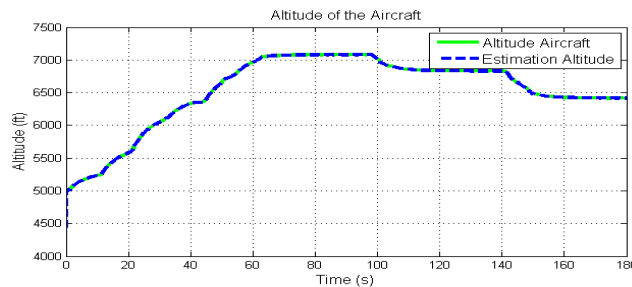
El sistema de diagnóstico de fallas determina si existe una anomalía o una falla en el proceso, este sistema se basa en bancos de observadores de entrada desconocida. El sistema de supervisión recibe información del sistema de diagnóstico, el cual verifica que está sucediendo en el proceso.

Figura 10. Esquema de Control propuesto para el avión F-16.



La Figura 11 muestra la trayectoria y velocidad del modelo no lineal del avión F-16 en lazo cerrado sin fallas, y las estimaciones de las mediciones mediante el observador de estados en condiciones normales de operación del avión F-16.

Figura 11. Dinámica del modelo no lineal en lazo cerrado del avión F-16 y del Observador.



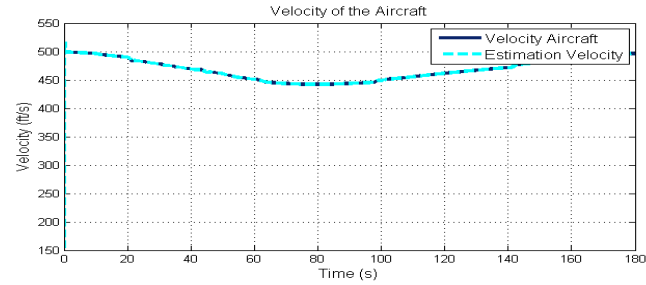


Figura 12 muestra la trayectoria del modelo del Avión F-16 con dos fallas en diferentes tiempos. Figura 13 son las entradas de control requeridas para mantener la trayectoria y la estabilidad del Avión. La trayectoria del avión está dada por una tarea de vuelo específica, que cambia de trayectoria dependiendo del tiempo y de la ganancia de control que actúa en ese instante de tiempo.

Figura 12. a) Respuesta del modelo no lineal del Avión F-16 y del observador, b) Velocidad del avión con fallas.

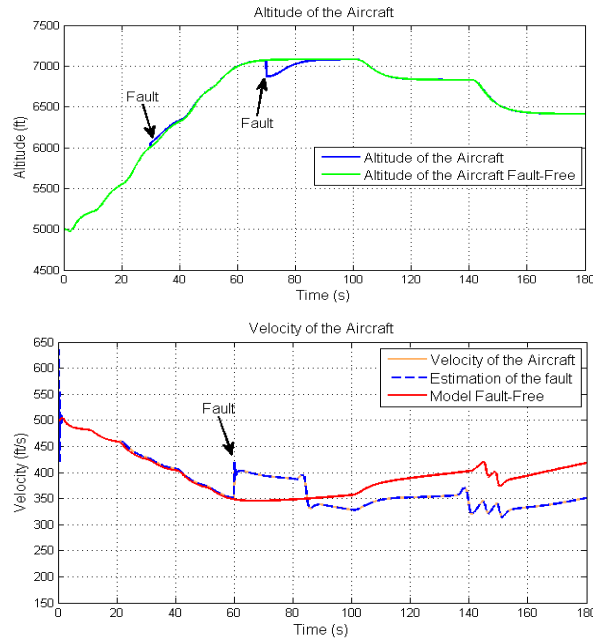


Figura 13. Entradas de Control: a) Deflexión del Elevador y b) Empuje.

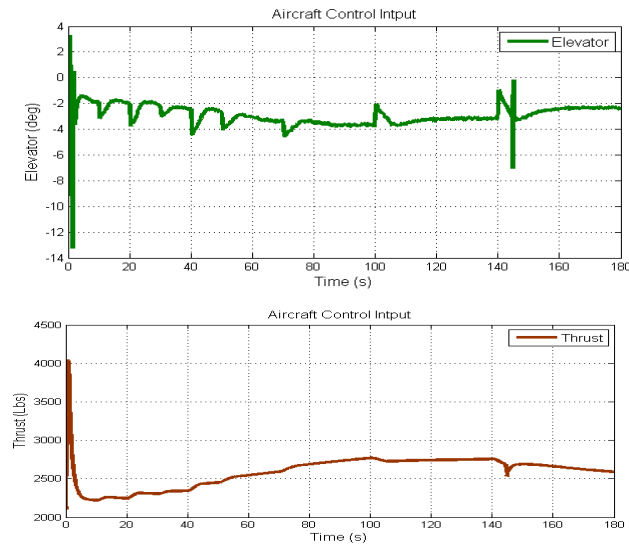
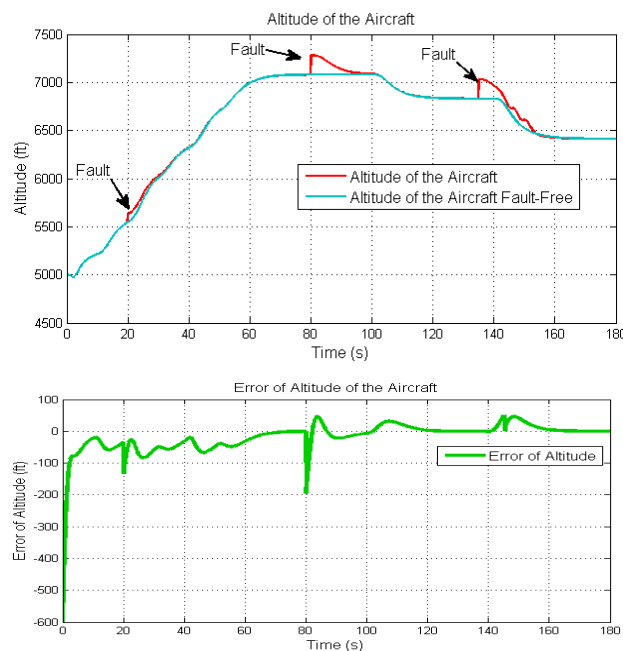


Figura 14. a) Respuesta del modelo no lineal del Avión F-16 y del Observador, b) Error de altitud del avión.



CONCLUSIONES

El método presentado a lo largo de este documento se hace hincapié en la importancia del Control Tolerante a fallas pasivo de sistemas no lineales basados en la representación mediante los sistemas lineales por pedazos (PWL). El sistema de Diagnóstico de fallas en los sensores. Cada controlador se diseña por separado ya sea

para el caso sin falla en los sensores como en el caso de aparición de fallas en los sensores, las ganancias se diseñan a través de una asignación de polos. El diseño del control por realimentación de estados tiene en cuenta la información proporcionada por el diagnóstico de fallas y aislamiento del esquema (FDI). El rendimiento y la eficacia de este Control Tolerante a Fallas pasivo basado en el enfoque de sistemas lineales a pedazos se han ilustrado en un ejemplo de simulación. La conmutación tiene un tiempo de permanencia adecuado, que se utiliza para evitar la posible inestabilidad transitoria causada por la conmutación entre los controladores de la conmutación está dada por una tarea de vuelo preestablecida. La simulación del Modelo del avión F-16 con el Control Tolerante a Fallas muestra que el sistema de fallas logra un rendimiento de seguimiento aceptable. En el trabajo futuro, se considerará el control tolerante a fallos activos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abderazik Birouche, Jamal Daafouz and Claude lung, State Estimation for a class of Discrete-time Piecewise-linear Systems, *Control and Intelligent Systems*, pp. 12-17, DOI:10.2316/Journal.201.2010.2.201-2172, 2006.
- Abderazik Birouche. Contribution sur la synthèse d'observateurs pour les systèmes dynamiques hybrides, Thèse Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, 2006.
- A. Alessandri, M. Baglietto and Battistelli, Design of Luenberger Observers for a Class of Hybrid Linear Systems, *Hybrid Systems: Computation and Control*, Springer, pp. 7-18, Vol. 2034, 2001.
- Andrea Balluchi, Luca Benvenuti, Maria D. Di Benedetto and Alberto L. Sangiovanni-Vincentelli. Design of Observer for Hybrid Systems, In *Hybrid Systems: Computation and Control*, Vol. 2289, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 76-89, 2002.
- A. Lj. Juloski, W. P. M. H. Heemels and S. Weiland. Observer design for a class of piecewise linear systems, *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, pp. 1387-1403, Vol. 17, Issue 15, 2006.
- Brian L. Stevens and Frank L. Lewis. *Aircraft Control and Simulation*. Ed. John Wiley and Sons, USA, 1992.
- Daniel Liberzon, *Switching in Systems and Control*. Tamer Basar, University of Illinois at Urban-Champaign, Eds.; Birkhäuser: Boston, USA, 2003.
- Daniel Liberzon and A. Stephen Morse. Basic Problem in Stability and Design of Switched Systems. *IEEE Control Systems*, pp.59-70, Vol. 19, Issue 5, 1999.
- Darouach, M., Full Order Unknown Inputs Observers Design for Delay Systems, *Control and Automation*, 2006. MED '06. 14th Mediterranean Conference on, pp. 1-5, 2006.
- E. De Santis and M.D. Di Benedetto, Observers design for discrete-time linear switching Systems, *IFAC*, pp. 1-6, 2007.
- Hassan K. Khalil. *Nonlinear Systems*. Third Edition. Eds. Prentice Hall, 2002, New Jersey.
- Jie Chen and Ron J. Patton. *Robust Model-Based Fault Diagnosis for Dynamic Systems*. Ed. Kluwer Academic Publisher, Cap. 3, USA, 1999.
- João P. Hespanha and Daniel Liberzon. Nonlinear norm-observability notions and stability of Switched Systems, *IEEE Transactions on Automatic Control*, pp. 154-168, Vol. 50, Issue 2, 2005.

- J.H. Richter, W.P.M.H. Heemels, N. van de Wouw and J. Lunze. Reconfigurable control of piecewise affine systems with actuator and sensor faults: Stability and tracking. *Automatica*, pp. 678-691, Vol. 47, Issue 4, 2011.
- Laurentiu Hetel, Jamal Daafouz and Claude lung. Stabilization of Arbitrary Switched Linear Systems with Unknown time Varying delays. *Automatic Control, IEEE Transactions*, pp. 1668-1674, Vol. 51, Issue 10, 2006.
- Marios M. Polycarpou and Arun T. Vemuri. Learning Methodology for Failure Detection and Accommodation. *IEEE Control Systems*, pp. 16-24, Vol. 15, 1995.
- Michael V. Cook. *Flight Dynamic Principles*, Ed. Butterworth-Heinemann, Second Edition, 2007.
- Mohamed Babaali and Magnus Egerstedt. Asymptotic Observer for Discrete-Time Switched Linear Systems, *IFAC*, pp. 1-6, 2005.
- Mogens Blanke, Marcel Staroswiecki and N. Eva Wu. Concepts and Methods in Fault-Tolerant Control, *American Control Conference ACC 2001*
- Pettit, N.B.O.L. and Wellstead, P.E., Analyzing piecewise linear dynamical systems, *Control Systems, IEEE*, pp. 43-50, Vol. 17, Issue 5, 1995.
- Rolf Isermann, *Model-Based fault-Detection and Diagnosis – Status and Applications*. Elsevier 2005.
- Souad Bezzaoucha, Benoît Marx, Didier Maquin and José Ragot. On the Unknown Input Observer Design: a Decoupling Class Approach. *Control and Automation (ICCA)*, pp. 602–607, 9th IEEE International Conference on 2011.
- S. Zhao and J. Sun. Controllability and observability for time-varying switched impulsive controlled systems. *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, pp. 1313-1325, Vol. 20, Issue 12, 2010.
- S. X. Ding. *Model-based Fault Diagnosis Techniques*. Eds. Springer-Verlag, Berlin, 2008.
- Vicent Puig, Joseba Quevedo, Teresa Escobet, Bernardo Morcego and Carlos Ocampo. Control Tolerante a Fallos (parte II): Mecanismos de Tolerancia y Sistema Supervisor. *Revista iberoamericana de automatica e informatica industrial (RIAI)*, Vol. 1, ISSN 1697-7912, pp. 5-12, 2004.
- X. Xu and P. Antsakli. Practical Stabilization of integrator switched systems. *IEEE Proc. Of American Control Conf.* pp. 4-6, 2003.

DETERMINACIÓN DE IMPACTO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS CONTAMINANTES MEDIANTE EL USO DE MODELOS DE TRANSPORTE Y DISPERSIÓN

ELIZABETH HERNÁNDEZ MÉNDEZ¹, VIRIDIANA SÁNCHEZ VÁZQUEZ², ARLENY LOBOS PÉREZ³

RESUMEN

Los procesos contaminantes derivados de las actividades productivas del hombre causan graves daños a la salud humana y a los ecosistemas en general, de ahí que es necesario contar con herramientas eficaces y confiables para determinar el grado de impacto de esas actividades en el entorno ambiental. Este trabajo consiste en un estudio ambiental desarrollado en la periferia de una empresa productora de azúcar, dentro del estado de Veracruz; el objetivo es determinar el área de impacto de las emisiones a la atmósfera resultado del proceso de quema de bagazo, sabiendo que en esta actividades se genera partículas que por su tamaño llegan al tracto respiratorio y pueden alterar el funcionamiento de los seres vivos, en este caso en particular de los seres humanos. Para determinar las concentraciones de partículas que se encuentran en el aire respirable, se hace uso de modelos de calidad del aire, diseñados para caracterizar los contaminantes primarios (emitidos directamente a la atmósfera) y en algunos casos contaminantes secundarios (resultan de reacciones químicas en la atmósfera). Para este estudio se usó el AERMOD® versión 9.1.0 Los datos usados corresponden a los estudios de emisiones realizados por laboratorios analíticos certificados, en el período de interés. Con los resultados obtenidos se busca dar herramientas a la empresa emisora para que tome las medidas necesarias que les permita garantizar a su entorno, mejor calidad del aire que se respira.

Palabras clave: *Modelos de transporte y dispersión emisiones contaminantes, Aermod*

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.
elizabeth.hernandez@itsb.edu.mx

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.
viridiana.sanchez@itsb.edu.mx

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. arleny.lobos@itsb.edu.mx

INTRODUCCIÓN

La constitución política de México consagra el derecho de vivir en un ambiente limpio y saludable, por lo que es obligación del gobierno y de todos los actores de la sociedad a propiciar ese ambiente. Sin embargo la contaminación tanto en espacios interiores como al aire libre, constituye un grave problema de salud medioambiental que afecta a los países desarrollados y en desarrollo por igual. De acuerdo a evaluaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de dos millones de muertes prematuras se pueden atribuir a los efectos de la contaminación del aire en espacios abiertos urbanos y espacios cerrados ⁽¹⁾. Como es conocido, la actividad industrial es una fuente importante de contaminación atmosférica y los contaminantes que se emiten son de diferentes tipos, tanto en estado físico como en composición química, lo cual depende del tipo de proceso y por lo tanto de los insumos que se empleen. Además, por la naturaleza del fenómeno de contaminación del aire, algunos contaminantes emitidos por las industrias pueden transportarse a grandes distancias y contribuir a fenómenos como lluvia ácida, altos niveles de ozono troposférico, cambio climático, entre otros, motivo por el cual, la contaminación generada es un tema de constante preocupación por parte de la población en general.

El proyecto que aquí se presenta, consistió en el estudio del transporte y dispersión de contaminantes generados durante el proceso de fabricación de azúcar en un ingenio azucarero, y presenta las concentraciones a las que se expone la población circundante. Los contaminantes estudiados fueron la materia particulada en fracción de $10\mu\text{m}$, (PM_{10}), y el dióxido de azufre (SO_2), ambos emitidos por la operación de las calderas, para el proceso productivo, dicha operación, a base de combustóleo y bagazo de caña

El trabajo está orientado por los objetivos ambientales relacionados con el estudio del comportamiento de las emisiones y como llegan éstas a los núcleos poblacionales, partiendo de un diseño basado en:

- Recopilación, análisis y procesamiento de variables ambientales Y variables de proceso
- Aplicación de un modelo numérico de transporte y dispersión de contaminantes del aire, reconocido y avalado por instituciones prestigiadas de regulación ambiental.
- Análisis de resultados obtenidos comparando con el marco normativo nacional en materia de límites permisibles de concentración de contaminantes en el aire.

Las variables del proceso productivo, serán las relacionadas a las emisiones del ingenio azucarero. Las variables ambientales serán las específicas de la zona de estudio, e incluye a los parámetros meteorológicos de superficie (dirección y velocidad de viento, temperatura ambiente y nubosidad), así como características del terreno (razón de bowen, albedo y rugosidad del terreno) y elevaciones. Toda la información mencionada se incorporará como datos de entrada a dos diferentes preprocesadores, cuyas salidas son ingresadas al modelo de transporte y dispersión de contaminantes del aire, AERMOD versión 9.1.0, el cual cuenta con la aprobación de instituciones de regulación ambiental de prestigio como la EPA (Environmental Protection Agency) ^(2,17) y se aplica ampliamente en estudios de evaluación de las plumas de emisión de contaminantes al aire ^(11,12,13,). La aplicación del modelo determina la distancia y concentración de los contaminantes, en un radio definido de trayectoria en todas las direcciones, tomando como centro la fuente. Los resultados obtenidos permitirán determinar un posible impacto a la salud humana al ser comparado con el marco regulatorio.

La fuente de emisión, en este caso el Ingenio Azucarero, se encuentra cerca de un área urbana y podrían estar alcanzando zonas habitadas con población de interés por su sensibilidad al mismo, tales como, núcleos densos de niños, ancianos, asmáticos o bien centros de reunión concurridos como escuelas, parques recreativos, hospitales, etc.

Esta fuente en particular no cuenta con antecedentes de estudios similares, por lo que los resultados que aquí se obtengan se consideran innovadores y muestran el aprovechamiento de las ventajas que ofrecen herramientas, tales como la aplicación de modelos numéricos para evaluar el alcance y dispersión que tienen los contaminantes

en el aire como las PM_{10} y los SO_2 , cuyos resultados obtenidos en un solo proceso pueden ser una buena aproximación para conocer los niveles de contaminación a los que se expone la población, mismos que de ser medidos requieren una fuerte inversión de recursos económicos y humanos. Así mismo, proporcionarán al sector productivo un sustento para el análisis y toma decisiones enfocadas desde un punto de vista precautorio del posible deterioro a la calidad del aire que se puede presentar, tema para el cual la sociedad demanda la atención tanto a las empresas como a las instituciones de regulación ambiental.

El estudio vincula al sector productivo con los centros educativos, en busca de desarrollar herramientas y conocimientos que ayuden a mejorar el entorno productivo y dar mejor preparación a los egresados de las instituciones.

ANTECEDENTES.

El principal objetivo del control de la contaminación atmosférica es proteger la salud humana y el daño al ambiente, por lo que se debe definir el tipo y cantidad permisible de las sustancias contaminantes presentes en el aire, su relación con la salud y el bienestar de la población. Esto involucra el establecimiento de niveles de contaminación permisibles basados en experiencias fisiológicas suficientes para justificarlos. Para establecer la relación entre una concentración en el medio aéreo y un factor de emisión para un mismo contaminante en una fuente, se debe considerar la meteorología, topografía del área donde esté ubicada la fuente, densidad de la población y el área rural o urbana. (2). Aspectos que se resaltan cuando se estudia el efecto de las emisiones de una fuente fija en particular.

La importancia de establecer un estudio de los contaminantes en un Ingenio azucarero se debe a que, en relación a fuentes fijas, el sector azucarero en México es considerado relevante en la vida económica, ya que aporta el 8.6% del Producto Interno Bruto (PIB) del sector agrícola y 2.4% del PIB del sector secundario, existiendo en el país 54 ingenios azucareros, de los cuales 22, es decir, el 38.5%, se ubican en el estado de Veracruz y generan más de dos millones de empleo de manera directa e indirecta (3).

Sin embargo, a pesar de los buenos resultados económicos que como productor de azúcar, el país pueda tener, esta agroindustria enfrenta un rezago tecnológico importante que hace que muchos de los ingenios enfrenten diversos problemas de contaminación ambiental y más específicamente de contaminación atmosférica, del cual existen reclamaciones constantes de la sociedad. Situación que se agrava debido a que existen vacíos en la regulación ambiental en cuanto a la normatividad aplicable específica para este sector para emisiones al aire, incluidas las partículas PM₁₀ para cualquier tipo de combustible entre ellos, el bagazo, el cual es el combustible que usan la mayoría de los ingenios azucareros. No obstante, dentro del marco normativo federal, en materia de salud ambiental, el sector salud cuenta con la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014 que establece los límites permisibles en aire ambiente para concentraciones de PM₁₀ y PM_{2.5} y la NOM-022-SSA1-2010 que establece los límites permisibles en aire ambiente para concentraciones de SO₂, como medida de protección a la salud de la población.

Específicamente el ingenio azucarero considerado en este estudio, ha venido sustituyendo el combustóleo por bagazo de caña, de manera que en la zafra 2014-2015 quemó 100% bagazo en su caldera para satisfacer sus requerimientos de energía; dentro de las emisiones a la atmósfera que reporta sólo se incluye partículas suspendidas totales (PST) y no reporta emisiones de PM₁₀.

En cuanto a los contaminantes de regulación ambiental en calidad del aire, se consideran seis: Ozono, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, plomo, Y partículas suspendidas fracción 10µm y 2.5µm.

El término material particulado también conocido como partículas suspendidas, aeropartículas o aerosoles, se refiere a una mezcla de compuestos microscópicos o muy pequeños en forma de líquidos y sólidos suspendidos en el aire, (por ejemplo hollín, polvo, humo y neblinas).⁽⁴⁾ El tamaño de las partículas suspendidas es una característica muy importante, porque mientras más pequeño sea su diámetro aerodinámico mayor será su capacidad de penetrar a áreas más profundas del sistema respiratorio como se puede observar en la 1

Tabla1. Penetrabilidad de las partículas en el tracto respiratorio, según su tamaño

Tamaño de la partícula (μm)..			Región hasta donde puede ocurrir la penetración
	>	11	Capturadas en orificios nasales, no penetran en la parte baja del tracto respiratorio.
7	-	11	Pasaje nasal.
4.7	-	7	Región de la laringe.
3.3	-	4.7	Tráquea y región primaria bronquial.
2.1	-	3.3	Región bronquial secundaria.
1.1.	-	2.1	Región bronquial terminal.
0.65	-	1.1	Bronquiolos.
0.43	-	0.65	Alveolos.

*Fuente: Guía metodológica para la estimación de $\text{PM}_{2.5}$; SEMARNAT/INE

Complementario a lo anterior, se sabe que en el ser humano, desencadenan procesos inflamatorios que agravan enfermedades respiratorias como el enfisema, bronquitis, etc, y se encuentran ligadas a enfermedades cardíacas, alteración y disminución de la tasa de limpieza mucociliar, desarrollo de bronquitis crónica, obstrucción pulmonar crónica y en algunos casos se relacionan directamente a la muerte de personas susceptibles ⁽⁵⁾. De acuerdo a la OMS, la reducción de concentraciones de las PM_{10} , está directamente relacionada con la disminución del número de fallecimientos anuales en ciudades contaminadas. ⁽¹⁾

Diversos estudios han demostrado que la quema de caña de azúcar en los campos y la quema de bagazo como combustible en las calderas, son fuentes importantes de emisiones al aire por material particulado (PST), partículas menores a $10\ \mu\text{m}$ (PM_{10}) y partículas menores a $2.5\ \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$). ^(6,7)

Además, numerosos estudios reportan que la quema de bagazo es una fuente importante de carbono negro en forma particulada, el cual causa graves problemas de salud y es considerado como un agente de cambio climático. Motivo por el cual, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático lo señala en su cuarto informe, como

un agente de alto potencial de calentamiento en la atmósfera, en este contexto, el contaminante ha sido documentado como el segundo agente de cambio climático, con un potencial de calentamiento equivalente a 55% del potencial atribuido al bióxido de carbono (CO₂). (8,9,14)

Las partículas por su efecto en salud y cambio climático, son un objeto de investigación constante en torno a su origen, trayectoria, mecanismos de dispersión, caracterización, morfología, reacciones químicas y control, entre otros. De manera tal, que en cuanto a los estudios de trayectoria y dispersión, se han desarrollado diferentes modelos numéricos que se pueden aplicar a las emisiones y con ello obtener resultados inmediatos que aportan conocimiento nuevo sobre todo en zonas no exploradas, fuentes de emisión con escasa información generada y proyectos con limitados recursos económicos.

Otro contaminante de interés es el Dióxido de Azufre (SO₂) que en contacto con la humedad del entorno produce partículas de ácido sulfúrico, las cuales se dispersan en el ambiente en forma de lluvia, niebla, nieve y rocío dando origen a un proceso de acidificación de la tierra y cuerpos de agua. El efecto a la salud por SO₂ se ve potenciado debido a la acción sinérgica de este contaminante con las partículas suspendidas presentes en el aire.

En México, el dióxido de azufre es un contaminante criterio que determina la calidad del aire y tiene un límite de concentración establecido por la Secretaría de Salud para proteger la salud de la población en general, de 288 µg/m³ promedio en 24 horas, una vez al año y 66 µg/m³ en una media aritmética anual (NOM-022-SSA-2010).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en su actualización mundial de las guías de calidad del aire del 2005, siguen siendo válidas y recomienda mediante estrategias de cada país bajar los límites hasta llegar a un valor con un enfoque precautorio de 7 ppb en 24 horas y 190 ppb en 10 minutos.

Los modelos numéricos de transporte y dispersión de contaminantes, parten de un dato de emisión que muchas veces tienen que estimarse a través de factores reportados por fuentes confiables y que se complementan con la actividad (término relacionado a la actividad del proceso directamente relacionada con la cantidad en masa del contaminante emitido) de la fuente en cuestión. Los modelos generalmente usan

técnicas matemáticas y numéricas para simular los procesos físicos y químicos que afectan la dispersión y reacción de los contaminantes en la atmósfera. Se diseñan para caracterizar los contaminantes primarios (aquellos que son emitidos directamente a la atmósfera) y en algunos casos contaminantes secundarios (resultado de reacciones químicas en la atmósfera). Existen muchos códigos de diferentes instituciones y grupos de investigación, con ellos se pretende determinar el alcance y dispersión de la pluma contaminante de la fuente emisora; conocer si las concentraciones rebasan los límites permisibles para proteger la salud ambiental y humana de la población circundante comparando los resultados con las normas ambientales vigentes.

Dentro de los modelos de dispersión más ampliamente usados por instituciones de regulación ambiental se tienen los de tipo gaussiano que usan las características físicas propias del terreno, datos meteorológicos de la capa superior atmosférica y datos meteorológicos de superficie, para representar la dispersión de la pluma en las diferentes capas atmosféricas. Los modelos deben elegirse de acuerdo al área que se pretenda representar, la distancia que se requiera evaluar y el tipo de contaminante a estudiar, entre otros factores. Los modelos de transporte y dispersión se usan actualmente en todo el mundo y son una herramienta de menor costo que además de las aplicaciones mencionadas, complementan y son base del diseño de sistemas de medición continua ^(9,10,11,12).

OBJETIVO.

Aplicar el modelo estadístico de transporte y dispersión de contaminantes (AERMOD) en una fuente fija, para determinar el impacto de sus emisiones atmosféricas alrededor de su ubicación.

METODOLOGÍA

Las actividades desarrolladas son las siguientes:

- Recopilación de información de la fuente emisora.
- Recopilación y análisis de parámetros meteorológicos de superficie y perfil vertical de la zona de estudio.
- Aplicación de un modelo de transporte y dispersión de contaminantes.

- Representación del transporte y dispersión del contaminante en la distribución geográfica de la población.
- Análisis de resultados en comparación con límites normativos

DATOS DE LA FUENTE.

La información técnica es proporcionada por el Ingenio en estudio para las zafras 2012-2013, 2013-2014 y 2014, 2015.

Se identificaron dentro del proceso las fuentes emisoras de contaminantes, para ello se eligieron únicamente 2 chimeneas que provienen de las calderas. Para cada una de ellas se obtuvieron las características de diseño como diámetro, altura, y la cantidad y tipo de combustible que queman, así como las coordenadas geográficas. Así mismo, se obtuvieron los resultados de las mediciones de emisiones cuyos datos de interés fueron las emisiones de temperatura, velocidad de gas de salida y gasto.

DATOS METEOROLÓGICOS

Se recopilaron los datos meteorológicos del Servicio Meteorológico Nacional para la estación meteorológica automática más cercana, a menos de 100 km de la fuente de emisión. La información se depuró y procesó para cumplir los criterios de suficiencia de datos que requiere el modelo. Seleccionando el periodo de diciembre 2013 a enero de 2014.

MODELO DE TRANSPORTE Y DISPERSIÓN

AERMOD

Los modelos de calidad del aire usan técnicas matemáticas y numéricas para simular los procesos físicos y químicos que afectan la dispersión y reacción de los contaminantes en la atmósfera. Los modelos son diseñados para caracterizar los contaminantes primarios (emitidos directamente a la atmósfera) y en algunos casos contaminantes secundarios (resultan de reacciones químicas en la atmósfera).

La EPA (Environmental Protection Agency) en su EPA's Guideline on Air Quality Models cita los modelos preferidos y recomendados de aplicación normativa en Estados Unidos, entre ellos se encuentra el AERMOD. Este modelo es citado por la

EPA como un modelo en el “estado del arte”, incorpora el concepto de estructura de turbulencia en la capa límite planetaria, incluyendo terrenos simples y complejos y el concepto de “scaling”, usa distribuciones gaussianas en la vertical y horizontal para condiciones estables y en la horizontal para condiciones convectivas.

Es un modelo recomendado para las siguientes aplicaciones:

- Fuentes de área, volumen y puntuales.
- Emisiones elevadas, a nivel superficie y cercano a la superficie.
- Áreas rurales y urbanas.
- Terreno simple y complejo.
- Distancias de transporte de hasta 50Km.
- Emisiones de contaminantes tóxicos.

Este modelo se aplica para contaminantes primarios, pudiendo ser tóxicos. El AERMOD, requiere datos meteorológicos que son incorporados a un preprocesador llamado AERMET, los datos meteorológicos son de superficie incluyendo la Razón de Bowen, rugosidad de la superficie y albedo, observaciones horarias de velocidad de viento (a partir de las cuales se va a desarrollar un perfil vertical), dirección de viento, cubierta nubosa y temperatura entre Z_0 y 100 m (temperaturas de referencia a partir de las cuales se puede estimar un perfil vertical) Adicionalmente requiere mediciones de perfiles de viento, temperatura, turbulencia lateral y vertical y opcionalmente mediciones de radiación solar. Así, AERMET genera 2 archivos para entrada al AERMOD. (2,15)

Con respecto a las características del terreno, AERMOD obtiene una mejor valoración de la influencia del terreno en la concentración del contaminante transportado, a través de la aplicación de un preprocesador para calcular detalladamente la topografía del terreno.

Usando una aproximación relativamente sencilla, AERMOD incorpora los conceptos más actuales en cuanto a la dispersión sobre terreno complejo, de forma tal que modela el transporte de la pluma siguiendo la topografía de la superficie. Esta aproximación fue diseñada para que la topografía estimada sea representativa de la realidad física, fácil de implantar y además no resulte necesario clasificar a priori el terreno como simple, intermedio o complejo, lo cual si ocurre en otros modelos de

dispersión. Como resultado de lo anterior, AERMOD elimina la necesidad de definir regímenes de terrenos complejo, ya que todos los tipos se tratan de forma consistente y continua.

AERMET: PARÁMETROS METEOROLÓGICOS DE SUPERFICIE:

Se ingresaron al preprocesador AERMET, datos meteorológicos horarios de superficie para el periodo meteorológico dado por la operación de la empresa, los parámetros meteorológicos fueron dirección de viento, velocidad de viento, temperatura, humedad relativa y presión barométrica. Mismos que sirvieron de base para el cálculo del “Ceiling” o altura del techo nuboso, de este proceso se alimentó esta variable en la base de datos.

Esta base de datos se manejó como archivo de texto para procesarla en el programa MET144.EXE ofrecido por el Centro Nacional de Datos Climáticos (NCDC) en Asheville, Carolina del Norte a través del website de SCRAM (Support Center for Regulatory Atmospheric Modeling) en la página de la EPA. La aplicación de este programa calcula la nubosidad o cobertura nubosa, temperatura de bulbo seco y la opacidad de la cobertura nubosa, dando como resultado un archivo en el formato *.144, que presenta las siguientes variables: Dirección de viento, velocidad de viento, temperatura de bulbo seco, altura del techo nuboso, nubosidad o cobertura nubosa y opacidad de la cobertura nubosa. Este archivo es entonces el que puede ser alimentado al AERMET.

AERMET: PARÁMETROS METEOROLÓGICOS DE RADIOSONDEO.

Se tomó la base de datos de radiosondeo de estación VER 11904 76692 19.17 96.12 00013 VERACRUZ 99 MX., proporcionada por la National Oceanic and Atmospheric Administration: NOAA, obtenida través del sitio <http://raob.fsl.noaa.gov/>. Esta base de datos se obtuvo para el periodo de modelación y es ingresada directamente al preprocesador AERMET. Debido a la escasez de datos de radiosondeo se tomó esta base de datos por ser la estación más cercana.

AERMAP:

Se ingresaron los datos de elevación de terreno, dados en metros, para 10201 puntos, que representan una malla de 10,000 por 10,000 m, distribuida en cuadrículas rectangulares de 100 X 100 m, que corresponde al área de estudio.

Esta información de elevación fue obtenida en formato digital a través de la Geographic Information System: GIS. Estos datos corresponden a observaciones del Shuttle Radar Topography Mission: SRTM de la National Aeronautics and Space Administrations: NASA de Estados Unidos. La información alimentada a AERMAP es procesada y se presenta para cada coordenada de los 4041 puntos.

AERMOD

Se modelaron de forma simultánea las chimeneas 1 y 2 del Ingenio; para un dominio de 10 x 10 kilómetros, con una resolución de 201 x 201 celdas, que da un total de 40401 receptores. El periodo meteorológico de modelación fue del 15 de diciembre 2013 al 15 de enero de 2014.

EMISIONES

Se analizaron los datos de emisión de los periodos de producción de azúcar, de las zafra 2011-2012, 2012-2013 y 2014-2015 y los datos de producción de dichos periodos.

De dicha información se usaron las concentraciones reportadas de los contaminantes de interés en este estudio, los datos de consumo de combustible y velocidad de salida de flujo de gas, así como los factores de emisión que reporta la EPA en su AP42 ^(16,17) para obtener las emisiones de PM₁₀ y SO₂ para combustóleo y bagazo.

DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

Los puntos de emisión, son la chimenea 1 y la chimenea 2 del Ingenio. Las emisiones de ambas chimeneas son modeladas en forma simultánea. A partir del centro de estos puntos se modeló en un dominio de 10 km* 10Km, dando un total de 4041 receptores,

en un área total aproximada de 100 Km², región denominada en lo sucesivo como “área de estudio”, para obtener las concentraciones en aire a diferentes distancias y direcciones.

DATOS DE POBLACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La población, en el área de estudio es 7164 personas ⁽¹⁸⁾. De los cuales el 48% son hombres y el 52 % mujeres. El 10.7% son mayores de 60 años.

El programa se aplica para conocer el comportamiento de las emisiones de PM₁₀ y SO₂; en forma separada y es explicado a continuación:

Estudio de PM₁₀.

La emisión total de la chimenea 1 fue de 24.28 g/s y de 0.072 g/s para las chimeneas 1 y 2 respectivamente. (Figura 1 y 2)

Figura 1. Datos de la fuente (Chimenea 1) para AERMOD

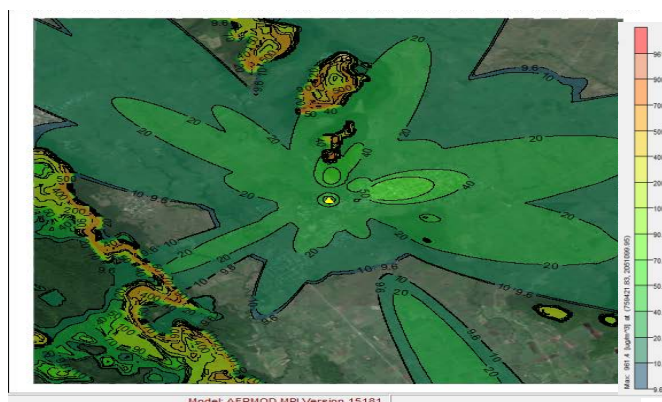
Parameter	Value	Unit
Emission Rate	24.28	[g/s]
Gas Exit Temperature	521.57	[K]
Stack Inside Diameter	2.2	[m]
Gas Exit Velocity	4.16	[m/s]
Gas Exit Flow Rate	15.8135	[m³/s]

Figura 2. Datos de la Fuente (chimenea 2) para AERMOD

Parameter	Value	Unit
Emission Rate	0.072	[g/s]
Gas Exit Temperature	479.54	[K]
Stack Inside Diameter	5.6	[m]
Gas Exit Velocity	6.2	[m/s]
Gas Exit Flow Rate	152.7065	[m³/s]

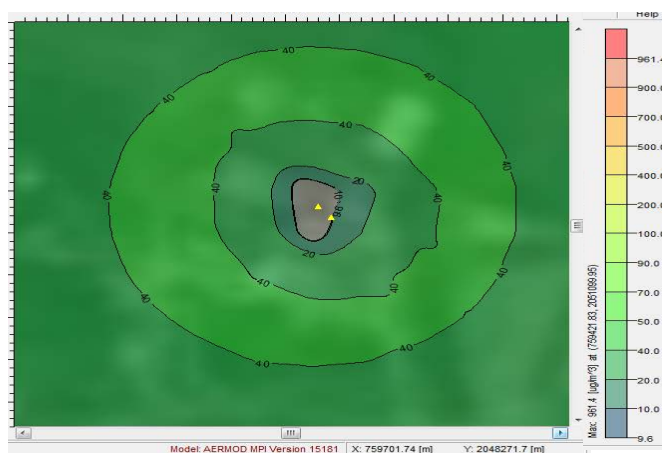
Los puntos de emisión y el área de estudio se observan en la Figura 3.

Figura 3. Modelación obtenida para 5km con AERMOD.



La figura 4, representa un acercamiento a la fuente emisora, las chimeneas están marcadas de amarillo.

Figura 4. Acercamiento en el diagrama de dispersión de la fuente emisora.



El material particulado que aquí se modela corresponde a la fracción PM_{10} .

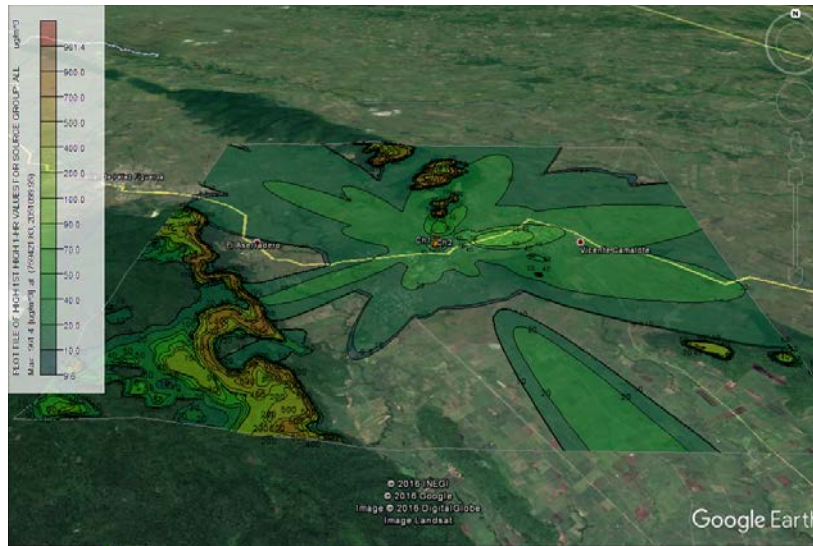
RESULTADOS

RESULTADOS PM_{10}

Las emisiones de las dos chimeneas se modelaron en forma simultanea obteniéndose emisiones de 24.28 g/s para la chimenea 1 y 0.072 g/s de PM_{10} para la Chimenea 2. Durante el periodo climatológico correspondiente a la zafra en estudio.

Esta emisión se alimentó a AERMOD para obtener el diagrama de dispersión y transporte del contaminante en un radio de 5Km, este diagrama se sobrepone en la distribución de la población y se observan en la Figura 5.

Figura 5 Dispersión de PM10



La pluma se dispersa hacia el sureste y sur en escalas de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentraciones en aire, sin embargo en el oeste y noroeste se puede observar que la zona de mayor concentración del contaminante PM_{10} , se presenta en el área aledaña a elevaciones, en escalas de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hasta un valor máximo de $961.39 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La representación tridimensional de las mismas se presenta en Figura 6, donde se puede visualizar la capacidad del modelo de representar las características orográficas del sitio de estudio. En ella se muestra que la nube de dispersión no rebasa las barreras físicas alrededor.

Figura 6. Vista georreferenciada que modela las elevaciones, mediante AERMAP

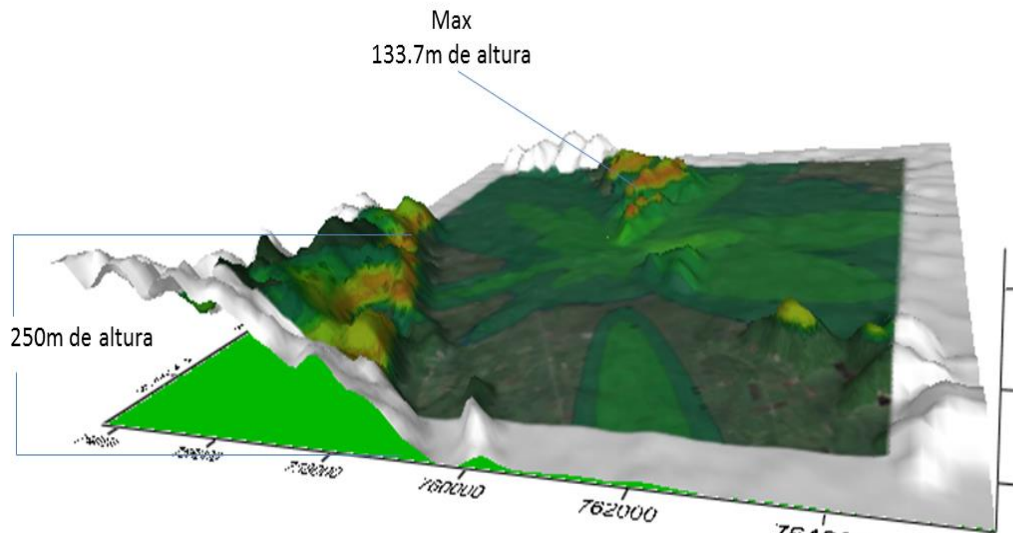


Tabla 2. Concentraciones máximas determinadas en el periodo de modelación para la chimenea 1 y chimenea 2

Fuente / Norma	Contaminante	Concentración máxima (µg/m ³)		
		1 Hr	24 Hr	Período
Zafra 2013-2014/ Nom-025-SSA1-1993 ¹	PM ₁₀	961.39	107.89	16.35
			120	50

1. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-025-SSA1-1993. " Salud Ambiental.

Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros PM₁₀ y partículas menores de 2.5 micrómetros PM_{2.5} de la calidad del aire ambiente. Criterios para evaluar la calidad del aire".

ESTUDIO DE SO₂

Usando los factores de emisión recomendados por la EPA (AP 42 Fuel Oil Combustion) ⁽¹⁶⁾ para SO₂ la emisión total fue de 50.53 g/s y de 368.85 g/s para la chimenea 1 y chimenea 2 respectivamente. (Figura 7 y Figura 8):

Figura 7. Datos de la fuente (Chimenea 1) para AERMOD

Source Release Parameters

Emission Rate: 50.35 [g/s]

Gas Exit Temperature: 452.39 [K] ☒ Fixed ☐ Ambient ☐ Above Ambient

Stack Inside Diameter: 2.2 [m]

Gas Exit Velocity: 12.39 [m/s]

Gas Exit Flow Rate: 47.0984 [m³/s]

Help [Icons] 1/2 [Icons] New [Icons] Close

Figura 8. Datos de la fuente (Chimenea 2) para AERMOD

Source Release Parameters		
Emission Rate:	368.85	[g/s]
Gas Exit Temperature:	479.5	[K] ☒ Fixed ☐ Ambient ☐ Above Ambient
Stack Inside Diameter:	5.6	[m]
Gas Exit Velocity:	6.2	[m/s]
Gas Exit Flow Rate:	152.7065	[m³/s]

Los puntos de emisión y el área de estudio se observan en la figura 9, la figura 10, es un acercamiento a la fuente emisora.

Figura 9. Área de estudio

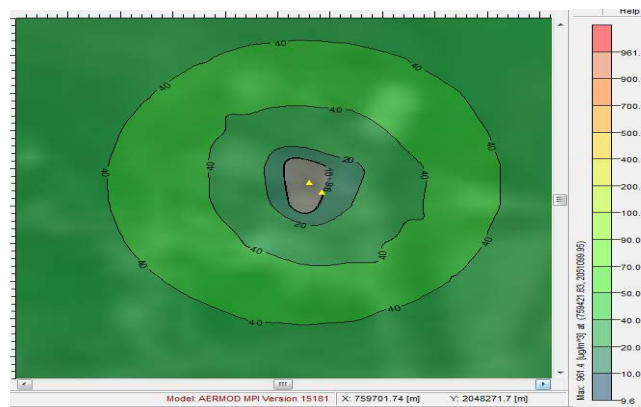
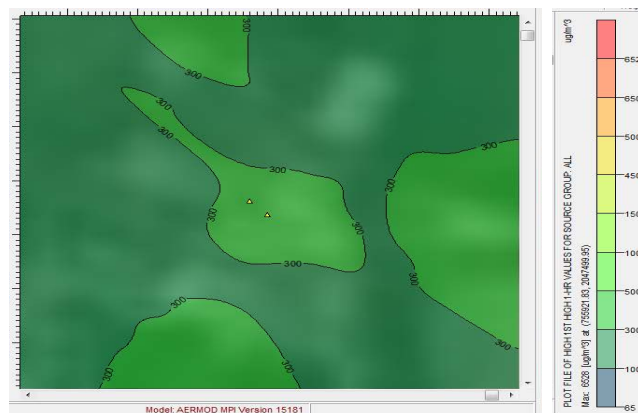


Figura 10. Acercamiento en el diagrama de dispersión de la fuente emisora



RESULTADOS SO₂

Las emisiones de las dos chimeneas se modelaron en forma simultánea, resultando 50.53 g/s para la chimenea 1 y de 368.85 g/s para la chimenea 2. Para un periodo climatológico correspondiente a la zafra en estudio.

Las plumas de transporte y dispersión se superponen en la distribución de la población y se observan en la Figura 11 que se obtiene con el programa AERMOD.

Figura 11 Dispersión de SO₂



Hacia el sur y sureste, la pluma se dispersa en escalas de 65 g/m^3 – $300 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, sin embargo en el oeste y noroeste se puede observar que la zona de mayor concentración del contaminante SO₂, se presenta en el área aledaña a elevaciones con escalas desde 300 g/m^3 hasta un valor máximo de $6528.18 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ en 1Hr.

La representación tridimensional de las mismas se presenta en Figura 12 donde se puede visualizar la capacidad del modelo de representar las características orográficas del sitio de estudio. Apreciándose que para el caso de SO₂ la nube de dispersión tampoco rebasa las barreras físicas del terreno.

Figura 12. Vista georreferenciada que modela las elevaciones, mediante AERMAP.

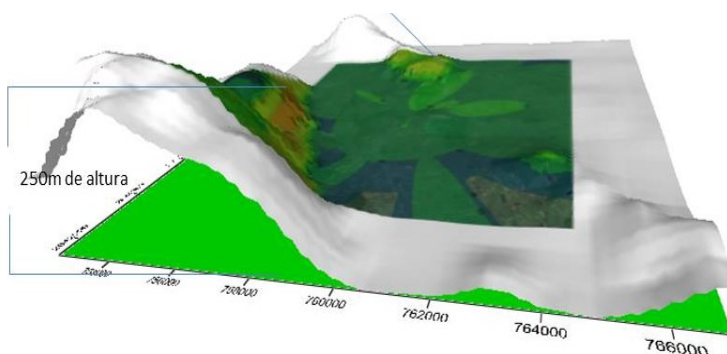


Tabla 3. Concentraciones máximas determinadas en el periodo de modelación para la chimenea 1 y chimenea 2.

Fuente / Norma	Contaminante	Concentración máxima (µg/m3)		
		1 Hr	24 Hr	Período
Zafra 2013-2014/ Nom-022-SSA1-1993 ²	SO ₂	6528.18	843.80	143.149
			288	65

1. **NORMA Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2010, “Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO₂). Valor normado para la concentración de dióxido de azufre (SO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.”**

EFFECTOS EN LA POBLACIÓN.

Analizando los resultados presentados en la Tabla 3 y Tabla 4, y apoyándose en la dispersión presentada en la Figura 5 Dispersión de PM₁₀ y la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Se determina el alcance a los principales núcleos de población; aunque los cerros no tienen núcleos poblacionales, se mencionan porque en éstos se registran los mayores valores de concentración de contaminantes

Tabla 5. Alcance de la dispersión de contaminantes para PM₁₀ y SO₂ en 24 Hr

Núcleo poblacional	Distancia lineal Y DIRECCIÓN	CONCENTRACIÓN DE PM ₁₀ µg/m ³	CONCENTRACIÓN DE SO ₂ µg/m ³
Cerros*	4370 m O	500-961	6528
Cerros	1173 m N	500-961	
Zona Urbana	2000 m SE	40-50	300-500
Zona Urbana	800 m NE	40	500-1000
Zona Urbana	3360 m O	<10	100-300
Ejido	3070 m NO	10-20	100-300
Zona Urbana Ejidal	5000 m NO	20-40	100-300

*Zona con muy escasa población

De acuerdo a los resultados se puede determinar que la concentración de PM10 y SO₂ en 24 horas y en el periodo de estudio sobrepasa la Norma ambiental; se registra al oeste, que es donde se tiene hilera de cerros, con escasa población, Al norte se aprecia también altas la concentración de PM10.

Por la zona del este y sur, dado que el terreno se torna plano, la pluma se dispersa y no alcanza valores arriba de la norma para PM10, no así para SO₂, precisamente en las zonas pobladas de la localidad.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las concentraciones de contaminantes en el aire pueden ser directamente relacionadas a las emisiones, por lo que las concentraciones medidas de emisiones y la actividad del proceso definida en términos de consumo de combustible, horas de operación, eficiencia, flujo de gases de salida, son parámetros que deben ser cuidadosamente bajo criterios de calidad

La modelación de las emisiones en periodo de zafra para esta fuente emisora, es el primero primera en su tipo, por lo que puede servir como base para estudios posteriores

Las concentraciones aquí determinadas no pueden ser comparadas a otras obtenidas en campo para diferentes periodos climatológicos, ya que son específicas para el periodo seleccionado, sin embargo, representan una aproximación confiable ya que parte de datos específicos del proceso, condiciones meteorológicas propias de la zona y datos digitales de elevaciones, obtenidos para la zona de estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Organización Mundial de la Salud, Calidad del Aire y salud, Nota descriptiva No.313, (noviembre de 2011), Disponible URL:<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>.
- Master en Ingeniería y Gestión Medioambiental 2007/2008, Aplicación Práctica Del Modelo De Dispersión De Contaminantes Atmosféricos – ISCST3, Autor: Agustín Torres Jerez
- Campos-Ortiz, F., & Mariana, O. P. (noviembre de 2013). Estudio sobre la Competitividad de la Industria. Obtenido de <http://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-discursos/publicaciones/documentos-de-investigacion/banxico/%7B6990D66E-0967-353F-156B-39C97972A27E%7D.pdf>
- Guía Metodológica para la estimación de emisiones de PM_{2.5}. Secretaria de medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, 2011
- http://www.paho.org/bol/index.php?option=com_content&view=article&id=793:la-oms-pide-mundo-que-asuma-reto-calidad-aire&Itemid=1, 2006.
- Bagasse Combustion In Sugar Mills, Disponible URL: <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch01/final/c01s08.pdf> , (Consultado jul 2014).
- Impacto ambiental del uso de bagazo como fuente de energía en centrales azucareras, Zuleiqui Gil Unday, Universidad de Girona , 2005.
- El carbono negro; conceptos, efecto climático y oportunidades en su control, Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente (AIDA), Disponible en URL: http://www.aida-americas.org/sites/default/files/AIDA_Carbono%20Negro%20FINAL.pdf
- Fuentes de Emisión de Carbono Negro en el Estado de México, Informe técnico DDA/02/2010, Secretaría Del Medio Ambiente, Dirección General De Prevención Y Control
- Emisiones de carbono negro en partículas atmosféricas provenientes de la quema de la caña de azúcar, Múgica Álvarez Violeta, 2012
- Aplicación del programa AERMOD para modelar dispersión de PM₁₀ emitido por equipos de calefacción a leña en la ciudad de Constitución. Silva, Adrián y Arcos Dagoberto, Proyectos [online]. 2011, n.9, Disponible URL:http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-28132011000100001&script=sci_arttext ISSN 0718-2813
- Congreso AMICA. Hernández M. B.; Ávila P. P. y Suárez C. S. (2015). Metodología para el Diseño de Red de Monitoreo en Aire Ambiente de H₂S Proveniente de

Emisiones Industriales. Memorias del II Congreso AMICA 2015, 21-23 de Octubre, Pue., Puebla. 7 p.p.

Coupling of the Weather Research and Forecasting Model with AERMOD for pollutant dispersion modeling. A case study for PM10 dispersion over Pune, India. Atmospheric Environment, Vol. 41, March 2007, Pages 1976–1988, Disponible URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231006010570>, DOI: 10.1016/j.atmosenv.2006.10.042.

Air quality impact assessment of multiple open pit coal mines in northern Colombia. Journal of Environmental Management, Volume 93, January 2012.

Lakes Environmental Software Inc. (1996-2015). AERMOD View Interface for the U. S. EPA AERMOD Model. 102p.p.

AP42 Bagasse Combustion In Sugar Mills
<https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch01/final/c01s08.pdf>

AP 42 Fuel Oil Combustion <https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch01>

INEGI. (s.f.). INEGI. Obtenido de
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/iter/default.aspx?ev=5>.

Environmental Protection Agency, Code of Federal Regulations Title 40: Protection of Environment Part 58 Ambient Air Quality Surveillance, Appendix D Network Design.

Criteria for Ambient Air Quality Monitoring, <http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/> actualizada el 21 de septiembre de 2010.

ACGIH = American Conference of Governmental Industrial Hygienists,; TLV = threshold limit values; TWA = Time-Weighted Average; STEL = Short-Term Exposure Limit

SUSTENTABILIDAD DE LAS PLANTAS PURIFICADORAS DE AGUA PYMES EN LA CIUDAD DE DURANGO

HERMINIA REYES VILLA¹, GEMMA VANESSA CUEVAS FAUDO²

RESUMEN

En los últimos años el tema de sustentabilidad juega un papel muy importante en las empresas de México y el mundo. Durante mucho tiempo los empresarios la percibieron como un gasto, pero en la actualidad se considera como una oportunidad de reducir costos y ser empresas más competitivas. Desde esta perspectiva la sustentabilidad es de suma importancia en el éxito de los negocios. Si bien es cierto que las grandes compañías han sido las pioneras en introducir este concepto en la industria, no quiere decir que las pequeñas y medianas empresas no puedan incluir la sustentabilidad en su modelo de negocio.

El presente estudio pretende identificar las áreas de oportunidad de las plantas purificadoras de agua PyMES en la ciudad de Durango para desarrollar programas de sustentabilidad y su implementación.

Palabras clave: (Sustentabilidad, PyMES, modelo de negocio)

ABSTRACT

In recent years the issue of sustainability plays a very important role in companies in Mexico and the world. For a long time, businessmen perceived it as an expense, but nowadays it is considered as an opportunity to reduce costs and become more competitive companies. From this perspective, sustainability is of the utmost importance in the success of business. While it is true that large companies have been the pioneers in introducing this concept in the industry, it does not mean that small and medium-sized companies can not include sustainability in their business model.

The present study aims to identify the areas of opportunity of the PyMES water purification plants in Durango city to develop sustainability programs and their implementation.

¹ Universidad Tecnológica de Durango. Herminia.reyes@utd.edu.mx

² Universidad Tecnológica de Durango. Gemma.cuevas@utd.edu.mx

Keywords: (Sustainability, PyMES, business model).

INTRODUCCIÓN

La discusión de la sustentabilidad urbana en América Latina debe recuperar la capacidad del concepto para reorientar el crecimiento en términos sociales y económicos más equitativos y con un mayor equilibrio con el medio ambiente. (Enrique Leff 2002)

En los últimos años tanto a nivel mundial como en México, ha cambiado el desempeño de los negocios tanto en perspectivas de crecimiento económico como abordando temas ambientales y sociales derivadas del desarrollo sustentable o responsabilidad social empresarial que en la actualidad es un tema que tiene gran relevancia debido a los problemas de contaminación y escases de recursos que enfrentamos en el día a día.

Las entidades federativas juegan un papel importante dentro de los programas nacionales de sustentabilidad, ya que es a través de estas que se debe realizar la implementación de los mismos

ANTECEDENTES

El “desarrollo sustentable”, reconoce su origen la década de 1970, pero la utilización del término data recién de 1987. El concepto de sustentabilidad, con implicancias económicas, ecológicas, sociales y culturales, se erige como el orientador del desarrollo mercando los límites en el crecimiento económico en orden al mantenimiento del equilibrio de los subsistemas (Bustamante 2007).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos 10 años se ha visto un incremento en las actividades económicas de pequeñas empresas (PyMES) a nivel nacional, debido a este desarrollo, se han incrementado también las fuentes de contaminación y la desconfianza de las familias mexicanas en el consumo de agua potable, este fenómeno a provocado el incremento de las plantas purificadoras de agua las cuales como parte de su proceso productivo desechan al drenaje el 50 % del agua que consumen, de ahí la importancia del

presente estudio para identificar el número de PyMES de este giro en la ciudad de Durango, para desarrollar una propuesta de sustentabilidad que permita reutilizar el agua que se desecha del proceso productivo en actividades alternas y de este modo abatir el alto consumo de agua.

Una situación que se debe tomar en cuenta es que las plantas purificadoras de agua se han establecido en un periodo relativamente corto y los empresarios dueños o responsables de estas PYMES en gran parte han recibido apoyos del gobierno para emprender una nueva empresa pero no cuentan con los conocimientos técnicos para la operación de las mismas, lo que hace que no se tenga un dato exacto de las plantas que tienen dentro del proceso la osmosis inversa o solo tienen un sistema de filtración.

JUSTIFICACIÓN

La importancia de este estudio es conocer si las PyMES purificadoras de agua cuentan con un plan de sustentabilidad como parte del desarrollo de sus actividades productivas para disminuir el consumo de agua en el proceso de purificación haciendo frente al consumo de agua en temporada de estiaje, ya que es en este período cuando se presenta una alta concentración de sales provenientes de los estratos terrestres por donde pasa el agua subterránea y finalmente se ve reflejado en el aumento del consumo agua y por ende el incremento de agua de desecho en dicho proceso.

OBJETIVO GENERAL

Realizar una investigación acerca de las plantas purificadoras de agua establecidas en la ciudad de Durango, Dgo. que cuentan con un programa de desarrollo sustentable dentro de su proceso productivo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Análisis del padrón de plantas purificadoras de agua en la ciudad de Durango.
2. Identificar las plantas purificadoras con programas de sustentabilidad.

MARCO TEÓRICO

LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL

Entendida como una condición de coexistencia armónica de la sociedad y su ambiente, donde la población actual puede satisfacer sus necesidades y mejorar su bienestar usando los recursos naturales disponibles, pero sin comprometer la calidad de vida de las generaciones venideras ni de las especies que habitan el planeta, es uno de los tres ejes fundamentales del concepto de desarrollo sustentable, tal como se definió en el Informe Brundtland (1987) que fue elaborado para la ONU por la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo. (Salcido 2017)

DESARROLLO SUSTENTABLE

Significa satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras. En este sentido, el desarrollo sustentable no sólo contempla el progreso económico y material, sino que se plantea en armonía con el bienestar social y el aprovechamiento responsable de los recursos naturales. (Salcido 2017)

¿QUE SON LAS PYMES?

PYME es el acrónimo de Pequeña y Mediana Empresa. Pero la definición exacta de una microempresa depende de la legislación de cada país.

EL FONDO DE APOYO PARA LA MICRO, PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA (FONDO PYME)

Es un instrumento que busca apoyar a las empresas en particular a las de menor tamaño y a los emprendedores con el propósito de promover el desarrollo económico nacional, a través del otorgamiento de apoyos de carácter temporal a programas y proyectos que fomenten la creación, desarrollo, viabilidad, productividad, competitividad y sustentabilidad de las micro, pequeñas y medianas empresas. (Secretaría de Economía, 2018)

DISPONIBILIDAD DEL AGUA

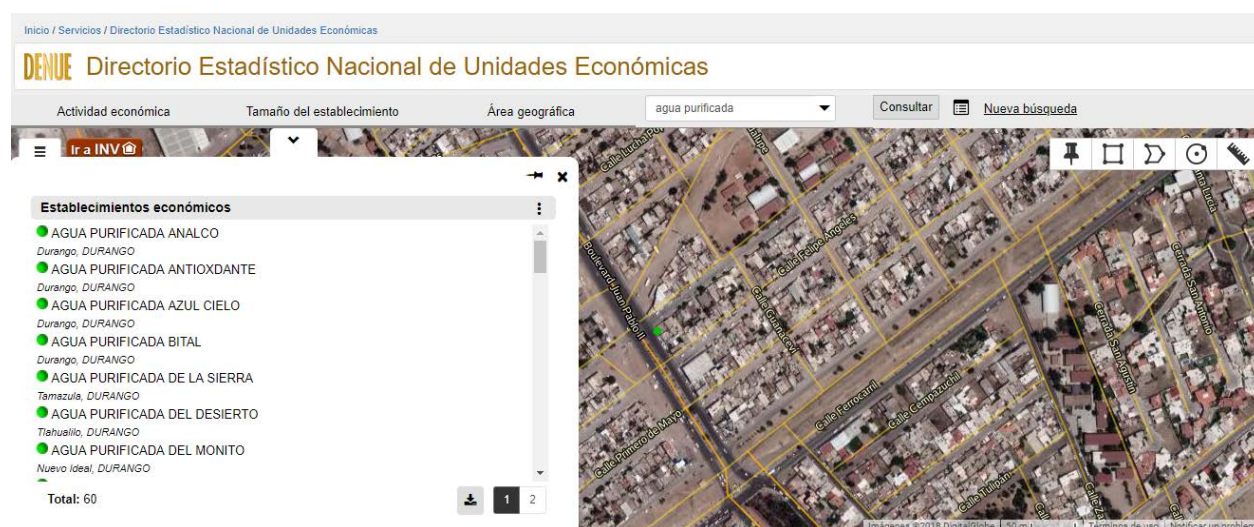
La disponibilidad natural del agua depende fundamentalmente del balance entre el agua que entra al sistema por medio de la precipitación y de lo que se pierde por la

evaporación en los cuerpos de agua y por la evapotranspiración vegetal. La diferencia entre lo que llueve y se evapora puede escurrir superficialmente (en arroyos y ríos), almacenarse en los cuerpos de agua superficiales, o bien, llegar al subsuelo y recargar los acuíferos. (Conagua 2013-2014)

DESARROLLO

Se realizó un análisis de los datos estadísticos del INEGI respecto a las unidades económicas en el estado de Durango, el cual arroja un total de 838 entre pequeñas y medianas empresas de las cuales 118 son purificadoras de agua este es un número considerable si además tomamos en cuenta que en el proceso de purificación de agua por cada litro que se produce se desecha otro litro en aquellas plantas que cuentan con osmosis inversa. Si estas plantas purificadoras no cuentan con un programa de sustentabilidad para el reúso de los desechos de agua se convierte en un problema grave de sustentabilidad.

Ilustración 1 mapa de la ciudad de Durango donde se aprecian algunas pymes



Fuente INEGI

Según la investigación realizada, el INEGI no cuenta con un padrón de las PyMES con programas de sustentabilidad. Para poder emitir un juicio acerca de los desperdicios de la disposición de agua de desecho al drenaje, de este tipo de procesos es necesario desarrollar una evaluación de todas las plantas purificadoras acerca del proceso que realizan.

La calidad del agua en la mayor parte de la ciudad de Durango es buena y esa es una ventaja ya que en estas condiciones se pueden estandarizar los procesos y disminuir los desechos de agua.

Otra cuestión importante es que debido a la buena calidad del agua los desechos del proceso productivo se puede reutilizar en otro proceso como puede ser irrigación de área verdes municipales o crear otras microempresas como lavadoras de autos o lavanderías.

RESULTADOS

De acuerdo a la investigación realizada no se cuenta con datos suficientes de las unidades económicas sobre la aplicación de programas de sustentabilidad, aunque el gobierno está haciendo un gran esfuerzo por aumentar las microempresas con apoyos federales, tanto para su creación como para el fortalecimiento también es cierto que aún no se tiene la cultura para la implementación de estos programas para lo cual se deben buscar mecanismos que favorezcan su implementación.

Esta investigación da pauta para la realización de una evaluación de las PYMES en el giro de purificación de agua para conocer de primera mano las condiciones en las que operan y de ese modo poder buscar estrategias de apoyo para los programas de sustentabilidad.

CONCLUSIONES

Como se mencionó anteriormente, los empresarios o dueños de plantas purificadoras de agua no tienen la capacitación suficiente para su operación, motivo por el cual desconocen los rubros en los cuales se puede trabajar la sustentabilidad de sus empresas y es en este ámbito donde las instancias de gobierno deben poner atención para apoyar a los empresarios en solicitar los apoyos gubernamentales en materia de sustentabilidad que finalmente se va a ver reflejada en una disminución en los costos de operación a largo plazo ya que su implementación significa un costo inicial relativamente alto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bustamante, L. P. (2007). *Los Derechos de la Sustentabilidad: Desarrollo Consumo y Ambiente*. Buenos Aires: Ediciones Colihue.
- Conagua, S. (2013-2014). *El Medio Ambiente en México*. Obtenido de http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_1_1.html
- Enrique Leff, E. E. (2002). *La Transición Hacia el Desarrollo Sustentable. Perspectivas de América Latina y el Caribe*. México: ISBN: 968-817-544-7.
- Salcido, A. (11 de enero de 2017). Sustentabilidad Ambiental. Cuernavaca , Morelos, México. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/312196158_Sustentabilidad_Ambiental

Innovación Tecnológica

Avances de Cuerpos Académicos en Casos y Aplicaciones

La innovación tecnológica es importante para el desarrollo de un país, los avances tecnológicos son cada vez más dinámicos generando que las organizaciones establezcan acciones que les permitan estar a la vanguardia tecnológica, en este sentido el quehacer educativo a nivel superior debe constituir estrategias que le permitan coadyuvar en el logro de los objetivos a través de la investigación aplicada. La innovación tecnológica se basa en los resultados de nuevos desarrollos tecnológicos, nuevas combinaciones de tecnologías existentes o en la utilización de otros conocimientos adquiridos; es decir, de generar nuevos productos, diseños, procesos, servicios, métodos u organizaciones o de incrementar valor a los existentes y con ello lograr ventajas competitivas. En este libro se presentan experiencias de investigación de cuerpos académicos participantes en la Red Iberoamericana de Academias de Investigación que a través del trabajo colaborativo de manera multidisciplinaria e interinstitucional difunde avances en el uso sistemático del conocimiento y la investigación dirigidos hacia la producción de materiales, dispositivos, sistemas o métodos incluyendo el diseño, desarrollo, mejora de prototipos, procesos, productos, servicios o modelos organizativos que estimulan la innovación tecnológica.



RED IBEROAMERICANA
DE ACADEMIAS DE
INVESTIGACIÓN

ISBN: 978-607-8617-13-5

