

Volumen 4, Número 15 – Julio – Diciembre – 2020

ISSN 2523-6784

Revista de Innovación Sistemática

ECORFAN®

ECORFAN-Taiwán

Editor en Jefe

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. MsC

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Revista de Innovación Sistemática,

Volumen 4, Número 15, Diciembre - 2020, es una revista semestral editada por ECORFAN-Taiwán. Taiwán, Taipei. YongHe, ZhongXin, calle 69. CP: 23445. WEB http://www.ecorfan.org/taiwan/rj_innovacion_sistemica.php, revista@ecorfan.org. Redactor Jefe: IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. MsC. ISSN 2523-6784. Responsable de la última actualización de este problema Unidad Informática ECORFAN. Escamilla Bouchán-Imelda, Luna Soto-Vladimir, actualizado al 31 de Diciembre, 2020.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y Protección de la Propiedad Intelectual.

Revista de Innovación Sistemática

Definición del Research Journal

Objetivos Científicos

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en el Área de Ingeniería y Tecnología, en las Subdisciplinas de electromagnetismo, fuentes de distribución eléctrica, innovación en la ingeniería eléctrica, amplificación de señales, diseño de motores eléctricos, ciencias materiales en las plantas eléctricas, gestión y distribución de energías eléctricas.

ECORFAN-México S.C es una Empresa Científica y Tecnológica en aporte a la formación del Recurso Humano enfocado a la continuidad en el análisis crítico de Investigación Internacional y está adscrita al RENIECYT de CONACYT con número 1702902, su compromiso es difundir las investigaciones y aportaciones de la Comunidad Científica Internacional, de instituciones académicas, organismos y entidades de los sectores público y privado y contribuir a la vinculación de los investigadores que realizan actividades científicas, desarrollos tecnológicos y de formación de recursos humanos especializados con los gobiernos, empresas y organizaciones sociales.

Alentar la interlocución de la Comunidad Científica Internacional con otros centros de estudio de México y del exterior y promover una amplia incorporación de académicos, especialistas e investigadores a la publicación Seriada en Nichos de Ciencia de Universidades Autónomas - Universidades Públicas Estatales - IES Federales - Universidades Politécnicas - Universidades Tecnológicas - Institutos Tecnológicos Federales - Escuelas Normales - Institutos Tecnológicos Descentralizados - Universidades Interculturales - Consejos de CyT - Centros de Investigación CONACYT.

Alcances, Cobertura y Audiencia

Revista de Innovación Sistemática es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Taiwan, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de electromagnetismo , fuentes de distribución eléctrica, innovación en la ingeniería eléctrica, amplificación de señales , diseño de motores eléctricos, ciencias materiales en las plantas eléctricas, gestión y distribución de energías eléctricas enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ciencias de Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-México® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

Consejo Editorial

DE LA ROSA - VARGAS, José Ismael. PhD
Universidad París XI

MEJÍA - FIGUEROA, Andrés. PhD
Universidad de Sevilla

LÓPEZ - HERNÁNDEZ, Juan Manuel. PhD
Institut National Polytechnique de Lorraine

DIAZ - RAMIREZ, Arnoldo. PhD
Universidad Politécnica de Valencia

LARA - ROSANO, Felipe. PhD
Universidad de Aachen

ROBLEDO - VEGA, Isidro. PhD
University of South Florida

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD
Universidad Gestalt

CENDEJAS - VALDEZ, José Luis. PhD
Universidad Politécnica de Madrid

LÓPEZ - LÓPEZ, Aurelio. PhD
Syracuse University

GUZMÁN - ARENAS, Adolfo. PhD
Institute of Technology

Comité Arbitral

PURATA - SIFUENTES, Omar Jair. PhD
Centro Nacional de Metrología

ALCALÁ - RODRÍGUEZ, Janeth Aurelia. PhD
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

GARCÍA - VALDEZ, José Mario. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

AGUILAR - NORIEGA, Leocundo. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

GONZÁLEZ - LÓPEZ, Juan Miguel. PhD
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

GONZALEZ - MARRON, David. PhD
Instituto Tecnológico de Pachuca

ZAVALA - DE PAZ, Jonny Paul. PhD
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada

URBINA - NAJERA, Argelia Berenice. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

ALONSO - CALPEÑO, Mariela J. PhD
Instituto Tecnológico Superior de Atlixco

FERREIRA - MEDINA, Heberto. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

ÁLVAREZ - GUZMÁN, Eduardo. PhD
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada

Cesión de Derechos

El envío de un Artículo a Revista de Innovación Sistemática emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Taiwan considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.

Declaración de Autoría

Indicar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en la participación del Artículo y señalar en extenso la Afiliación Institucional indicando la Dependencia.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo con el Número de CVU Becario-PNPC o SNI-CONACYT- Indicando el Nivel de Investigador y su Perfil de Google Scholar para verificar su nivel de Citación e índice H.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional ORC ID - Researcher ID Thomson - arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID respectivamente

Indicar el contacto para correspondencia al Autor (Correo y Teléfono) e indicar al Investigador que contribuye como primer Autor del Artículo.

Detección de Plagio

Todos los Artículos serán testeados por el software de plagio PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se mandará a arbitraje y se rescindirá de la recepción del Artículo notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

Proceso de Arbitraje

Todos los Artículos se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homólogo de CONACYT para los capítulos de América-Europa-Asia-África y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del Research Journal con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbitros Expertos-Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de Artículo Modificado para Edición-Publicación.

Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

Área del Conocimiento

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de Electromagnetismo, fuentes de distribución eléctrica, innovación en la ingeniería eléctrica, amplificación de señales, diseño de motores eléctricos, ciencias materiales en las plantas eléctricas, gestión y distribución de energías eléctricas y a otros temas vinculados a las Ciencias de Ingeniería y Tecnología.

Presentación del Contenido

Como primer artículo presentamos está *Análisis de las irreversibilidades en un proceso de paro y arranque en un sistema de refrigeración con R-134a*, por RANGEL-ROMERO, Carlos, ROJAS-GARNICA, Juan Carlos, FLORES-MARTÍNEZ, Guillermo y BARCELATA-PINZÓN, Antonio, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Puebla, como siguiente artículo está *Estrategias bioclimáticas para el diseño de edificios vinícolas*, por JIMÉNEZ-LÓPEZ, Verónica, LUNA-LEÓN, Anibal, BENNI, Stefano y BOJÓRQUEZ-MORALES, Gonzalo, con adscripción en la Universidad Xochicalco, como siguiente artículo está *Instrumentación electrónica de una estación meteorológica automática*, por ROMERO-RODRÍGUEZ, Gabriel, HUESCA-LAZCANO, Erick Eduardo, FLORES-RAMÍREZ, Óscar y MARTÍNEZ-ÁNGELES, Jorge Rafael, con adscripción en la Universidad Politécnica de Amozoc, como siguiente artículo está *Caracterización comparativa de biopolímeros de almidón extraídos de cereales mediante dos técnicas diferentes*, por RIVERA-ARREDONDO, Marisa, RODRÍGUEZ-ÁNGELES, Mario Alberto, MORALES-FÉLIX, Verónica de Jesús y GAYTÁN-RUELAS, Marina, con adscripción en la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato y Universidad Politécnica de Juventino Rosas, respectivamente.

Contenido

Artículo	Página
Análisis de las irreversibilidades en un proceso de paro y arranque en un sistema de refrigeración con R-134a RANGEL-ROMERO, Carlos, ROJAS-GARNICA, Juan Carlos, FLORES-MARTÍNEZ, Guillermo y BARCELATA-PINZÓN, Antonio <i>Universidad Tecnológica de Puebla</i>	1-6
Estrategias bioclimáticas para el diseño de edificios vinícolas JIMÉNEZ-LÓPEZ, Verónica, LUNA-LEÓN, Anibal, BENNI, Stefano y BOJÓRQUEZ-MORALES, Gonzalo <i>Universidad Xochicalco</i>	7-18
Instrumentación electrónica de una estación meteorológica automática ROMERO-RODRÍGUEZ, Gabriel, HUESCA-LAZCANO, Erick Eduardo, FLORES-RAMÍREZ, Óscar y MARTÍNEZ-ÁNGELES, Jorge Rafael <i>Universidad Politécnica de Amozoc</i>	19-30
Caracterización comparativa de biopolímeros de almidón extraídos de cereales mediante dos técnicas diferentes RIVERA-ARREDONDO, Marisa, RODRÍGUEZ-ÁNGELES, Mario Alberto, MORALES-FÉLIX, Verónica de Jesús y GAYTÁN-RUELAS, Marina <i>Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato</i> <i>Universidad Politécnica de Juventino Rosas</i>	31-36

Análisis de las irreversibilidades en un proceso de paro y arranque en un sistema de refrigeración con R-134a

Analysis of irreversibility's in a stop and start process in a refrigeration system with R-134a

RANGEL-ROMERO, Carlos†*, ROJAS-GARNICA, Juan Carlos, FLORES-MARTÍNEZ, Guillermo y BARCELATA-PINZÓN, Antonio

Universidad Tecnológica de Puebla, México.

ID 1^{er} Autor: *Carlos, Rangel-Romero* / ORC ID: 0000-0003-4879-4228, CVU CONACYT ID: 894477

ID 1^{er} Coautor: *Juan Carlos, Rojas-Garnica* / ORC ID: 0000-0002-2261-587X, CVU CONACYT ID: 66417

ID 2^{do} Coautor: *Guillermo, Flores-Martínez* / CVU CONACYT ID: 169853

ID 3^{er} Coautor: *Antonio, Barcelata-Pinzón* / CVU CONACYT ID: 160211

DOI: 10.35429/JSI.2020.15.4.1.6

Recibido Julio 05, 2020; Aceptado Diciembre 30, 2020

Resumen

En este trabajo se hace una evaluación de la energía en un proceso de arranque-paro mediante el análisis de las irreversibilidades generadas en un sistema de refrigeración por compresión mecánica de vapor con refrigerante R-134a a un flujo de 1.0 L/s. Este sistema se encuentra instalado en el LABINTHAP de la SEPI-ESIME-IPN. Para este análisis se cuenta con un software que captura los datos de las presiones y temperaturas del refrigerante a la entrada y salida del evaporador, compresor, condensador y válvula de expansión en intervalos de un minuto. Para el análisis de las irreversibilidades generadas, se emplearon las leyes primera y segunda de la termodinámica. Y, en el proceso de evaluación de paro y arranque, se demostró que el compresor marca una tendencia de un mayor consumo de energía por lo que se propone un proceso de regulación del sistema de refrigeración por compresión mecánica de vapor.

Abstract

In this work, an evaluation of the energy in a start-stop process is made by analyzing the generated irreversibilities in a refrigeration system by mechanical vapor compression with R-134a refrigerant at a flow of 1.0 L / s. This system is installed in the LABINTHAP of the SEPI-ESIME-IPN. For this analysis, there is software that captures data on the pressures and temperatures from the refrigerant at the inlet and outlet of the evaporator, compressor, condenser, and expansion valve at one-minute intervals. For the analysis of the generated irreversibilities, the first and second laws of thermodynamics were used. And, in the process evaluation of stopping and starting, it was shown that the compressor sets a trend of higher energy consumption, so a process of regulation of the refrigeration system by mechanical compression of steam is proposed.

COP, Ciclo real, Diagrama T-s, Entropía, Entalpía

COP, real Cycle, T-s Diagram, Entropy, Enthalpy

Citación: RANGEL-ROMERO, Carlos, ROJAS-GARNICA, Juan Carlos, FLORES-MARTÍNEZ, Guillermo y BARCELATA-PINZÓN, Antonio. Análisis de las irreversibilidades en un proceso de paro y arranque en un sistema de refrigeración con R-134a. Revista de Innovación Sistemática. 2020. 4-15:1-6.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: carlos.rangel@utpuebla.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Los sistemas de refrigeración por compresión mecánica de vapor son esenciales en la vida diaria del ser humano y tienen gran aplicación en los sectores industrial, comercial, doméstico y en el acondicionamiento del aire. Los equipos de refrigeración establecen un flujo de energía entre el medio que se quiere enfriar y el medio ambiente que actúa como sumidero térmico, esto se logra por medio del suministro de energía, que para este caso se hace en forma de trabajo mecánico. En particular, estos sistemas de refrigeración se deben mantener operando eficientemente para brindar las temperaturas requeridas del espacio a enfriar, pero, cuando existe algún problema en el compresor, repercute directamente en la temperatura del espacio a enfriar, por ser indispensable en el sistema, es por ello por lo que se deben mantener las características de funcionamiento apropiadas.

En el presente trabajo se describe el análisis del uso de la energía que se presenta en un paro y arranque en un sistema de refrigeración por compresión mecánica de vapor, con ello se pretende mejorar el desempeño del compresor y así tener un funcionamiento apropiado en el evaporador, condensador y válvula de expansión. También con el análisis de la energía en el proceso de paro y arranque de los sistemas de refrigeración se obtendrá una mayor vida útil y desempeño en el compresor a partir de una mejor estabilización de la energía y funcionamiento apropiado.

Este sistema de refrigeración ha sido estudiado exhaustivamente desde el punto de vista de conversión de la energía, a través de la primera ley de la termodinámica, además, se ha puesto atención al uso eficiente de la energía, debido a los problemas que se tienen con el suministro y el precio de esta. El buen o mal uso de la energía solo puede ser evaluado por la segunda ley de la termodinámica que permite calcular las pérdidas de energía que ocurren, como consecuencia de las irreversibilidades que se presentan en los sistemas de refrigeración.

Se presentan los resultados experimentales del uso de la energía en un proceso de paro y arranque en un sistema de refrigeración por compresión mecánica de vapor empleando como fluido de trabajo al R-134a; considerando que darlos a conocer pueda despertar el interés en la comunidad por este tema tan importante que es el uso eficiente de la energía.

Sistema de refrigeración experimental por compresión mecánica de vapor

El sistema de refrigeración que se usó para realizar este trabajo se muestra en forma esquemática en la figura 1.

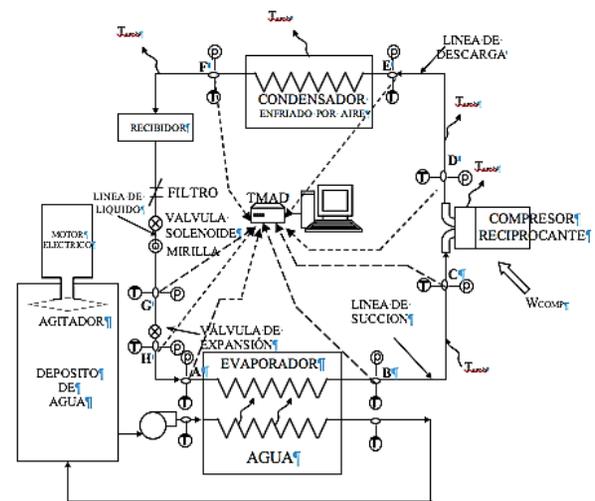


Figura 1 Componentes principales de un sistema de refrigeración por compresión mecánica de vapor
Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 1, el agua del depósito a enfriar, circula a través del evaporador, en donde el refrigerante absorbe el calor del agua, disminuyendo así la temperatura del agua, para este trabajo, con ambos refrigerantes, el flujo de masa de agua que se hace circular por el evaporador es de 1.0 L/s, posteriormente se toman lecturas de temperatura y presión del refrigerante mediante termopares y transductores de presión colocados en las entradas y salidas del evaporador, del compresor, y de la válvula de expansión. Cada prueba tiene una duración de 2 horas.

Por otro lado para realizar la mulación de paro y arranque, el equipo de refrigeración se realiza un paro cada 50 minutos y antes de realizar el arranque se le suministra al depósito de agua a enfriar un calentamiento mediante un serpentín con la finalidad de tener la misma condición que se tuvo al inicio de la experimentación que es de 20.5 C y así observar el comportamiento de la energía mediante un proceso de paro y arranque, este comportamiento se realiza mediante las irreversibilidades generadas en el evaporador, compresor, condensador y válvula de expansión.

Método de evaluación del proceso de paro y arranque mediante las irreversibilidades generadas en el sistema de refrigeración

El ciclo termodinámico de un sistema de refrigeración por compresión mecánica de vapor se muestra en la Fig. 2 y está compuesto de los siguientes procesos: I) evaporación (4-1): el refrigerante absorbe calor del espacio a enfriar; II) absorción de calor en la tubería de succión (1-1'); III) compresión (1'-2): se incrementa la temperatura y presión del refrigerante; IV) rechazo de calor en la tubería de descarga (2-2'); V) condensación (2'-3): el refrigerante rechaza calor al medio ambiente; VI) rechazo de calor en la tubería de líquido (3-3'); VII) expansión (3'-4): el refrigerante sufre una caída súbita de presión.

En la Figura 2 se muestra con el diagrama P-h la comparación entre el ciclo real e ideal de refrigeración por compresión mecánica de vapor. Se observa que la diferencia entre ambos ciclos se debe a las caídas de presión, sobrecalentamiento, subenfriamiento, transferencia de calor, lo que ocasiona que las irreversibilidades se generen en el sistema de refrigeración.

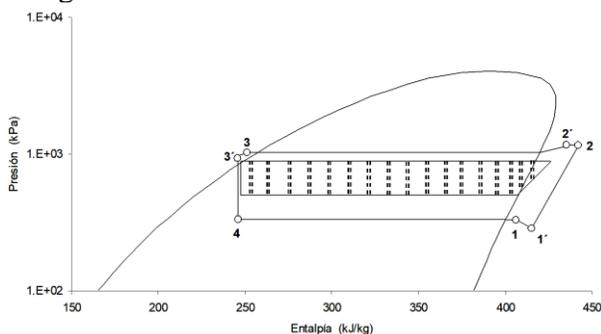


Figura 2 Comparación del ciclo de refrigeración real e ideal

Fuente: *Elaboración propia*

P r	1ª Ley	2ª Ley
I	$Q_{4-1} = m_r(h_1 - h_4)$	$I_{4-1} = \left[m_r(s_1 - s_4) - \frac{Q}{T_r} \right] T_{amb}$
II	$Q_{1-1'} = m_r(h_{1'} - h_1)$	$I_{1-1'} = \left[m_r(s_{1'} - s_1) - \frac{Q}{T_0} \right] T_{amb}$
III	$Q_{2-1'} = m_r(h_2 - h_{1'}) + W_{2-1'}$	$I_{2-1'} = \left[m_r(s_2 - s_{1'}) - \frac{Q}{T_0} \right] T_{amb}$
IV	$Q_{2-2'} = m_r(h_{2'} - h_2)$	$I_{2-2'} = \left[m_r(s_2 - s_{2'}) - \frac{Q}{T_0} \right] T_{amb}$
V	$Q_{3-2'} = m_r(h_3 - h_{2'})$	$I_{3-2'} = \left[m_r(s_3 - s_{2'}) - \frac{Q}{T_0} \right] T_{amb}$
VI	$Q_{3-3'} = m_r(h_{3'} - h_3)$	$I_{3-3'} = \left[m_r(s_3 - s_{3'}) - \frac{Q}{T_0} \right] T_{amb}$
VII	$h_{3'} = h_4$	$I_{4-3'} = [m_r(s_4 - s_{3'})] T_{amb}$

Tabla 1 Ecuaciones de la primera y segunda ley de la termodinámica

Las ecuaciones usadas para el cálculo de los procesos del ciclo de refrigeración son las relacionadas con las leyes primera y segunda de la termodinámica, que se muestran en la tabla 1. Con estas ecuaciones se hace el análisis energético y el análisis de las irreversibilidades generadas en el sistema.

Para ello, se toman los valores de las variables termodinámicas de la entalpía y entropía del refrigerante en el sistema experimental, esto se obtiene con base en las mediciones de las temperaturas y las presiones a la entrada y salida de cada componente.

Resultados experimentales

En la Figura 3 se muestra el proceso de paro y arranque que se hace cada 50 minutos, durante un periodo de proceso de experimentación de dos horas a un flujo de 1.0 L/s, como puede observarse cuando se arranca el sistema de refrigeración la irreversibilidad en el compresor aumenta y la irreversibilidad del condensador disminuye, este sucede a los 55 minutos y 105 minutos, esta tendencia muestra un aumento de energía cada vez que un sistema de refrigeración tiene un paro y arranque.

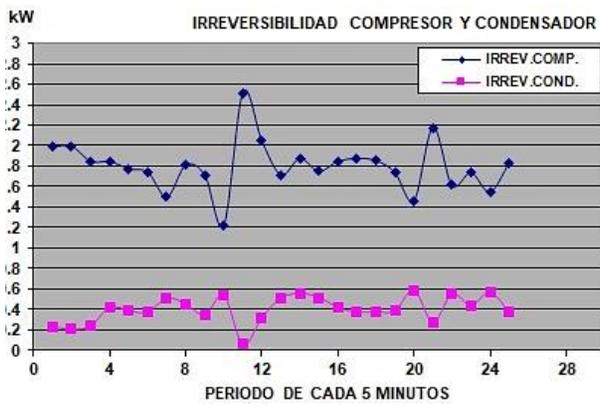


Figura 3 Comparación de irreversibilidad del compresor y condensador
Fuente: Elaboración propia

En la figura 4 se ilustra el comportamiento de las irreversibilidades generadas en el evaporador, la válvula de expansión, la tubería de succión, la tubería de descarga y la tubería de líquido, se muestra claramente cuando se realizan los procesos de paro y arranque, mostrando la misma tendencia que en el condensador, cuando el sistema de refrigeración arranca nuevamente la irreversibilidad en todos los componentes anteriormente mencionados disminuye.

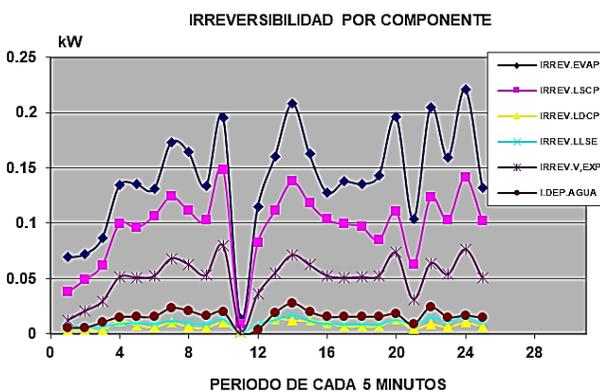


Figura 4 Comparación de la irreversibilidad por componente
Fuente: Elaboración propia

En la figura 5 se realiza la comparación entre la irreversibilidad total generada por todos los componentes, la potencia suministrada por el compresor, que presenta el mismo comportamiento que la irreversibilidad total, y la energía aprovechada.

Como se observa cuando se realiza el proceso de paro y arranque el aprovechamiento de energía tiende a disminuir, a consecuencia de que la irreversibilidad del compresor aumentó.

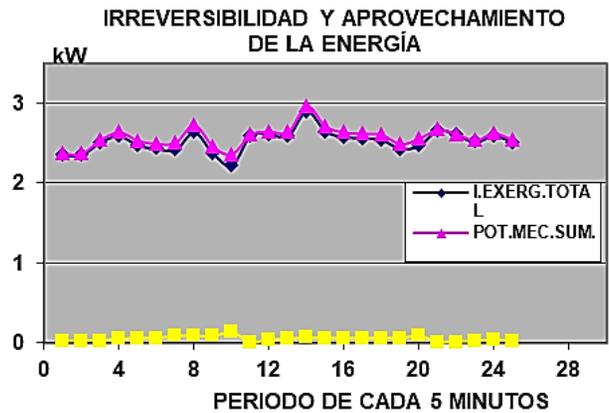


Figura 5 Comparación de irreversibilidad total contra aprovechamiento de la energía
Fuente: Elaboración propia

En la figura 6 se muestra la tendencia que tiene la temperatura del depósito de agua, que es la temperatura del espacio a enfriar con respecto a las temperaturas del refrigerante del evaporador tanto a la entrada como en la salida, y muestra una tendencia entre el evaporador y la temperatura del depósito de agua en el proceso de paro y arranque.

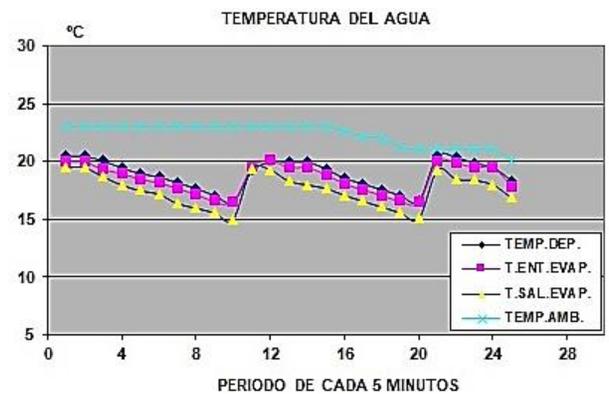


Figura 6 Comportamiento de las temperaturas
Fuente: Elaboración propia

En las figuras 7 y 8, la tendencia es la misma, nos muestran que cada vez que se arranca el sistema el flujo de refrigerante y la carga térmica van en aumento.



Figura 7 Comportamiento de la carga térmica
Fuente: Elaboración propia



Figura 8 Comportamiento del flujo de refrigerante

Fuente: Elaboración propia

Análisis de resultados experimentales

Con base a los datos experimentales se observa que los sistemas de refrigeración requieren niveles fijos de presión de descarga y presión de succión en el compresor, para no tener un mayor aumento en el consumo de energía, en contraste en el condensador está relacionada con las condiciones ambientales, esto se puede observar cuando la temperatura ambiente disminuye ya que también se reduce la presión del condensador, esto es, cuando la carga térmica es baja se requiere de una menor circulación de refrigerante. Es por ello que en un proceso de paro y arranque el compresor debe ser capaz de satisfacer los requerimientos de presión y flujo impuestos con la condición de no aumentar el consumo de energía. En un sistema de refrigeración los componentes están vinculados uno al otro, por lo que cuando un elemento modifica su régimen de funcionamiento a consecuencia de un proceso de paro y arranque, los otros componentes deben modificar el suyo instantáneamente, de tal manera que permita recuperar el equilibrio.

Conclusiones

Después de haber analizado el proceso de paro y arranque de un sistema de refrigeración, es importante regular el sistema ya que permitirá ubicar las vías de optimización de consumo de energía, como se observa en la figura 3, que muestra un aumento en la irreversibilidad del compresor una vez iniciada el arranque del sistema, en donde se tendría que proponer una forma para disminuirla, probablemente manteniendo al compresor activo aún sin carga térmica.

La regulación del compresor es fundamental ya que consume el 80% de la energía eléctrica del sistema de refrigeración y esta se basa sobre la presión de succión que corresponde al flujo de refrigerante que circula sobre el evaporador y va de acuerdo con las necesidades del espacio a enfriar. Esta regulación se logra a través de la medición de la presión y de la temperatura a la salida del evaporador con ello se puede regular el sobrecalentamiento logrando así disminuir el consumo de energía por parte del compresor todo ello en función de la carga térmica en el evaporador.

Referencias

- Ahmadi P., Dincer I., Rosen M. A. (2013). Thermodynamic modeling and multi-objective evolutionary-based optimization of a new multigeneration energy system. *Energy Conversion and Management*, Vol. 76. pp. 282–300.
- Ahmed B., Zubair S.M. (2011). Performance degradation of a vapour compression refrigeration system under fouled conditions. *International Journal of Refrigeration*. Vol. 34. pp. 1016-1027.
- Anand S., Tyagi S.K. (2012). Exergy analysis and experimental study of a vapor compression refrigeration cycle. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. Vol. 110. pp. 961–971.
- Ansari N., Yadav B., Kumar J. (2012). Theoretical exergy analysis of HFO-1234yf and HFO-1234ze as an alternative replacement of HFC-134a in simple vapour compression refrigeration system. *International Journal of Scientific Engineering Research*. Vol. 4 (8). pp. 137–144.
- Bahman A., Groll E. (2016). Second-law analysis to improve the energy efficiency of environmental control unit. 16th International refrigeration and Air Conditioning Conference at Purdue, July 11-14, 2016.
- Chandrasekharan M. (2014). Exergy analysis of vapor compression refrigeration system using R12 and R134a as refrigerants. *International Journal of Students' Research in Technology & Management*. Vol. 2 (04). pp. 134-139.

Fenga H., Chena L., Suna F., Wu. Ch. (2011). Heating load and COP optimisations for a universal steady flow endoreversible heat pump model. *International Journal of Ambient Energy* Vol. 32 (2). pp. 70–77.

Nawaz Md., MamoonMd., Ashar Md., Zafar A. (2015). Energy and exergy analysis of vapour compression refrigeration system with R12, R22, R134a. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering* Volume 5, Issue 3 March 2015. pp. 210-216.

Yadav P., Sharma A. (2015). Exergy analysis of R134a based vapour compression refrigeration tutor. *Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*. National Conference on Advances in Engineering, Technology & Management (AETM'15). pp. 73- 77.

Yataganbaba A., Kilicarslan A., KurtbasI. (2015). Exergy analysis of R1234yf and R1234ze as R134a replacements in a two evaporator vapour compression refrigeration system. *International Journal of Refrigeration*, 60:pp. 26-37.

Yataganbaba A., Kilicarslan A., Kurtbas I. (2015). Irreversibility analysis of a two-evaporator vapour compression refrigeration system. *International Journal of Exergy*. Vol. 18, No. 3. pp. 340-355.

Estrategias bioclimáticas para el diseño de edificios vinícolas

Bioclimatic strategies for wineries design

JIMÉNEZ-LÓPEZ, Verónica†*, LUNA-LEÓN, Anibal, BENNI, Stefano y BOJÓRQUEZ-MORALES, Gonzalo

Universidad Xochicalco, Facultad de Arquitectura, Campus Mexicali, Baja California, México.

ID 1^{er} Autor: *Verónica, Jiménez-López* / ORC ID: 0000-0003-1564-1479, CVU CONACYT ID: 399944.

ID 1^{er} Coautor: *Anibal, Luna-León* / ORC ID: 0000-0003-3480-0607, CVU CONACYT ID: 79641

ID 2^{do} Coautor: *Stefano, Benni* / ORC ID: 0000-0002-1425-172X

ID 3^{er} Coautor: *Gonzalo, Bojórquez-Morales* / ORC ID: 0000-0001-9303-9278, Researcher ID Thomson: C-8687-2018, CVU CONACYT ID: 79645, SNI CONACYT ID: 45005

DOI: 10.35429/JSI.2020.15.4.7.18

Recibido Julio 10, 2020; Aceptado Diciembre 30, 2020

Resumen

La mayor cantidad de energía consumida en edificios vinícolas es utilizada para la refrigeración y humidificación interior, por esta razón el diseño correcto para lograr la eficiencia energética se ha convertido en un tema actual y de suma importancia para países productores del vino. La premisa del diseño de edificios vinícolas que requieren menor cantidad o nula energía para lograr condiciones controladas del ambiente higrotérmico interior para producción y envejecimiento del vino, permitió formular el objetivo del presente trabajo, que fue evaluar seis modelos de edificios vinícolas con estrategias bioclimáticas ubicados en el Valle de Guadalupe, Baja California a partir de datos de desempeño térmico (temperatura ambiente y humedad relativa interior) y consumo de energía (kWh y grados-hora), obtenidos por medio de simulación térmica dinámica. Se realizó la caracterización de la zona de estudio y con base en la revisión de trabajos diversos se definieron rangos óptimos de temperatura para el envejecimiento y producción de vino. Se diseñó un modelo base de edificio vinícola al que se le aplicaron estrategias bioclimáticas. Los resultados obtenidos permitieron sugerir cuales son las mejores opciones de diseño bioclimático para este tipo de edificios.

Edificios vinícolas, Diseño bioclimático, Eficiencia energética

Abstract

Greater amount of energy consumed in wineries is used for cooling and humidifying of the interior, for this reason the correct design of energy efficient wineries has become an important issue for winemaking countries. The purpose of the design of buildings that require less or no energy to achieve controlled conditions of the indoor hygrothermal environment for production and aging of wine, allowed to formulate the objective of this work, which was to evaluate six models of wineries with bioclimatic design located in El Valle de Guadalupe, Baja California from data on thermal performance (indoor temperature and relative humidity) and energy consumption (kWh and degrees-hour), obtained by dynamic thermal simulation. The zone of the study was characterized, based on the review of previous studies optimum temperature ranges were defined for aging and wine production. A basic model of a wine-making building was designed to which bioclimatic strategies were applied. The results obtained allowed to suggest the best bioclimatic design options for this type of buildings.

Wine cellars, Bioclimatic design, Energy efficiency

Citación: JIMÉNEZ-LÓPEZ, Verónica, LUNA-LEÓN, Anibal, BENNI, Stefano y BOJÓRQUEZ-MORALES, Gonzalo. Estrategias bioclimáticas para el diseño de edificios vinícolas. Revista de Innovación Sistemática. 2020. 4-15:7-18.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: veronicalopez@mxl.xochicalco.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Los edificios vinícolas requieren de espacios para producción y envejecimiento del vino con control estricto de condiciones ambientales, esta premisa demanda edificios energéticamente eficientes y con un óptimo desempeño térmico. En el Valle de Guadalupe, en Baja California, el microclima de tipo mediterráneo es idóneo para el cultivo de variedades de vid, por lo cual, el 90% del vino mexicano se produce en esta región y es la zona enoturística de mayor afluencia económica en el país (Cavazos, 2012).

Sin embargo, la arquitectura y los materiales de construcción utilizados para los edificios vinícolas ubicados en la zona son diversos y la forma tiene mayor peso que la función, debido a las ventajas que representa un diseño atractivo para el turismo, con lo que se deja de lado o incluso se omiten las características constructivas necesarias para lograr un ambiente térmico interior adecuado para el vino.

Los pequeños productores de la región han implementado en sus edificios, algunos de manera empírica, estrategias pasivas de adecuación para disminuir costos por consumo de energía eléctrica para producción, envejecimiento y almacenamiento del vino, sin embargo, los requerimientos de temperatura ambiente y humedad relativa interior óptimos para producir vino, hacen necesario utilizar la mayor parte del día sistemas activos electromecánicos para el enfriamiento y la humidificación, lo que genera aumentos en el consumo energético.

El presente trabajo tiene como objetivo principal evaluar seis modelos con diseño bioclimático para edificios vinícolas a partir de la comparación de datos de desempeño térmico (temperatura ambiente y humedad relativa interior) y consumo de energía (kWh y grados-hora), obtenidos por medio de simulación térmica dinámica, con las condiciones climáticas del Valle de Guadalupe.

El método empleado consideró: 1)Caracterización de la zona y del caso de estudio, 2)Determinación teórica de rangos óptimos de ambiente térmico para el vino, 3)Diseño de un modelo base de cava para los requerimientos de uso y de ambiente térmico de producción, envejecimiento y degustación del vino, 4)Simulación en estado dinámico de seis modelos de edificios con estrategias de diseño bioclimático, 5)Simulación en estado dinámico del microclima de la zona de estudio validado con datos de monitoreo y 6)Análisis de los resultados obtenidos con comparaciones en diferencias de porcentajes.

Materiales y métodos

Zona y caso de estudio

El Valle de Guadalupe se ubica entre los paralelos 30° y 50° latitud norte, dentro de las denominadas franjas geográficas del vino, que se consideran regiones con climas aptos para el crecimiento de vid, lo que le permite competir a la zona de estudio con los grandes países productores de vino a nivel mundial como Italia, España y Francia (Figura 1). Se ubica a más de 2 mil kilómetros de distancia de la Ciudad de México y a 100 kilómetros aproximadamente de la frontera suroeste de Estados Unidos, lo que facilita la afluencia del turismo internacional.



Figura 1 Macro y micro localización del caso de estudio
Fuente: Elaboración propia

El Valle tiene una extensión territorial de 663.53 km², dividida en tres delegaciones rurales: Francisco Zarco, San Antonio de las Minas y El Porvenir (Figura 2). El 77% de los edificios vinícolas existentes en la zona de estudio pertenecen a pequeños productores quienes se caracterizan por utilizar procesos tradicionales de vinificación y tienen una producción menor a 900 hl (10 000 cajas) de vino al año.

El otro 23% está compuesto por productores medianos y de tipo industrial, estos últimos con maquinaria y tecnología que les permiten una producción anual mayor a 4500 hl. La investigación realizada se centra en los edificios vinícolas de tipo artesanal, es decir, en los pequeños productores.

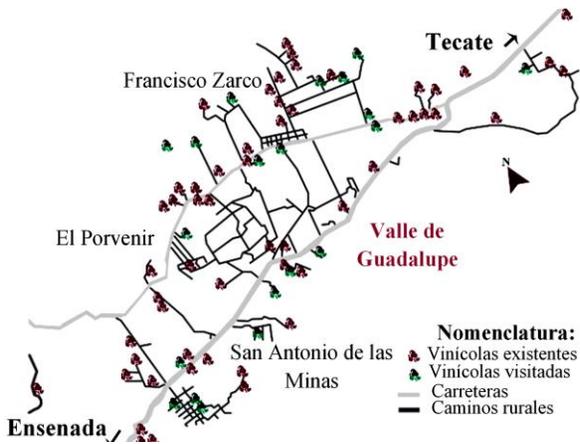


Figura 2 Ubicación de edificios vinícolas del Valle de Guadalupe hasta el año 2016
Fuente: Elaboración propia

A partir de recorridos en la zona de estudio, se caracterizó el 25% de las cavas existentes hasta el año 2016 (Figura 2), lo anterior, permitió definir que las áreas interiores con mayor requerimiento de control de temperatura ambiente y humedad relativa son la de producción y envejecimiento del vino, los sistemas constructivos más utilizados son el concreto armado y la estructura metálica, así como las tipologías constructivas de base y altura rectangular como las más repetidas en la zona.

Modelos de cava de vino

A partir de la revisión y análisis de los trabajos de Torreggiani, D., Benni, S., Corzani, V., Tassinari, P. y Galassi, S. (2011) y Tassinari, P., Torreggiani, D., Benni, S. y Corzani, V. (2012) se diseñó un modelo base de cava de vino. Para definir el diseño del modelo se analizó la relación de los factores siguientes: 1) Etapas de producción del vino, 2) Diseño del edificio, 3) Cantidad anual de vino producido y 4) Dimensiones (Altura, área y volumen).

Las dimensiones máximas obtenidas fueron altura de 4.50 m, área total de 1 472.65 m² y volumen de 6626.93 m³. Las unidades espaciales y su distribución se definieron a partir de una matriz de relaciones y la forma en planta fue isodiamétrica, es decir, longitud y anchura con dimensiones iguales (Figura 3).

Al modelo base obtenido se integraron estrategias de diseño bioclimático que dieron como resultado la simulación de 11 edificios, seis modelos de cava de vino para el área de envejecimiento (UEt3) y cinco para el área de producción (UEt2), las cuales se mencionan en los párrafos siguientes.

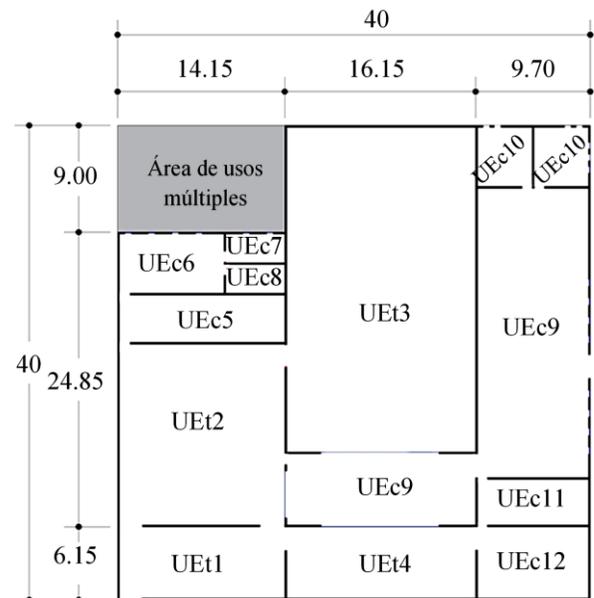


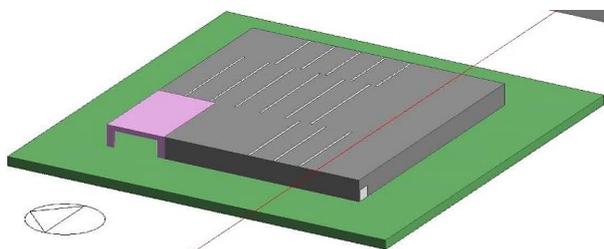
Figura 3 Solución de diseño para modelo de cava de vino artesanal. Planta de modelo base.

- Simbología:
- UEt1 – Área de recepción de uva: 84 m²
 - UEc5 – Área de guardado: 56 m²
 - UEc9 – Área de degustación: 96 m²
 - UEt2 – Área de producción (vinificación): 213.5 m²
 - UEc6 – Área de vestidor: 44.3 m²
 - UEc10 – Área de baño para visitantes: 23.1 m²
 - UEt3 – Área de envejecimiento y preservación de vino: 438.4 m²
 - UEc7 – Área de regaderas: 12.1 m²
 - UEc11 – Área de venta: 36.2 m²
 - UEt4 – Área de embotellado y empaçado: 96 m²
 - UEc8 – Área de baño para trabajadores: 12.1 m²
 - UEc12 – Área de almacenaje de producto terminado: 56.4 m²

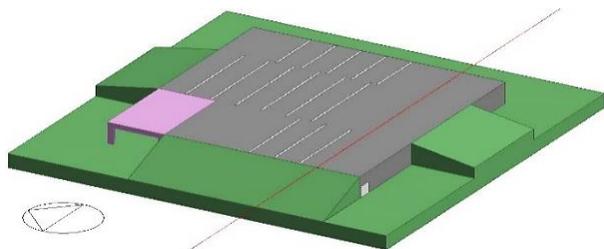
Fuente: Elaboración propia

Para definir por orden de prioridad cuál elemento de la envolvente era el que requería la aplicación de alguna estrategia bioclimática, se realizaron simulaciones de prueba en el programa DesignBuilder con el modelo base en tres configuraciones constructivas: 1) Nivel natural del terreno, 2) Subterráneo y 3) Semi-enterrado (Figura 4).

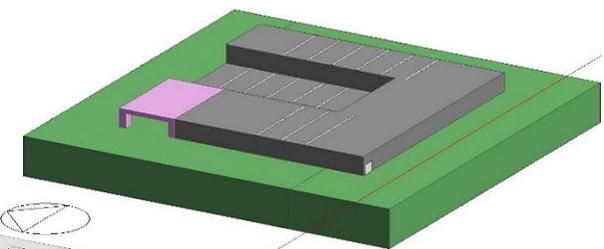
Los resultados obtenidos mostraron que los techos en las tres configuraciones aportaban mayor carga térmica al edificio, seguido de los muros. Por lo anterior, se decidió aplicar a cada modelo de diseño del edificio estrategias bioclimáticas de masa térmica (techo verde, taludes de tierra en muros y muros subterráneos), sombreado (doble cubierta y muro sombreado) y aislamiento térmico (se utilizó el poliuretano por ser el aislante térmico de mayor uso en la región) como material de comparación.



4a) Edificio base, al nivel natural del terreno



4b) Edificio semi-enterrado.



4c) Edificio subterráneo

Figura 4 Modelos de diseño para cava de vino. Isométricos en DesignBuilder
Fuente: *Elaboración propia.*

Las estrategias de diseño se aplicaron a los edificios propuestos según lo descrito en la Figura 5.

En el presente trabajo se muestran los resultados obtenidos para el área de envejecimiento, los resultados del área de producción se discutirán en artículos posteriores.

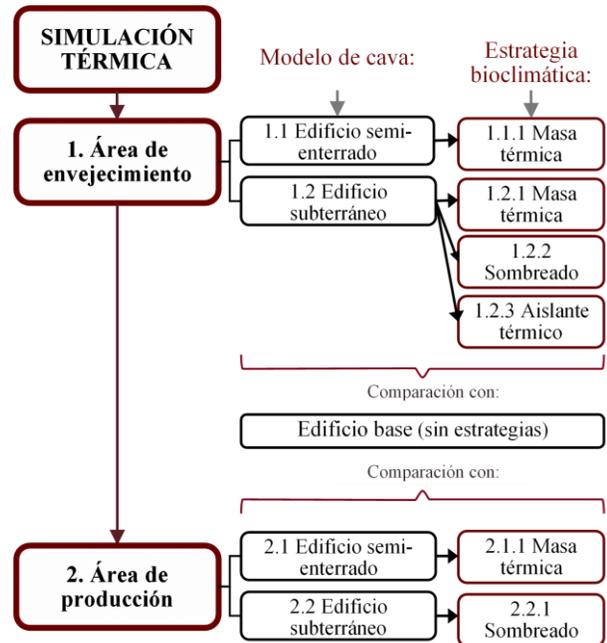


Figura 5 Variaciones de modelos de edificios vinícolas para simulación térmica
Fuente: *Elaboración propia*

Simulación térmica

La simulación térmica se realizó con el programa DesignBuilder® que utiliza la plataforma de EnergyPlus®. Debido a la detallada proporción de datos que solicita este programa de simulación, a continuación, se menciona una lista de las consideraciones realizadas:

- El edificio se dividió en 12 unidades espaciales según los requerimientos para transformación de la uva en vino (UEt) y su comercialización (UEc) ver Figura 2.
- Se determinaron la latitud y longitud del edificio, mediante un sistema de posición geográfica (GPS, Geographic Position System).
- Se consideró como archivo meteorológico (tipo epw, por sus siglas en inglés que significan enegy plus weather file) el del ejido El Porvenir en el Valle de Guadalupe, este microclima se monitoreó durante un año con una estación meteorológica, lo que permitió la comparación de datos simulados con datos de monitoreo para validar el entorno de la simulación.

- El aire acondicionado se consideró como desactivado (en simulaciones de prueba), para conocer el efecto de los materiales de la envolvente del edificio en la temperatura de bulbo seco y humedad relativa interior. Lo anterior, para definir que elemento de la envolvente en los modelos era el más débil al aportar mayor carga térmica.
 - Se realizaron programaciones de ocupación por usuarios, refrigeración, calefacción e iluminación para el análisis de cargas internas con base en observaciones de actividades de operación de las cavas de referencia.
 - Se tomaron en cuenta las sombras exteriores.
 - Se consideró la conductividad térmica del tipo de suelo para el Valle de Guadalupe como limo arcilloso.
 - Para el área de envejecimiento en el modelo subterráneo se consideró una profundidad de 4.5 m por debajo del nivel natural del terreno, que es igual a la altura de los muros restantes que no son subterráneos.
 - Se consideraron muros interiores, huecos de escaleras y la relación entre los espacios, así como la transferencia de energía entre ellos.
 - Se consideraron los coeficientes convectivos para muros, cubiertas y pisos.
 - En los modelos propuestos se tomó en cuenta el diseño estructural de losas y muros, así como su intercambio de energía con el ambiente interior.
- Los edificios simulados incluyeron en su estructura vigas de acero para claros de más de 10 m de distancia.
- Se tomaron en cuenta valores de aislamiento por ropa (clo), iluminación de los espacios (lux), requerimiento de aire fresco (l/s-person), de ventilación mecánica por área (l/s-m²) y la masa térmica interior del área de envejecimiento (cantidad de barricas por m²).
 - Se tomaron en cuenta valores de aislamiento por ropa (clo), iluminación de los espacios (lux), requerimiento de aire fresco (l/s-person), de ventilación mecánica por área (l/s-m²) y la masa térmica interior del área de envejecimiento (cantidad de barricas por m²).
 - Los parámetros para simulación del techo verde se definieron a partir de los trabajos de Ziogou, I., Apostolos, M., Vasiliki, V. y Theodoros, Z. (2017) y Sailor, D.J. (2008).
 - Se establecieron promedios de rangos teóricos, con base en autores varios, óptimos para el envejecimiento (10 °C a 15 °C) y la producción del vino (15 °C a 25 °C), ver Tabla 1.

Autor	Temperatura de bulbo seco (°C)
Troost (1953)	9 – 15 para vinos tintos
Boulton <i>et al.</i> (1995)	5 – 15
Hidalgo (2003)	9 – 12
Mazarrón y Cañas (2008)	≤ 18
Steiner (2010)	13 – 20
Mazarrón, Cid – Falceto y Cañas (2012)	8 – 15
Bondiac, citado en Barbaresi, <i>et al.</i> (2014)	10 – 12
Marescalchi, citado en Barbaresi, <i>et al.</i> (2014)	15 – 20
Vogt, citado en Barbaresi, <i>et al.</i> (2014)	8 – 12 para vinos blancos y 12 para vinos tintos.
Marrara <i>et al.</i> (2014)	12 – 16
Considine y Frankish (2014)	≤ 20 para vinos tintos y < 16 para vinos blancos.

Tabla 1 Temperatura ambiente interior óptima para el área de envejecimiento en una cava de vino

Fuente: *Elaboración propia*

La validación de la simulación térmica se realizó con un método empírico (San Isidro, 1998; Mateus, Pinto y Carrilho Da Graca, 2014), que consistió en un análisis estadístico comparativo de datos del entorno de simulación con datos obtenidos por monitoreo, se utilizó una cava de referencia, ubicada en el Ejido El Porvenir en el Valle de Guadalupe (Figura 6). Se comparó la temperatura de bulbo seco del periodo cálido, del mes de mayo al mes de septiembre y del periodo frío de diciembre a febrero, estos datos fueron los obtenidos con la simulación térmica en el programa DesignBuilder y con el monitoreo en sitio.



Figura 6 Izquierda: Cava de vino de referencia. Derecha: Cava de referencia en simulador
Fuente: Elaboración propia

En el periodo cálido se analizaron 3672 datos de temperatura de bulbo seco (mayo-septiembre). La comparación de los resultados de monitoreo con la simulación tuvo un error máximo positivo de +4.4 °C y un máximo negativo de -3.6 °C, una apertura gráfica del error de ± 4 °C (Figura 7). Es necesario especificar que cuando los datos de simulación fueron menores a los datos de monitoreo el error fue considerado como positivo y cuando la simulación presentó datos mayores a los del monitoreo el error se consideró negativo.

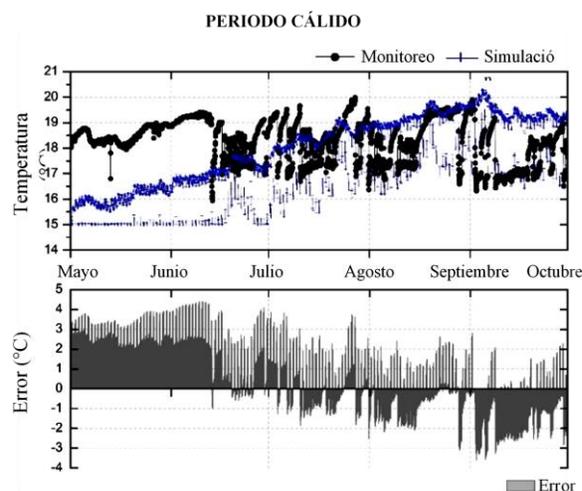


Figura 7 Validación de simulación térmica. Error entre datos de monitoreo y simulación en el periodo cálido
Fuente: Elaboración propia

En el periodo frío se analizaron 2157 datos, se obtuvo un error máximo positivo de +1.8 °C y un error máximo negativo de -1.7 °C, una apertura gráfica del error de ± 1.75 °C como se muestra en la Figura 8.

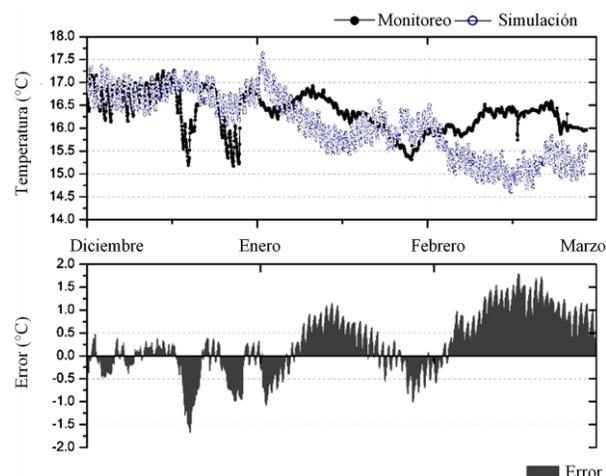


Figura 8 Validación de simulación térmica. Error entre datos de monitoreo y simulación en el periodo frío
Fuente: Elaboración propia

En los meses del periodo cálido la desviación absoluta media fue de 1.58 °C y el porcentaje de error absoluto medio fue de 8.7% entre la simulación y el monitoreo térmico, mientras que el coeficiente de determinación múltiple (R^2) fue de 0.04, lo que mostró una relación directa entre los dos grupos de datos comparados. En el periodo frío la desviación absoluta media fue de 0.56 °C y el porcentaje de error absoluto medio fue de 3.47%, la R^2 fue de 0.16 (Tabla 2).

Indicador de validación	Periodo cálido	Periodo frío
Error medio (°C)	0.54	0.26
Desviación absoluta media (°C)	1.58	0.56
Coeficiente de determinación múltiple (R^2)	0.04	0.16
Porcentaje de error absoluto medio (%)	8.67	3.47
Error medio en máximas diarias (°C)	0.50	0.10
Desviación absoluta media en máxima diaria (°C)	1.29	0.48
Coeficiente de determinación múltiple en máxima diaria (R^2)	0.002	0.27
Porcentaje de error absoluto medio en máxima diaria (%)	6.95	2.91

Tabla 2 Validación de resultados de simulación térmica
Fuente: Elaboración propia

El error medio (°C) obtenido, tanto para el periodo cálido como el periodo frío, se ubicó dentro de los rangos aceptables para validación empírica de simulaciones de edificios con EnergyPlus, de acuerdo con lo que mencionan Mateus, Pinto y Carrhilo Da Graca (2014), quienes mencionan errores de 4.3 °C a 7 °C. También se realizó una comparación con los valores obtenidos de porcentaje de error absoluto medio (%) y la simulación de los modelos propuestos entraron en la clasificación de excelente (3.47%) en el periodo frío y muy bueno en el periodo cálido (8.67%), según la clasificación de Ali y Abustan (2014).

Resultados

Periodo frío.

Este incluyó los meses de diciembre, enero y febrero y se analizaron: 1) Temperatura de bulbo seco interior (°C), 2) Grados por hora mensuales (°C) fuera y dentro del rango higrotérmico óptimo para el vino y 3) Enfriamiento o calentamiento sensible requerido (kWh).

1) Los datos obtenidos de temperatura de bulbo seco interior (TBS), mostraron que en promedio 61% de las horas la TBS se ubicó arriba del límite de 15 °C y 39% de las horas de este periodo se ubicaron dentro del rango óptimo establecido para envejecimiento del vino de 10 °C a 15 °C. Lo anterior permitió definir que, para esta área de la cava, durante el periodo frío, no es necesario el uso de calefacción, pero sí se requiere enfriamiento electromecánico en todos los edificios propuestos para alcanzar los valores de temperatura del rango óptimo definido.

En cuanto al análisis de la oscilación de la temperatura interior, en el modelo con doble techo la cubierta del área de envejecimiento estuvo sombreada, pero en contacto con el aire del exterior, esto se reflejó en una diferencia entre la TBS máxima y la TBS mínima registrada de 5.25 °C, en comparación con el edificio con techo verde con una oscilación de 3.61 °C. El edificio con techo verde presentó valores de temperatura interior por encima del rango óptimo, pero fue uno de los modelos más estables al tener menor diferencia entre la TBS mínima y TBS máxima horaria (Tabla 3).

Modelo de cava simulado	TBS interior máxima (°C)	TBS interior mínima (°C)	TBS interior promedio (°C)	Oscilación entre TBS máxima y mínima (°C)	Horas fuera del rango óptimo (%)
Edificio Base	19.31	13.24	15.62	6.07	62.77
Edificio semi-enterrado	19.12	13.42	15.70	5.70	69.09
Edificio subterráneo	18.46	13.35	15.44	5.11	53.16
Edificio subterráneo con techo verde	18.01	14.40	16.11	3.61	87.73
Edificio subterráneo con doble techo	18.23	12.98	15.13	5.25	21.64
Edificio subterráneo con poliuretano 0.10 m.	18.21	14.05	15.82	2.39	69.72

Tabla 3 Resultados de temperatura interior en modelos de cava de vino. Periodo frío área de envejecimiento
Fuente: *Elaboración propia*

2) Los datos horarios obtenidos de temperatura de bulbo seco interior permitieron realizar un análisis mensual de los grados-hora del área de envejecimiento. En el cálculo se consideró el rango de temperatura establecido para dicha área de 10 °C a 15 °C. La fórmula condicional utilizada fue la siguiente:

$$\text{Si } X > 15 \text{ entonces } Gh = X - 15 \quad (1)$$

$$\text{Si } X < 15 \leq 10 \text{ entonces } Gh = 0 \quad (2)$$

Donde Gh son los grados-hora y X es la temperatura de bulbo seco horario interior obtenida con la simulación térmica.

La cantidad mínima de grados-hora requeridos se presentó en el edificio con la estrategia del techo doble seguido del modelo con poliuretano, el edificio con muros subterráneos resultó ser la mejor configuración seguido del modelo con muros semi-enterrados (Figura 9).

El mes con mayor cantidad de grados-hora por encima del rango fue diciembre y el mes con menor cantidad de grados-hora fue febrero. Lo anterior mostró que en este periodo los edificios tienden a almacenar calor, aunado a la carga térmica aportada por los procesos del vino dentro de las barricas y actividades operativas del área.

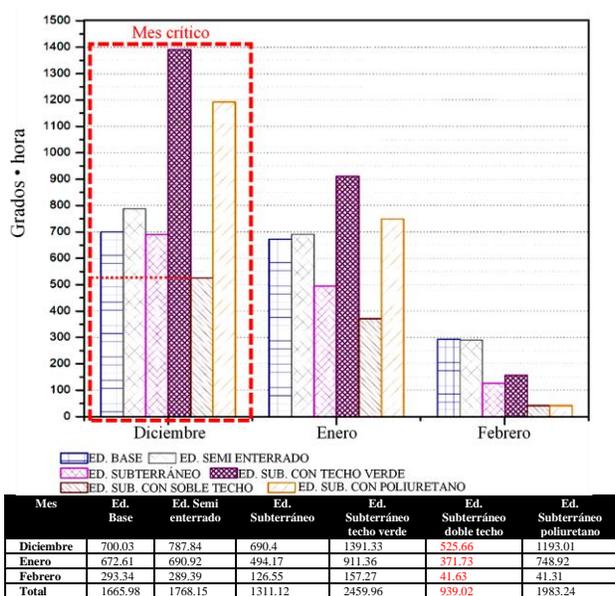


Figura 9 Grados-hora mensuales del área de envejecimiento, periodo frío
Fuente: Elaboración propia

3) El análisis de requerimiento de enfriamiento sensible por zona (kWh) mostró que los modelos con menor requerimiento de enfriamiento fueron el edificio con techo doble, el edificio con muros subterráneos y el edificio con aislamiento térmico con poliuretano (Figura 10). Es importante mencionar que en estos gráficos los valores de kWh se muestran en negativo debido a que es la cantidad de energía que se requiere retirar del edificio.

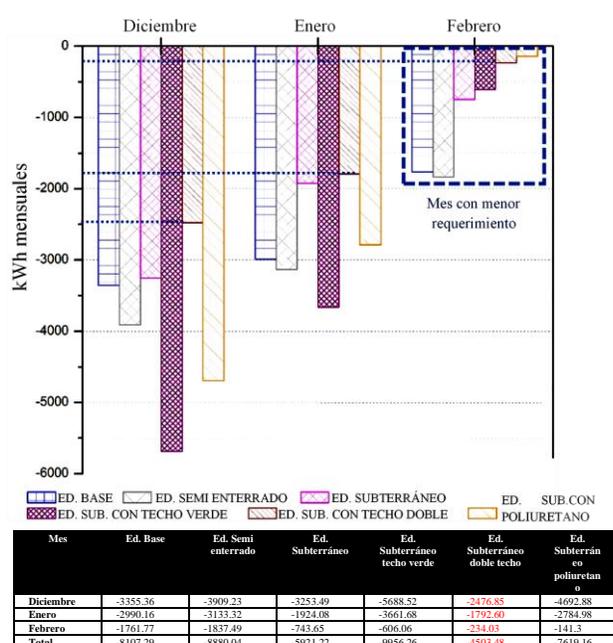


Figura 10 Enfriamiento sensible. Área de envejecimiento periodo frío
Fuente: Elaboración propia

Aunque la estrategia del techo doble presentó menor cantidad de kWh mensuales en comparación con el techo verde, este último tuvo menor oscilación en la temperatura interior, lo que significó mayor estabilidad de las condiciones ambientales para el vino. En febrero, el mes con menor requerimiento de enfriamiento sensible, el edificio con techo con poliuretano requirió menor cantidad de kWh para mantener el área de envejecimiento dentro del rango recomendado de temperatura interior, en comparación con los demás edificios.

Al comparar los totales del periodo, por edificio simulado, se obtuvo que el mayor requerimiento de enfriamiento fue el del edificio subterráneo con techo verde con 9,956 kWh, lo cual indicó que la masa térmica en contacto con la cubierta permite almacenar el calor y retrasa las pérdidas de energía de la edificación, mientras que la menor cantidad de enfriamiento sensible requerido se logró en el edificio subterráneo con cubierta doble con 4,503 kWh, esto debido a que la segunda cubierta proporcionó sombreado al edificio en horas de mayor radiación solar y permitió el contacto con el aire del exterior, esta estrategia disminuyó la ganancia de energía por techo 45% menos en comparación con el edificio base, que se consideró como el caso crítico sin estrategias aplicadas (Figura 9).

Periodo cálido

Incluyó los meses de mayo a septiembre, se analizaron: 1) Temperatura de bulbo seco interior (°C), 2) Grados-hora mensuales (°C) 3) Enfriamiento o calentamiento sensible (kWh). El 99% de las horas del periodo cálido la TBS se ubicó fuera del rango óptimo establecido de 10 °C a 15 °C, el resto de las horas se ubicaron dentro del rango. Lo anterior permitió definir que para esta área es necesario el uso de sistemas electromecánicos de refrigeración la mayor parte de las horas del periodo.

1) Los resultados obtenidos de temperatura de bulbo seco (TBS) interior, mostraron que en el edificio base la TBS máxima interior fue de 24.87 °C, en el edificio semi-enterrado de 24.57 °C, en el edificio subterráneo 23.23 °C, en el edificio subterráneo con techo verde 21.23 °C, en el modelo con doble techo 21.43 °C y en el edificio con poliuretano en la cubierta 20.59 °C.

El mejor desempeño en cuanto a TBS interior se obtuvo con el modelo con aislante térmico de poliuretano, una diferencia de 17% menos en comparación con el edificio base considerado como caso crítico, y 3% menor en comparación con el modelo con techo verde (Tabla 4).

Modelo de cava simulado	TBS interior máxima (°C)	TBS interior mínima (°C)	TBS interior promedio (°C)	Oscilación entre TBS máxima y mínima (°C)	Horas fuera del rango óptimo (%)
Edificio Base	24.87	15.10	20.83	9.77	100.00
Edificio semi-enterrado	24.57	15.14	20.69	9.43	100.00
Edificio subterráneo	23.23	14.83	19.86	8.40	99.75
Edificio subterráneo con techo verde	21.23	15.08	18.82	6.15	100.00
Edificio subterráneo con doble techo	21.43	14.00	18.48	7.43	99.42
Edificio subterráneo con poliuretano 0.10 m	20.59	14.59	18.23	5.99	99.75

Tabla 4 Resultados de temperatura interior en modelos de cava de vino. Periodo cálido área de envejecimiento
Fuente: Elaboración propia

2) En el análisis de grados-hora para el área de envejecimiento se obtuvo que los meses críticos del periodo cálido fueron julio, agosto y septiembre. Los modelos con menor cantidad de grados hora mensuales fueron el edificio con poliuretano, el edificio con doble techo y el edificio con techo verde (Figura 11).

En el mes de agosto (cuando se registraron los valores máximos) el edificio base tuvo 5,443 grados-hora por encima de los 15 °C, que fue el límite máximo del rango óptimo, mientras que en el edificio con poliuretano se estimaron 3,333 grados-hora, 38% menos y en el edificio con techo verde durante el mismo mes se observaron 3,823 grados-hora, una diferencia en comparación con el edificio base de 30% y del 13% en comparación con el edificio con poliuretano (Figura 11).

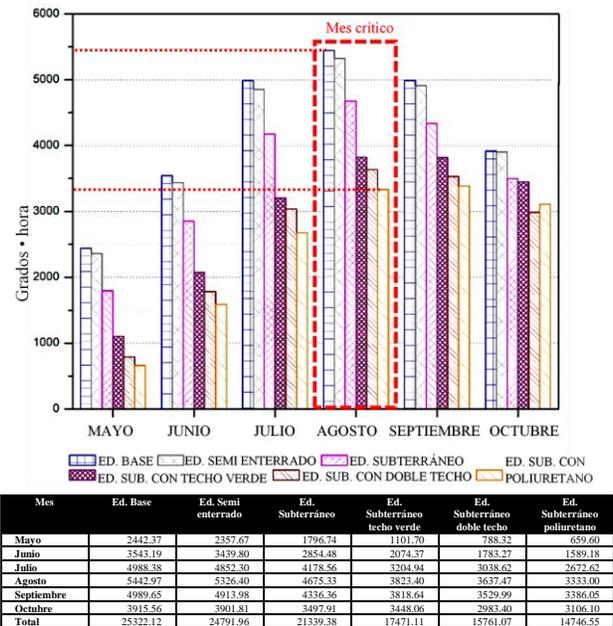


Figura 11 Grados-hora mensuales del área de envejecimiento, periodo cálido
Fuente: Elaboración propia

3) El enfriamiento sensible se analizó a partir de kWh, igual que en el análisis de grados-hora agosto fue el mes crítico del periodo, el que requirió mayor cantidad de energía para enfriamiento del área de envejecimiento (Figura 12).

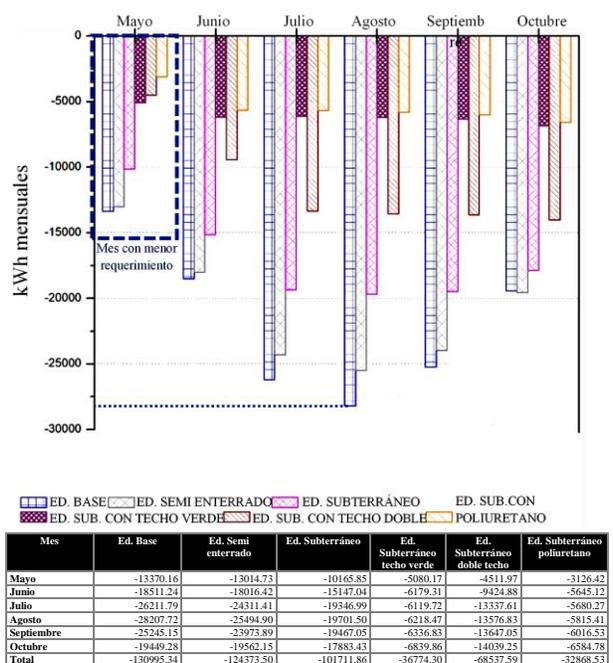


Figura 12 Enfriamiento sensible (kWh). Área de envejecimiento periodo cálido
Fuente: Elaboración propia

El requerimiento de enfriamiento mensual en agosto fue de más de 28,207 kWh para el edificio base, mientras que para el edificio con poliuretano el enfriamiento total para el mismo mes fue de 5,815 kWh, una diferencia de 80%. El modelo que presentó un buen desempeño fue el edificio con techo verde con una diferencia de 78% menos kWh en comparación con el edificio base y de 6.5% en comparación con el modelo con aislamiento térmico de poliuretano. Estos resultados indican que los techos verdes son una estrategia bioclimática adecuada para cumplir con los requerimientos de temperatura y humedad interior del área de envejecimiento en edificios vinícolas.

Es importante mencionar que todos los meses del año se requirió de enfriamiento, principalmente en los meses de junio a octubre, incluso en los meses del periodo frío, esto puede deberse al rango de temperatura utilizado para las simulaciones del área de envejecimiento, que fue de 10 °C a 15 °C (Tabla 1).

Conclusiones

Las estrategias bioclimáticas de masa térmica, sombreado y enfriamiento electromecánico aplicadas en el diseño de edificios vinícolas artesanal del Valle de Guadalupe, optimizan el desempeño higrotérmico del edificio al generar un ambiente interior dentro de los rangos de temperatura de bulbo seco y humedad relativa adecuados para el envejecimiento del vino. Un correcto diseño bioclimático de este tipo de edificios que requieren un control estricto de temperatura y humedad interior puede ser una alternativa sustentable para minimizar el consumo energético por climatización, tanto de construcciones nuevas, así como de recuperaciones o remodelaciones.

La ubicación constructiva del área de envejecimiento del vino resultó ser determinante en la oscilación de la temperatura ambiente interior, este efecto térmico coincide con lo que sucede en las cavas subterráneas tradicionales españolas que aún se utilizan. El modelo subterráneo combinado con un techo verde permitió disminuir la temperatura interior en los meses del periodo cálido, su desempeño fue parecido al obtenido con 0.10 m de aislamiento con poliuretano, considerado como el sistema más utilizado en la región y que tiene menos ventajas ambientales que un techo verde.

En el periodo frío, el modelo con mejor desempeño térmico fue el del techo verde, debido al efecto de almacenamiento de calor por la masa térmica en contacto directo con la cubierta, se obtuvieron valores por encima del rango óptimo definido, sin embargo, su diferencial de temperatura entre máxima y mínima fue de 3.61 °C, la menor en comparación con los otros modelos. En el periodo cálido también tuvo el menor diferencial de TBS, con 6.15 °C. En los dos casos se tuvieron valores muy cercanos a los obtenidos con el modelo con poliuretano, con menos del 35% de diferencia.

La estrategia bioclimática que se recomienda para asegurar un óptimo desempeño higrotérmico en el envejecimiento del vino fue el techo verde, además de que se recupera el suelo utilizado al restituir con áreas verde el suelo ocupado por el edificio, puede ser atractivo para el turismo y servir como huerto urbano o si su diseño lo permite puede incluir la plantación de variaciones de vid.

El edificio con doble cubierta también resultó ser una estrategia bioclimática que redujo la temperatura de bulbo seco interior, su costo por construcción puede ser menor en comparación con un techo verde e igual de atractivo cuando se considera su diseño, además de que puede ser un elemento de adecuación para edificios ya existentes.

Puede concluirse que el ambiente térmico interior de un edificio ubicado en el Valle de Guadalupe sin ninguna estrategia aplicada ya sea pasivo o activa, se encontrará arriba del rango óptimo para envejecimiento del vino (10 °C a 15 °C) el 100% de las horas del periodo cálido y más del 60% del periodo frío, lo que requerirá el uso obligado de sistemas electromecánicos de enfriamiento para asegurar la calidad del producto y evitar pérdidas de vino por evaporación. No considerar el diseño bioclimático de los edificios vinícolas puede ser una amenaza a futuro para la calidad del vino producido en la zona, debido a la poca preparación de los edificios para contrarrestar los incrementos de temperatura por cambio climático.

Agradecimientos

Agradezco la cooperación e interés del Dr. Víctor Torres y el Ing. Aime Desponds para la realización de este trabajo, propietarios de vinícolas de la zona de estudio. Al Dr. Adolfo Gómez Amador, por su contribución académica en la revisión del trabajo de investigación. A Luca Bojórquez y Zuly Bojórquez. A la Facultad de Arquitectura y Diseño y al Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para realizar estudios de doctorado.

Referencias

- Ali, M. H. y Abustan, I. (2014). A new novel index for evaluating model performance. *Journal of natural resources and development*, 04: 1-9. DOI: 10.5027/jnrd.v4i0.01.
- Barbaresi, A., Torregiani, D., Benni, S. y Tassinari, P. (2014). Underground cellar thermal simulation: Definition of a method for modelling performance assessment based on experimental calibration. *Energy and Buildings*, 76: 363-372.
- Boulton, R. B., Singleton, V. L., Bisson, L. F. y Kunkee, R. E. (1995). *Teoría y práctica de la elaboración del vino*. Editorial: Acribia S. A. Zaragoza, España. Págs. 636.
- Cavazos, M.T. (2012). *Situación actual y bajo escenarios de cambio climático de la industria vitivinícola de Baja California*, México. Departamento de Oceanografía Física, CICESE. Baja California. Págs. 76.
- Considine, J. A. y Frankish, E. (2014). *A complete guide to quality in small-scale wine making*. Págs. 224. ISBN: 9780124080812.
- Hidalgo, J. (2003). *Tratado de Enología (Treatise of Enology)*, Ediciones Mundi - Prensa, Madrid, España.
- Marrara, V., Barreca, F. y Di Fazio, S. (2014). Green roofs in the sustainable design of agri-food build-ings: a case-study in Calabria (Italy). *Proceedings International Conference of Agricultural Engineering*, Zurich. Págs. 8.
- Mateus, N., Pinto, A. y Carrilho da Graca, G. (2014). Validation of EnergyPlus thermal simulation of a double skin naturally and mechanically ventilated test cell. *Energy and Buildings*, 75: 511 - 522.
- Mazarrón, F. y Cañas, I. (2008). Exponential sinusoidal model for predicting temperature inside underground wine cellars from a Spanish region. *Energy and Buildings*, 40: 1931 - 1940.
- Mazarrón, F., Cid - Falceto, J. y Cañas, I. (2012). An assessment of using ground thermal inertia as passive thermal technique in the wine industry around the world. *Applied Thermal Engineering*, 33-34: 54-61.
- Sailor, D. J. (2008). A green roof model for building energy simulation programs. *Energy and Buildings*, 40: 1466-1478.
- San Isidro, J. (1998). Proceso de validación de modelos de simulación. *Informes técnicos del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)*. ISSN: 1135-9420.
- SEPSA. (1952). *Guía práctica de vinificación moderna*. 4th ed. Barcelona, España: Ediciones Sociedad Enológica del Penedés.
- Steiner, T. E. (2010). What is the best sterilization option for the bottling line? Winemaking problems solved. Woodhead Publishing Series. *Food Science, Technology and Nutrition*, 193. Págs. 150 – 153.
- Tassinari, P., Torregiani, D., Benni, S. y Corzani, V. (2012). Research of dimensioning criteria for farm winery design: análisis of spatial layouts in a study area. Structures and Environmental Technologies. *International Conference of Agricultural Engineering - CIGR-AgEng 2012: agriculture and engineering for a healthier life*, Valencia, España.
- Torregiani, D., Benni, S., Corzani, V., Tassinari, P. y Galassi, S. (2011). A meta-design approach to agroindustrial buildings: A case study for typical italian wine productions. *Land Use Policy*, 28: 11-18.
- Troost G. (1953). *Die Technologie des Weines*. Stuttgart: Eugen Ulmer.

Ziogou, I., Apostolos, M., Vasiliki, V. y Theodoros, Z. (2017). Energy, environmental and economic assessment of electricity savings from the operation of green roofs in urban office buildings of a warm Mediterranean region. *Journal of Cleaner Production*, 168: 346-356.

Instrumentación electrónica de una estación meteorológica automática

Electronic instrumentation of an automatic weather station

ROMERO-RODRÍGUEZ, Gabriel†*, HUESCA-LAZCANO, Erick Eduardo, FLORES-RAMÍREZ, Óscar y MARTÍNEZ-ÁNGELES, Jorge Rafael

Universidad Politécnica de Amozoc, Ingeniería Automotriz

ID 1^{er} Autor: *Gabriel, Romero-Rodríguez* / ORC ID: 0000-0002-5124-3016, Researcher ID Thomson: Y-2756-2018, CVU CONACYT ID: 299737

ID 1^{er} Coautor: *Erick Eduardo, Huesca-Lazcano* / ORC ID: 0000-0002-0505-8442, Researcher ID Thomson: F-1162-2018, CVU CONACYT ID: 223342

ID 2^{do} Coautor: *Óscar, Flores-Ramírez* / ORC ID: 0000-0001-9884-9499, Researcher ID Thomson: E-8242-2018, CVU CONACYT ID: 92914

ID 3^{er} Coautor: *Jorge Rafael, Martínez-Ángeles* / ORC ID: 0000-0003-1473-397X, Researcher ID Thomson: AAP-3008-2020

DOI: 10.35429/JSI.2020.15.4.19.30

Recibido Julio 15, 2020; Aceptado Diciembre 30, 2020

Resumen

Los estudios climatológicos presentan una restricción común en la toma de decisiones basadas en datos meteorológicos, ya que los modelos climáticos frecuentemente carecen de valores precisos de sus parámetros en función del punto geográfico donde se adquiere la información, por lo que la adquisición climática en posiciones geográficas específicas resulta una posibilidad interesante. El objetivo del presente estudio fue desarrollar la instrumentación electrónica de una estación meteorológica automática (EMA) empleando un medio controlador con sensores que miden la temperatura del aire y del suelo (°C), la humedad relativa del aire (%), la radiación solar global (Wm²) y la velocidad del viento (m/s). Los datos adquiridos fueron comparados con estaciones comerciales Vantage Pro (VP) y GroWeather (GW) de la familia Davis Instruments donde se obtuvo un R² de 0.93 en Temperatura y Humedad Relativa del aire y un R² de 0.94 para la radiación solar. Así la EMA desarrollada presenta bondades en la calidad de los datos adquiridos que pueden ser usados para estudios de modelación matemática y generación de toma de decisiones.

Estación meteorológica automática (EMA), Monitoreo climático, Instrumentación electrónica

Abstract

Climatological studies present a common restriction in decision-making based on meteorological data, since climate models often lack precise values of their parameters depending on the geographical point where the information is acquired, therefore, climate acquisition in specific geographical positions is an interesting possibility. The objective of the present study was to develop the electronic instrumentation of an automatic weather station (AWS) using a controlling medium with sensors that measure air and soil temperature (°C), relative humidity (%), solar radiation (Wm²) and wind speed (m/s). The acquired data were compared with commercial stations Vantage Pro (VP) and GroWeather (GW) of the Davis Instruments family where an R² of 0.93 was obtained in Temperature and Relative Humidity of the air and an R² of 0.94 for solar radiation. Thus, the developed AWS presents benefits in the quality of the acquired data that can be used for studies of mathematical modeling and generation of decision-making.

Automatic weather station (AWS), Climate monitoring, Electronic instrumentation

Citación: ROMERO-RODRÍGUEZ, Gabriel, HUESCA-LAZCANO, Erick Eduardo, FLORES-RAMÍREZ, Óscar y MARTÍNEZ-ÁNGELES, Jorge Rafael. Instrumentación electrónica de una estación meteorológica automática. Revista de Innovación Sistemática. 2020. 4-15:19-30.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: gabriel.romero@upamozoc.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Una Estación Meteorológica Automática (EMA) es un equipo que integra diversos dispositivos con la capacidad de medir y almacenar variables climáticas relevantes a una necesidad determinada. El almacenamiento de la información se realiza a intervalos regulares, más tarde se procesa la información en gráficos y modelos que permiten realizar toma de decisiones (CAA, 2014).

Una exigencia en la tecnología empleada en las EMA radica en la cantidad, calidad y facilidad para registrar un gran número de variables climáticas, donde se debe considerar que, a mayor número de variables, flexibilidad de almacenamiento, procesamiento, captura y precisión de los datos, mayor será su costo económico.

La elección de una EMA dependerá de los requerimientos y objetivos que se han trazado el usuario. Para ello es relevante conocer y entender las características técnicas de las EMA, número y tipo de sensores para las variables a monitorear, compatibilidad de sensores y repuestos, tipos de almacenamiento y opciones de comunicación (Torres-Ruiz, 2006; CONAGUA, 2010).

Para comprender lo anterior, una EMA básica consta de dos unidades típicas: sensores y una tarjeta de adquisición de datos. Un sensor es un dispositivo que recibe un estímulo y lo transforma en una señal eléctrica, la cual se interpreta en una escala de medida acorde a la variable que se desea monitorear.

Una tarjeta de adquisición de datos es un dispositivo electrónico que envía y adquiere información de los sensores que están conectados a él; frecuentemente incorporan un microprocesador, una unidad de memoria para el almacenamiento y una fuente de energía para su funcionamiento. Las variables climáticas típicas para medir son: temperatura del aire, precipitación, humedad relativa, radiación solar, velocidad y dirección del viento (Medina-García *et al.*, 2008).

Actualmente existen diversos sistemas de monitoreo de datos climáticos, los desarrollos actuales presentan visualización de datos e integración de sensores múltiples. Algunas de las EMA más usadas son: Vantage Pro de Davis, Onset de HOBO; con sistemas de adquisición de datos, sensores y comunicaciones con una plataforma multisensorial aplicada a la agricultura con diferentes tipos de comunicación; Kipp & Zonen, con registradores de datos y sensores solares que abarcan el espectro desde el Ultravioleta (UV) hasta el Infrarrojo lejano (FIR) y atmosféricos; sistema táctico de observación meteorológica TacMet@MAWS201M de Vaisala, alto desempeño para diversas operaciones de campo; sistemas de adquisición de datos series CR-100-1000 de Campbell Scientific para precisión y rapidez de datos climáticos. Algunas EMA's de gama baja son: La Crosse Technology, Honeywell Technology Solutions, TFA; Sistema denominado MS-120-150 de la empresa DYACON se refiere a una estación meteorológica con múltiples sensores y sistema de comunicación embebido y software con aplicaciones predefinidas (Sivakumar *et al.*, 2000; World Meteorological Organization, 2012; Rehman *et al.*, 2014, Davis Instruments, 2020).

Una alternativa para obtener datos meteorológicos consiste en generar EMA's mediante el uso de dispositivos electrónicos de código abierto, los cuales suelen ser mucho más económicos que los dataloggers comerciales. Algunos de estos trabajos se mencionan a continuación.

Se han utilizado técnicas más nuevas que involucran telemetría satelital (TS) y sistemas de información geográfica (SIG) (Sivakumar, *et al.*, 2004; Al-Mahdi *et al.*, 2014). Para la recolección de los datos generados por cada estación se utilizó comunicación por medio de routers NanoStation, con un sistema de repetición entre los puntos o nodos (Pérez y Martínez, 2011). Garzón (2004) describe una red experimental que permite el estudio de las comunicaciones frente a condiciones climatológicas. Estas estaciones toman diferentes datos meteorológicos (presión, humedad, precipitaciones y temperatura).

Este proyecto implemento una ESAP (estación meteorológica para medidas pluviométricas) y se comunica con otras estaciones a través de redes de telefonía móvil (GSM) y radioenlaces. Meza (2007) desarrolló un proyecto que utiliza radares meteorológicos, controlados por el instituto INAMEH. Esta es una red de ocho radares meteorológicos los cuales son utilizados para estudios de precipitaciones, rastreo de tormentas y densidad del aire. Estos radares se encuentran enlazados en una red WLAN.

Los desarrollos anteriores presentan algunos problemas relacionados con la precisión de las mediciones, en la invención mencionada se presentan ventajas en las mediciones de temperatura del aire y suelo, humedad relativa del aire y suelo, y la radiación solar presenta mejor sensibilidad.

Los objetivos del presente trabajo consisten en hacer eficiente la adquisición y monitoreo de datos meteorológicos mediante mejora de la precisión en mediciones de variables climáticas como la temperatura del aire y de la masa térmica, humedad relativa del aire y la masa térmica, radiación solar y velocidad del viento; mediante el diseño y validación de una EMA la cual se denominará en lo siguiente como CLIMA.

Metodología

La EMA CLIMA se compone de distintos instrumentos electrónicos que la integran. A continuación, se describe la forma de interacción entre los dispositivos que la componen. En la Figura 1 se muestra el diagrama a bloques de la interacción general de los dispositivos electrónicos y sensores de la invención de medición y monitoreo de variables meteorológicas: el medio controlador (1), el suministro de voltaje (2), el medio de visualización (3), la unidad de almacenamiento de información (4), el medio contador de tiempo (5), el medio sensor de temperatura y humedad relativa del aire (6), el medio sensor de temperatura y humedad relativa del suelo (7), el medio sensor de la radiación solar (8) y el medio sensor de la velocidad del viento (9).

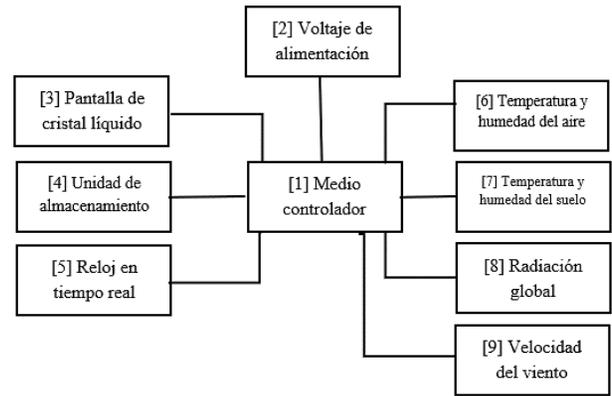


Figura 1 Interacción general de los dispositivos electrónicos y sensores de la EMA (CLIMA)

Fuente: Laboratorio de electrónica, Universidad Politécnica de Amozoc

El circuito electrónico de CLIMA se presenta en la Figura 2 y enseguida se explica la interacción de los dispositivos. El medio controlador cuenta con una arquitectura RISC a 8 bits, contiene 256 Kb de memoria flash para programación, 8KB de RAM, cuenta con interfaz 2-wire, SPI y 4 UART, la velocidad de frecuencia es 16MHz, contiene 54 puertos de entrada y salida programables de los cuales 14 puertos PWM, 16 canales de ADC de 10 bits, 6 temporizadores, su encapsulado es TQFP-100.

El medio controlador está conectado a una placa, la placa cuenta con una entrada para una fuente de alimentación externa y un regulador de voltaje, de manera que se pueden conectar de 5-12 VDC, cuenta con pines de alimentación de salida de 5v, 3.3v y voltaje de entrada de la fuente externa (Vin) además de sus tierras comunes GND, también cuenta con una interfaz de comunicación USB por los puertos UART y un botón de reset.

Para su mejor uso, el medio controlador está conectado a 12v en su fuente de alimentación externa, y los pines de comunicación i²c están conectados de la siguiente forma: el pin (20) del medio controlador se conecta a una resistencia de 10KΩ y esta a su vez se conecta a la alimentación común de (5v), el pin (21) del medio controlador se conecta a una resistencia de 10KΩ y esta a su vez se conecta a la alimentación común de (5v). El sensor que mide las variaciones de temperatura (T) del aire en grados Celsius o Fahrenheit, así como la humedad relativa (HR) en porcentaje (%).

Este dispositivo tiene 4 terminales, las terminales (1) se conectan al suministro de 5 volts DC y la terminal 4 a tierra (GND) común, la comunicación del dispositivo se hace de forma serial y bidireccional (i^2c) por lo que la salida de datos que está en la terminal 2 se conecta al medio controlador en el pin (20 SDA) y la terminal 3 que corresponde al reloj serial se conecta en el pin (21) del medio controlador.

La unidad de almacenamiento de información es un dispositivo de memoria flash para tarjeta Secure Digital (SD), consta de 6 pines. Esta unidad se conecta con el medio controlador de la siguiente forma: el pin (1) de la memoria se conecta a (GND) común, el pin (2) de la memoria se conecta a alimentación (3.3V), el pin (3) de la unidad corresponde al Chip Select y se conecta al pin (53) del medio controlador. El pin (4) de la unidad corresponde a (MOSI) Salida-Maestro, Entrada-Eslavo; y se conecta al pin (51) del medio controlador; el pin (5) de la unidad es la señal del reloj del bus de datos SCK y se conecta al pin (52) del medio controlador; finalmente el pin (6) de la unidad es (MISO) Entrada-Maestro, Salida-Eslavo, se conecta al pin (50) del medio controlador.

El reloj en tiempo real consta de 4 pines para comunicarse con el medio controlador, además de una batería externa de 5v que permite que no se borre la información de la fecha y hora del reloj. Este dispositivo se conecta de la siguiente manera con el medio controlador: el pin (1) del reloj se conecta a tierra común (GND), el pin (2) del reloj se conecta a alimentación común (5v), el pin (3) se corresponde a la línea de datos (SDA) y se conecta al pin (20) del medio controlador; y el pin (4) del dispositivo es la línea del reloj (SCL) y se conecta al pin (21) del medio controlador.

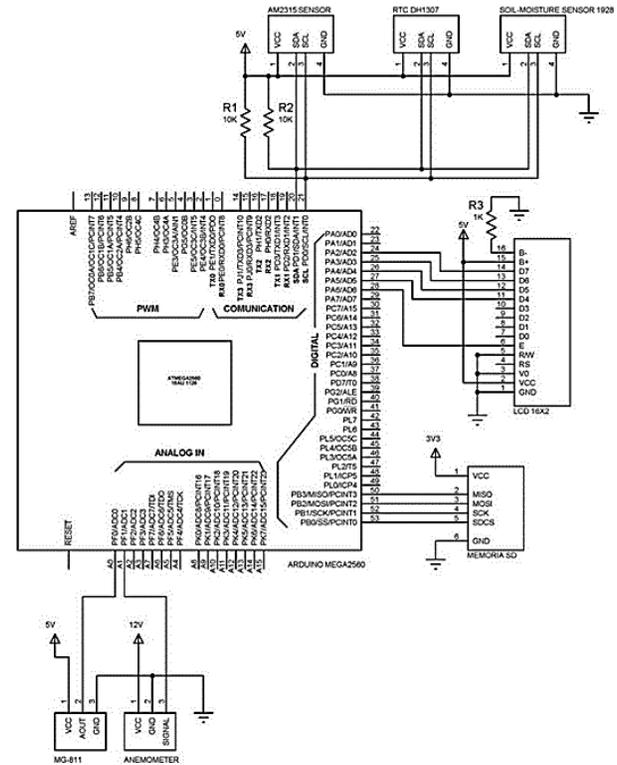


Figura 2 Diagrama esquemático del circuito electrónico de interconexión de la EMA (CLIMA)
 Fuente: Laboratorio de electrónica, Universidad Politécnica de Amozoc

La pantalla de cristal líquido (LCD) es una pantalla delgada y plana formada por 16 columnas y 2 filas, con píxeles en color colocados delante de una fuente de luz azul. Este dispositivo fue usado ya que utiliza poca energía eléctrica (5v). Se conecta con el medio controlador de la siguiente forma: los pines (1, 3, 5 y 16) del LCD se conectan a tierra común (GND), los pines (2 y 15) del LCD se conectan a alimentación común (5V) y el pin (4) del LCD se conecta al pin (7) del medio controlador.

El sensor SHT10 contiene dos módulos medir las variaciones de la masa térmica (suelo): el primero para la temperatura y otro para la humedad relativa, el dispositivo se protege de la interacción directa del suelo gracias a una malla metálica protectora. Este empaque metálico es a prueba de agua y evita que la humedad dañe al sensor, aunque permite un flujo constante de aire para medir la humedad del suelo.

El sensor se conecta con el medio controlador de la siguiente forma: el pin (1) del sensor se conecta a alimentación común (5v), el pin (2) del sensor se conecta a tierra común (GND), el pin (4) del sensor es la señal de reloj SCK y se conecta al pin (21) del medio controlador, el pin (4) del sensor es la línea de datos (DATA) y se conecta al pin (20) del medio controlador.

El anemómetro es un instrumento para medir la velocidad de circulación de un fluido gaseoso, en especial del viento, funciona con el principio del efecto Hall para medir los cambios repentinos de la velocidad del viento, especialmente en las turbulencias, a través de un filamento caliente, que consiste en un hilo de platino calentado eléctricamente: la acción del viento tiene por efecto enfriarlo y hace variar así su resistencia; por consiguiente, la corriente que atraviesa el hilo es proporcional a la velocidad del viento. Se conecta al medio controlador de la siguiente forma: el pin (1) del anemómetro se alimenta a 12V, corresponde a (Vin) del medio controlador; el pin (2) del anemómetro se conecta a la tierra común (GND), y el pin (3) del anemómetro se conecta a la entrada analógica (A1) del medio controlador.

El piranómetro es un sensor de Radiación Solar Global es un sensor diseñado para medir la densidad del flujo de radiación solar (kilovatios por metro cuadrado) en un campo de 180 grados. Se constituye por una pila termoeléctrica contenida en un alojamiento con dos semiesferas de cristal. La pila termoeléctrica está constituida por una serie de termopares colocados horizontalmente, cuyos extremos están soldados con unas barras de cobre verticales solidarias a una placa de latón maciza. El conjunto está pintado con un barniz negro, para absorber la radiación. El flujo de calor originado por la radiación se transmite a la termopila, generándose una tensión eléctrica proporcional a la diferencia de temperatura entre los metales de los termopares. El piranómetro se conecta con el medio controlador de la siguiente manera: el pin (1) del piranómetro se conecta a tierra común (GND), el pin (2) del piranómetro se alimenta a (5V) y el pin (3) del piranómetro se conecta a la entrada analógica del medio controlador (A0); en la Tabla 1 se describen los instrumentos usados.

La forma en que se comunica el medio controlador con los dispositivos electrónicos lleva los pasos lógicos que se presentan en el diagrama de la Figura 3. No obstante que la anterior descripción se realizó tomando en cuenta las modalidades preferidas de CLIMA, en sentido amplio y no limitativo. El entorno de software para la programación de la EMA se basó en el sistema operativo Windows, utilizando IDE para programar en un lenguaje basado en C++ (Wiring + Processing).

Variable	Sensor	Características
Temperatura y Humedad del aire	AOSONG AM2315	Resolución: 16 bits Histéresis: $\pm 0.1\%$ HR y $\pm 0.2^\circ\text{C}$ Precisión de humedad: $\pm 2\%$ HR a 25°C Precisión de temp: $\pm 0.12^\circ\text{C}$ a 25°C Voltaje de alimentación: DC 3.5 ~ 5.5V
Temperatura y Humedad del suelo	SONBEST SHT10	Rango de temp: -40 + 123.8°C Precisión de temp: ± 0.3 - 0.5°C a 25°C Rango de humedad: 0 – 100% Precisión de humedad: ± 1.8 - 4.5% HR Voltaje de alimentación: DC 3.5 ~ 5V
Radiación Global (Wm^2)	KOSMOS SP03670I	Rango: 1-1250w/m2 $\pm 5\%$ Voltaje de Excitación: 3.0 a 5.0 VDC Salida del Sensor: 0 a 2.5 V Linear: $\text{W/m}^2 = \text{V} * 500$ Corrimiento: 1% por año incluye: nivel de burbuja Precisión: $\pm 5\%$.
Velocidad de Viento (ms^{-1})	ADAFRUIT 1733	Voltaje de alimentación: DC 12V Salida de voltaje: 0.4 a 2V DC Rango de prueba: 0.5m/s a 50m/s Velocidad de viento inicial: 0.2m/s Resolución: 0.1m/s Precisión: en el peor caso 1m/s Máxima vel. de viento: 70m/s

Tabla 1 Variables climáticas medidas en el invernadero, tipo de sensores y características

Fuente: Aosong, Sonbest, Parallax, Kosmos y Adafruit

Una parte importante en la aportación de la EMA CLIMA diseñada radica en la programación que optimiza la adquisición y almacenamiento de los datos de las variables medidas y amplía las opciones de comunicación y manejo de la información.

La Figura 12 muestra el diagrama de flujo principal de la invención, que integra los pasos lógicos de comunicación entre el medio controlador y los dispositivos para censar mediante la inicialización de los componentes, medición del tiempo, almacenamiento de información, medio para desplegar la información y el monitoreo que establece la forma en que presenta la información adquirida.

La inicialización de los elementos que integran la EMA depende de la comunicación que existe entre el medio controlador y sus elementos, en caso de no haber comunicación se genera un error de arranque y en caso contrario se inicia la conexión con el medio controlador y se verifican uno a uno los elementos que integran. Para el reloj se verifica la conexión entre el dispositivo y el medio controlador en caso de no haber conexión se despliega en el LCD un mensaje de falla, en caso contrario se inicializa el reloj y se muestra un mensaje de funcionamiento correcto. Para la unidad de almacenamiento de la información SD se verifica la conexión en caso de no haber conexión se despliega en el LCD un mensaje de falla, en caso contrario se inicializa la SD y se muestra un mensaje de funcionamiento correcto.

Para el sensor de temperatura del aire se verifica la conexión en caso de no haber conexión se despliega un mensaje de falla, en caso contrario se inicializa el sensor y se muestra un mensaje de funcionamiento correcto. Para el sensor de temperatura del suelo se verifica la conexión en caso de no haber conexión se despliega un mensaje de falla, en caso contrario se inicializa el sensor y se muestra un mensaje de funcionamiento correcto. Para el sensor de humedad relativa del aire se verifica la conexión en caso de no haber conexión se despliega un mensaje de falla, en caso contrario se inicializa el sensor y se muestra un mensaje de funcionamiento correcto.

Para el sensor de humedad relativa del suelo se verifica la conexión en caso de no haber conexión se despliega un mensaje de falla, en caso contrario se inicializa el sensor y se muestra un mensaje de funcionamiento correcto. El anemómetro verifica su conexión en caso de no haber conexión se despliega un mensaje de falla, en caso contrario se inicializa el sensor y se muestra un mensaje de funcionamiento correcto.

El piranómetro verifica su conexión en caso de no haber conexión se despliega un mensaje de falla, en caso contrario se inicializa el sensor y se muestra un mensaje de funcionamiento correcto.

Finalmente, el LCD muestra un mensaje de bienvenida y la SD abre un archivo para almacenar información y el siguiente paso lógico es continuar con el proceso de monitoreo.

El flujo de información que sigue el monitoreo, una vez iniciados los componentes, prioriza el funcionamiento correcto del reloj y en caso de no haber funcionamiento envía un error, en caso contrario adquiere la fecha y el tiempo, luego tiene dos opciones principales: la adquisición y el monitoreo. Por un lado, la adquisición considera que cada cinco minutos la SD adquiere el tiempo y la fecha, la temperatura del aire y del suelo, la humedad relativa del aire y del suelo, la radiación solar y la velocidad del viento.

Por otro lado el monitoreo emplea interrupciones de tiempo para mostrar en el LCD la información adquirida de los sensores; la primer interrupción permite mostrar la fecha, hora, temperatura y humedad relativa del aire, la segunda interrupción permite mostrar la fecha, hora, temperatura y humedad relativa del suelo, la tercer interrupción permite mostrar la fecha, hora y velocidad del viento, la cuarta interrupción permite mostrar la fecha, hora y radiación solar, luego se reinician las interrupciones para repetir el ciclo, finalmente si se abandona el proceso de monitoreo la lógica direcciona la finalización del proceso.

La forma en que la unidad de almacenamiento SD procesa la información es: al inicio verifica que exista comunicación con el medio controlador en caso de no haber comunicación se envía un error, en caso contrario se realizan dos procesos síncronos: la recepción y la transmisión.

Por un lado, la recepción considera el proceso de lectura de datos provenientes del medio controlador en caso de no haber lectura revisa si existe comunicación, en caso contrario inicia la lectura de la información: fecha y tiempo, temperatura aire y suelo, humedad relativa aire y suelo, velocidad de viento y radiación solar.

La transmisión considera el proceso de escritura donde una vez abierto el archivo de generación de texto (datos.txt) realiza la lectura del tiempo inicial, en caso de que coincida con el tiempo final significa que ha avanzado cinco minutos y esto le permite realizar el almacenamiento el cual considera el espacio de memoria inicial y procede a almacenar la información que ha leído del medio controlador: fecha y tiempo, temperatura aire y suelo, humedad relativa aire y suelo, velocidad de viento y radiación solar; luego incrementa el espacio de memoria y regresa a verificar el avance del tiempo. El reloj en tiempo real realiza los pasos lógicos para adquirir fecha y tiempo como sigue: primero verifica si existe comunicación, en caso de que no haya comunicación se envía un error, en caso contrario realiza la adquisición del tiempo y fecha. Así, el tiempo adquiere la hora entre los números cero y veintitrés, después adquiere los minutos entre cero y cincuenta y nueve y para los segundos entre cero y cincuenta y nueve, después de adquirir los tres datos envía la información de tiempo. Después, la adquisición de la fecha primero verifica el día que puede seleccionarse entre los días de la semana, después verifica el mes y selecciona entre los meses del año, por último, se ajusta el año y se envía la información de fecha y se finaliza el ciclo.

Los pasos lógicos que sigue el medio de visualización de la información LCD verifica que haya comunicación con el medio controlador, en caso de que no haya comunicación envía un error, en caso contrario realiza dos procesos: inicialización y monitoreo.

Primero, la inicialización muestra un mensaje de bienvenida al usuario; después, el monitoreo despliega los datos adquiridos en el medio controlador, cuya visualización depende de las interrupciones y puede seleccionar entre fecha, tiempo, temperatura y humedad relativa del aire, fecha, tiempo, temperatura y humedad relativa del suelo, fecha, tiempo y velocidad del viento y, fecha, tiempo y radiación solar, después de ello finaliza el proceso.

Los pasos que sigue la comunicación del medio controlador con los dispositivos que conforman la EMA son: primero verifica que el buffer de comunicación esté habilitado en caso de no estar habilitado manda un error, en caso contrario verifica el tamaño de las palabras digitales y genera los espacios de memoria a usar, después verifica que exista transmisión, en caso no haber transmisión verifica el estado del buffer, en caso contrario para iniciar verifica la velocidad de transmisión, ajusta el reloj, habilita proceso de lectura y escritura de las interrupciones; finalmente el proceso continua con el proceso de inicialización.

La lógica que persigue el error es: siempre verifica la alimentación de energía y en caso de haber alimentación verifica la comunicación y en caso contrario termina el proceso (se debe entender que el medio controlador no tiene energía para funcionar).

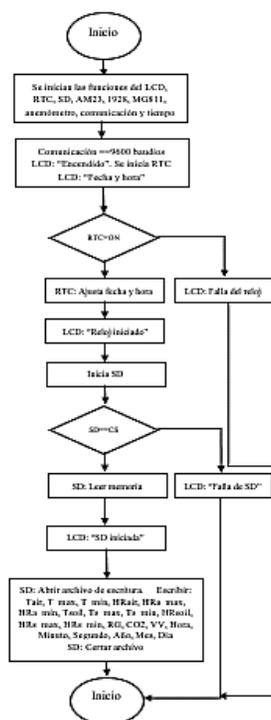


Figura 3 Flujo de los pasos lógicos de comunicación del medio controlador con los dispositivos electrónicos
Fuente: Laboratorio de electrónica, Universidad Politécnica de Amozoc

Resultados

Ya que la medición de datos climáticos representa un problema intrínsecamente relacionado con el comportamiento del medio, la calidad de los instrumentos para medir, almacenar y representar la información; la solución que presenta la EMA CLIMA es la adquisición de datos climáticos con precisión, esto significa que las variables climáticas: temperatura del aire y del suelo, humedad relativa del aire y del suelo, radiación solar y velocidad del viento, fueron medidas y validadas en comparación con otros equipos climáticos; puestos a prueba en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, México durante 15 días contra las estaciones comerciales: Vantage Pro (VP) y GroWeather (GW) Figura 4, donde se encontraron características descritas a continuación.



Figura 4 Comparación de desempeño en la adquisición de datos de la EMA CLIMA contra Vantage Pro y GroWather de Davis Instruments Fuente: UPAM-COLPOS Montecillo

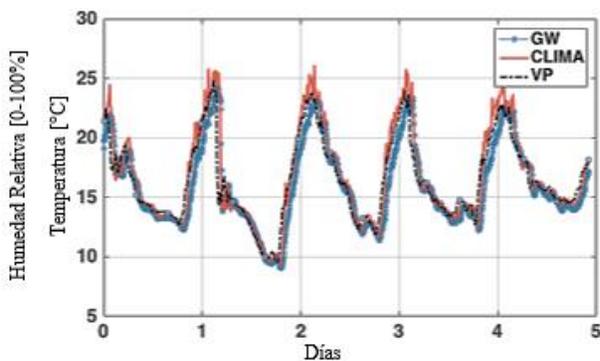


Figura 5 Desempeño de la temperatura del aire durante 5 días en comparación de CLIMA contra Vantage Pro y GroWather Fuente: Universidad Politécnica de Amozoc

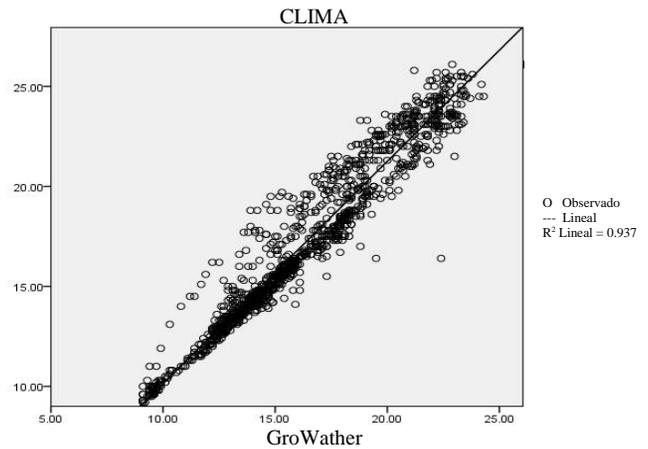


Figura 6 Regresión cuadrática lineal (R^2) de la temperatura del aire CLIMA vs GW Fuente: Universidad Politécnica de Amozoc

La temperatura de aire (Figura 5) con respecto a las estaciones comerciales, CLIMA presenta un buen desempeño, teniendo diferencias acentuadas en los puntos más altos de temperatura, dado que la precisión y sensibilidad del sensor supera las características de los sensores de dichas estaciones.

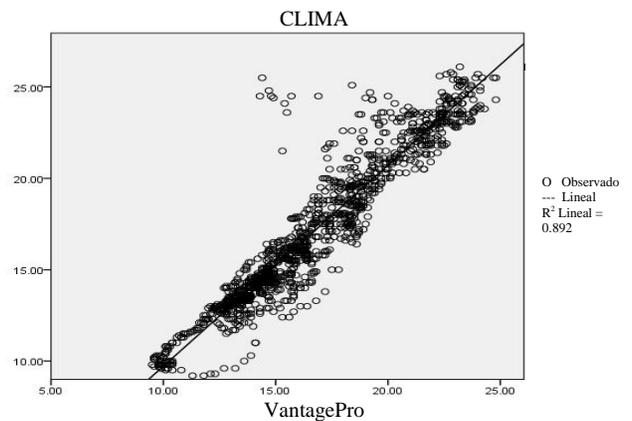


Figura 7 Regresión cuadrática lineal (R^2) de la temperatura del aire CLIMA vs VP Fuente: Universidad Politécnica de Amozoc

Como parte de la comparación en la precisión de los datos medidos, se realizó una regresión lineal (Figura 6 y 7) para determinar la calidad del equipo desarrollado y su capacidad para replicar las magnitudes de los datos medidos usando el coeficiente de determinación R^2.

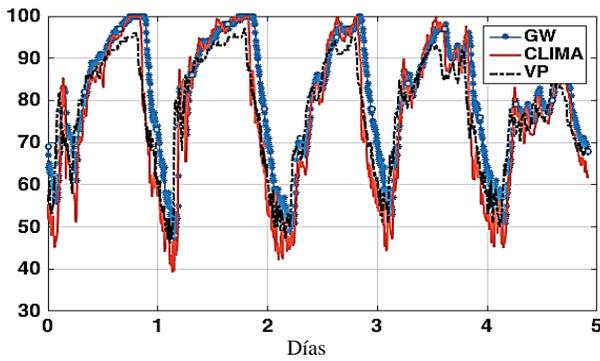


Figura 7 Desempeño de la humedad relativa de CLIMA contra Vantage Pro y GroWather
 Fuente: Universidad Politécnica de Amozoc

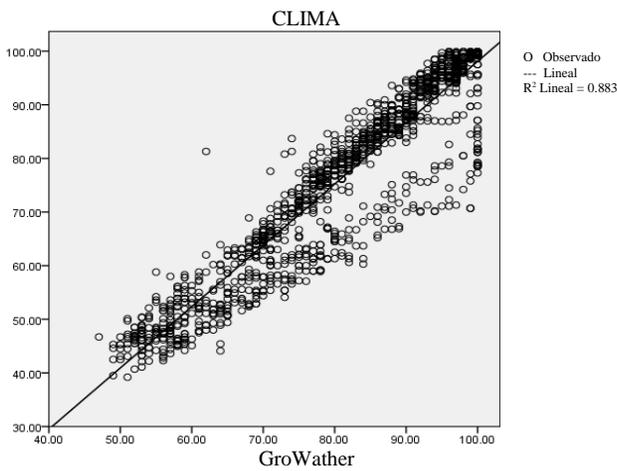


Figura 8 Regresión lineal cuadrática (R^2) de la humedad relativa CLIMA vs GW
 Fuente: Universidad Politécnica de Amozoc

La humedad relativa de aire (Figura 8) con respecto a las estaciones comerciales presenta un buen comportamiento, teniendo diferencias acentuadas en los registros más altos y bajos de la humedad, dado que la precisión y sensibilidad del sensor supera las características de los sensores de dichas estaciones.

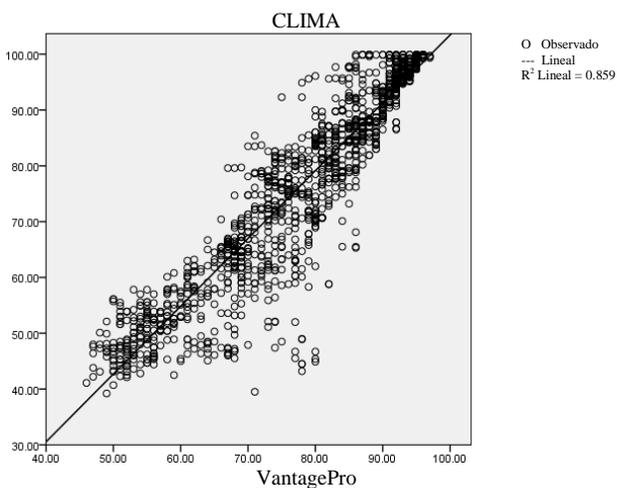


Figura 9 Regresión cuadrática lineal (R^2) de la humedad relativa CLIMA vs VP
 Fuente: Universidad Politécnica de Amozoc

Las figuras 8 y 9 muestran las regresiones lineales entre la invención y GW, y la invención y VP respectivamente.

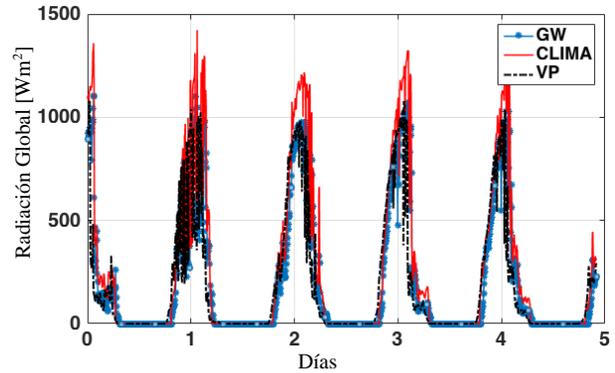


Figura 9 Comparación de las mediciones de radiación solar global entre CLIMA, GW y VP
 Fuente: Universidad Politécnica de Amozoc

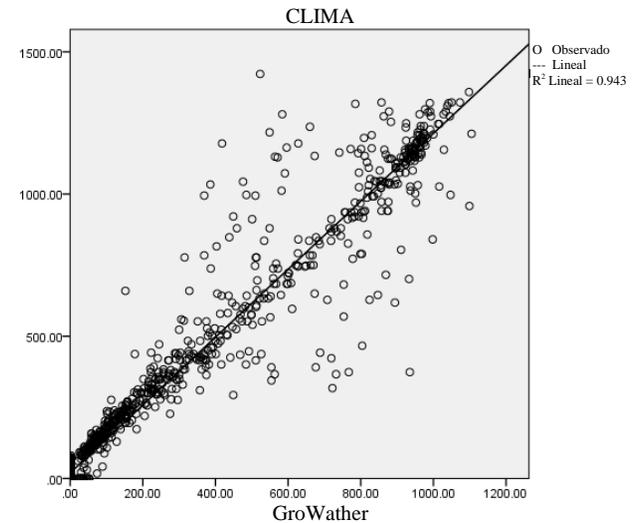


Figura 10 Regresión lineal cuadrática (R^2) de la radiación solar global CLIMA vs GW
 Fuente: Universidad Politécnica de Amozoc

Las mediciones de la radiación solar global se muestran en la Figura 9, donde se observa que las mediciones realizadas por la EMA CLIMA presentan mayor sensibilidad a las variaciones que en ocasiones alcanzan los 1200 Wm².

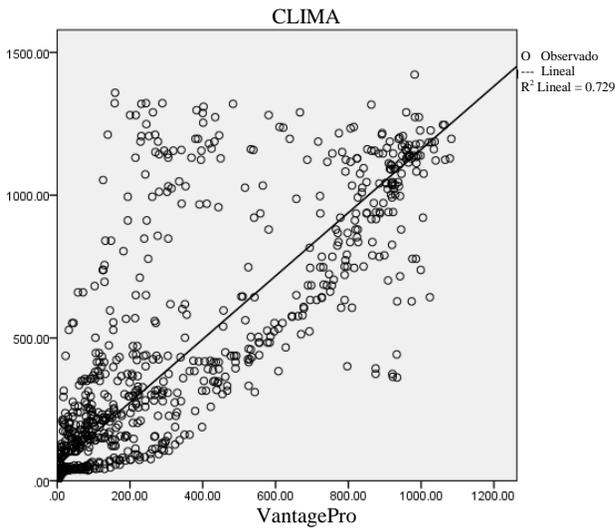


Figura 11 Regresión cuadrada (R^2) de la radiación solar global CLIMA vs VP
 Fuente: Universidad Politécnica de Amozoc

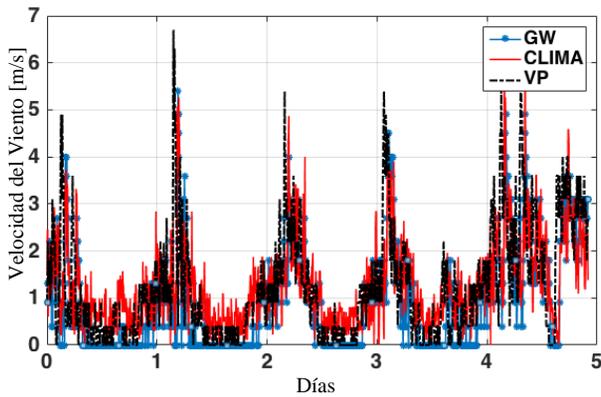


Figura 12 Desempeño de la velocidad de viento entre CLIMA, GW y VP
 Fuente: Universidad Politécnica de Amozoc

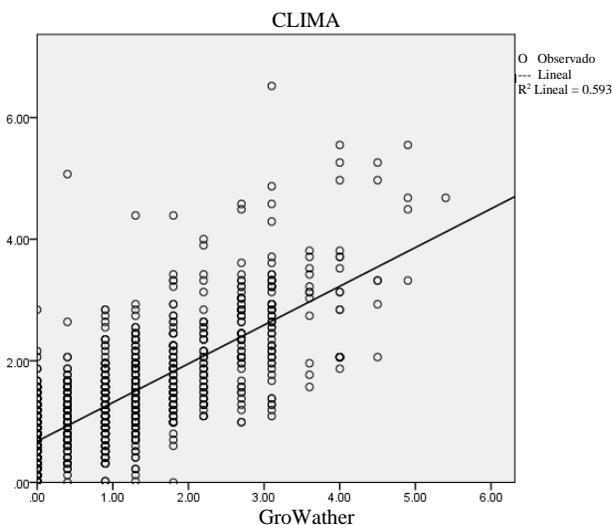


Figura 13 Regresión cuadrática (R^2) de la velocidad de viento CLIMA vs GW
 Fuente: Universidad Politécnica de Amozoc

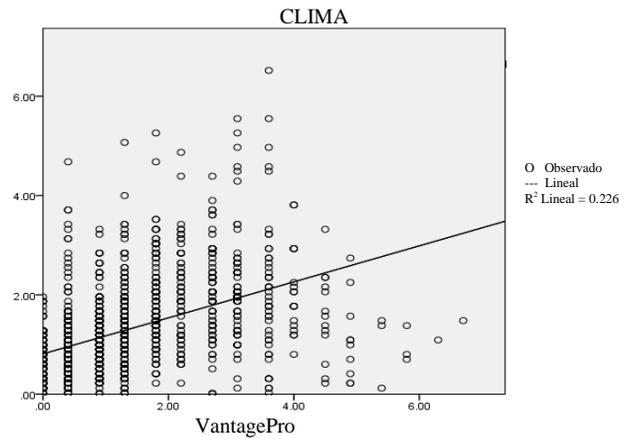


Figura 14 Regresión cuadrada (R^2) de la velocidad de viento CLIMA vs VP
 Fuente: Universidad Politécnica de Amozoc

Las figuras 10 y 11 muestran las regresiones lineales entre la invención CLIMA y GW, y la invención CLIMA y VP respectivamente. La velocidad de viento (Figura 12) presenta el desempeño de CLIMA en comparación con las estaciones comerciales.

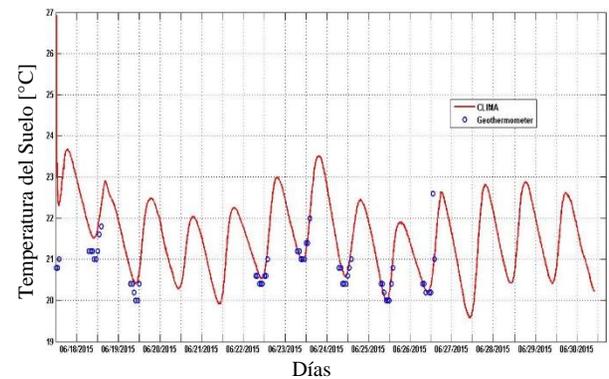


Figura 15 Desempeño de la temperatura del suelo entre CLIMA y geotermómetro analógico
 Fuente: Universidad Politécnica de Amozoc

Las figuras 13 y 14 muestran las regresiones lineales entre la invención y GW, y la invención y VP respectivamente.

La temperatura y humedad relativa del suelo (Figura 15) no pudo compararse en su totalidad con las estaciones comerciales, dado que dichas estaciones no contemplan estas variables, pero se comparó parcialmente con geotermómetro analógico.

Las ventajas técnicas que presenta CLIMA como sistema de adquisición de datos climáticos se resumen de forma numérica con los datos medidos y los valores estadísticos de R^2 para cada variable que se muestran en la Tabla 2 donde se puede observar que la variable que presenta mejor precisión es la temperatura y la más lejana es la velocidad del viento.

Variable	R^2 Clima-GW	R^2 Clima – VP
T	0.937	0.892
HR	0.883	0.859
RG	0.943	0.729
VV	0.593	0.226

Tabla 2 Valores de las regresiones cuadráticas lineales para cada variable y equipo comparado

Fuente: Universidad Politécnica de Amozoc

Discusión de resultados

Para realizar el proceso de validación, se tomó en cuenta que las estaciones de referencia Vantage Pro y Gro Weather del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo se dispusieron 150cm de distancia del prototipo CLIMA, los campos experimentales tuvieron las mismas condiciones, y los sensores presentaron las mismas características de precisión. Las alturas de los sensores fueron las mismas que las del prototipo. La separación entre las estaciones de referencia y CLIMA no pudo representar un factor que influyera en la comparación de los históricos. De acuerdo con Camargo y Hubbard (1999), para una distancia de 30 km, en condiciones de terreno similar, hay 90% de probabilidades de que la variable sea igual.

La FAO (Allen *et al.*, 2006) propuso una técnica para utilizar los datos de una estación cercana para suplir datos perdidos en otra. Los criterios que establecen para determinar si es viable utilizar estos datos como reemplazo es que, de una regresión lineal entre una serie de datos conocidos, del mismo periodo, de las dos estaciones meteorológicas, la β esté entre 0.7 y 1.3.

Así mismo, el coeficiente de determinación R^2 debe ser mayor a 0.7. La β y el coeficiente R^2 obtenidos para todas las variables medidas (a excepción de la velocidad de viento) se encuentran dentro de los criterios establecidos por la FAO, por lo que se puede decir que estaciones están midiendo valores similares, lo que puede hacer que sea válido reemplazar los datos de una con otra.

Para el viento, aunque están dentro del rango de los 10 km aceptables para que la variable sea igual (Camargo y Hubbard, 1999), ni la correlación de la magnitud, ni la de dirección, alcanzan el criterio de 0.7, por lo que la regresión lineal no es óptima.

Conclusiones

CLIMA soluciona la problemática de la medición y adquisición de las variables climáticas a bajo costo económico con precisión de hasta el 93% en temperatura, 88% en humedad relativa del aire, temperatura y humedad relativa del suelo, y hasta un 94% en radiación solar global, mientras que para la velocidad de viento presenta deficiencias que se encuentran en el producto comparado con las estaciones meteorológicas comerciales Vantage Pro y GroWeather radica en la medición de la velocidad de viento, ya que su regresión lineal (R^2) está por debajo de lo esperado, debido a las características intrínsecas del sensor cuyo principio es el efecto Hall, de manera que se puede modificar en un futuro y disponer un dispositivo de mayor precisión.

Referencias

Adafruit. 2020. [Consulta 23 de febrero de 2020] Disponible en: <https://www.adafruit.com/>

Aosong Electronics, Co. Ltd. Digital temperature and humidity sensor AM2315. Product Manual.

Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D. y Smith, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Traducción al español. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia. 342 p.

Al-Mahdi, A. M.; Ndahi, E. M. S.; Yahaya, B. and Maina, M. L. 2014. Integrated gis and satellite remote sensing in mapping the growth, managing and production of inland water fisheries and aquaculture. Eur. Sci. J. 6(10):178-183.

Arduino. 2020. An Open-Source Electronics Prototyping Platform. [Consulta 23 de febrero de 2020] Disponible en: <http://www.arduino.cc>

Camargo, M. B. and Hubbard, K. G. 1999. Spatial and temporal variability of daily weather variables in sub-humid and semi-arid areas of the united states high plains. *Agric. Forest Meteorol.* (93):141-148.

Centro del Agua para la Agricultura (CAA), Universidad de Concepción, 2014. Recuperado de: <http://files.dlhingenieria.webnode.cl/200000087-12c7113c15/ESTACI%C3%93N%20METEREOLOGICA%20AUTOMATICA.pdf> 4 de noviembre de 2019.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2010. Proyecto de Modernización del Servicio Meteorológico Nacional de México: Diagnóstico Institucional y Propuesta de Plan Estratégico 2010-2019. 67 p.

Davis Instruments. 2020. Wireless Vantage Pro2 Plus. Recuperado de http://www.davisnet.com/weather/products/weather_product.asp?pnum=06162.

Fisher, D., K. and Gould, P., J. Open-Source Hardware Is a Low-Cost Alternative for Scientific Instrumentation and Research. *SciRes. Modern Instrumentation*, 2012, 1, 8-20. 2012.

Garzón A. Meteorológica y climatología semana de la ciencia y tecnología 2004, Fundación Española para las ciencias y la tecnología, España, 2004.

Kosmos. 2020. [Consulta 07 de marzo de 2020] Disponible en: <http://www.kosmos.com.mx/>

Medina-García, G.; Grageda- Grageda, J.; Ruiz-Corral, J. A. and Báez- González A. D. 2008. Uso de estaciones meteorológicas en la agricultura. México. INIFAP.

Meza B., Vargas E. Propuesta de diseño de un sistema de comunicaciones alterno para la interconexión del sistema de radares meteorológicos a la sede del Inameh, Universidad Central de Venezuela, 2007.

Parallax Inc. 2010. CO2 Gas sensor module. Product Manual.

Pérez M., Martínez D. Diseño de un sistema de comunicación para la transmisión de datos en tiempo real entre tres estaciones meteorológicas ubicadas en el Volcán Antisana y el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, en Quito, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, 2011.

Rehman, A.; Azafar, A. A., Islam, N. and Ahmed, S. Z. 2014. A review of wireless sensors and networks' applications in agriculture. *Computer Standards & Interfaces.* 2(36):263-270.

Sonbest. 2018. Soil temperatura and humidity sensor SHT10. Shanghai China.

Sivakumar, M. V. K.; Gommers, R. and Baier, W. 2000. Agrometeorology and sustainable agriculture. *Agric. Forest Meteorol.* (103):11-26.

Sivakumar, M. V. K.; Roy, P. S.; Harmsen, K. and Saha, S. K. 2004. Satellite remote sensing and gis applications in agricultural meteorology. In: satellite remote sensing and GIS applications in meteorology. Sivakumar, M. V. K.; Roy, P. S.; Harmsen, K. and Saha, S. K. (Eds.) World Meteorological Organization. Dehra Dun, India. 427 p.

Torres-Ruiz, E. 2006. 2° (Ed.). Agrometeorología. México, D. F. Ed. Trillas. 156 p.

World Meteorological Organization. 2012. 2008 ed. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. WMO No. 8. Geneva. 716 p.

Caracterización comparativa de biopolímeros de almidón extraídos de cereales mediante dos técnicas diferentes

Comparative characterization of starch biopolymers extracted from cereals using two different techniques

RIVERA-ARREDONDO, Marisa†*, RODRÍGUEZ-ÁNGELES, Mario Alberto'', MORALES-FÉLIX, Verónica de Jesús'' y GAYTÁN-RUELAS, Marina'''

† *Procesos Alimentarios, Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, Carretera Valle-Huanimaro K. 1.2, Valle de Santiago, Guanajuato, C.P.: 38400, México.*

'' *Ingeniería de Plásticos, Universidad Politécnica de Juventino Rosas, calle Hidalgo 102, Comunidad de Valencia, Juventino Rosas, Guanajuato, 38253, México.*

''' *Agricultura Sustentable y Protegida, Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, Carretera Valle-Huanimaro km 1.2, Valle de Santiago, Guanajuato, C.P.: 38400, México.*

ID 1^{er} Autor: *Marisa, Rivera-Arredondo*

ID 1^{er} Coautor: *Mario Alberto, Rodríguez-Ángeles*

ID 2^{do} Coautor: *Verónica de Jesús, Morales-Félix*

ID 3^{er} Coautor: *Mariana, Gaytán-Ruelas*

DOI: 10.35429/JSI.2020.15.4.31.36

Recibido Julio 25, 2020; Aceptado Diciembre 30, 2020

Resumen

En el campo de investigación y consiguiente elaboración de biopolímeros ha ido creciendo en la última década, ya sea debido a endurecimiento de las legislaciones ambientales de cada país o por conciencia ecológica, en todo caso el término biopolímero es bastante amplio, siendo estos utilizados como materia prima en medicamentos, suplementos alimenticios y por supuesto en la elaboración de bioplásticos. Puesto que el tema de interés es la caracterización comparativa de biopolímeros usando almidón extraído de dos cereales diferentes avena y arroz mediante la técnica alcalina con tratamiento de NaOH y la técnica de molienda, presumiendo que el almidón extraído del cereal de *Oryza sativa* presenta características químicas, geométricas y mecánicas superiores en ambas técnicas utilizadas a diferencia de los polímeros elaborados con almidón de Avena sativa. Estos resultados sugieren que la calidad de almidón de cada cereal es relevante para la elaboración de biopolímeros [1]. Las propiedades comercialmente significativas del almidón, tales como su resistencia mecánica y flexibilidad, dependen de la resistencia y de carácter de la región cristalina, la cual depende de la relación de amilosa y amilopectina.

Abstract

In the field of research and consequent elaboration of biopolymers it has been growing in the last decade, either due to the hardening of the environmental legislation of each country or due to ecological awareness, in any case the term biopolymer is quite broad, these being used as material premium in medicines, food supplements and of course in the production of bioplastics. Since the topic of interest is the comparative characterization of biopolymers using starch extracted from two different cereals, oats and rice, using the alkaline technique with NaOH treatment and the milling technique, assuming that the starch extracted from the *Oryza sativa* cereal presents chemical characteristics, geometric and mechanical superior in both techniques used unlike the polymers made with Avena sativa starch. These results suggest that the starch quality of each cereal is relevant for the production of biopolymers [1]. The commercially significant properties of starch, such as its mechanical strength and flexibility, depend on the strength and character of the crystalline region, which depends on the ratio of amylose and amylopectin.

Citación: RIVERA-ARREDONDO, Marisa, RODRÍGUEZ-ÁNGELES, Mario Alberto, MORALES-FÉLIX, Verónica de Jesús y GAYTÁN-RUELAS, Marina. Caracterización comparativa de biopolímeros de almidón extraídos de cereales mediante dos técnicas diferentes. Revista de Innovación Sistemática. 2020. 4-15:31-36.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Revisión literaria

Propiedades estructurales del almidón natural.

Los granos de almidón están formados por macromoléculas organizadas en capas. Dos estructuras poliméricas diferentes componen los almidones: la amilosa y la amilopectina. Cerca del 20% de la mayoría de los almidones es amilosa y el 80% amilopectina. Las moléculas de amilosa, situadas en las capas interiores, están compuestas de aproximadamente 200 a 20,000 moléculas de glucosa unidas por enlaces glucosídicos $\alpha - 1,4$ (Figura 1) en cadenas no ramificadas o enrolladas en forma de hélice. Muchas moléculas de amilosa tienen algunas ramificaciones $\alpha - D-(1,6)$, aproximadamente entre 0.3 a 0.5% del total de los enlaces. Estas generalmente, no son ni muy largas ni muy cortas y están separadas por grandes distancias permitiendo a las moléculas actuar, esencialmente con un polímero lineal, formando películas y fibras fuertes, y retrogradado fácilmente. Como consecuencia de la formación de cadenas en forma de hélice las fibras y películas de amilosa son más elásticas que las de celulosa. La amilosa es soluble en agua caliente lo cual se debe a la formación de una suspensión coloidal. [2]

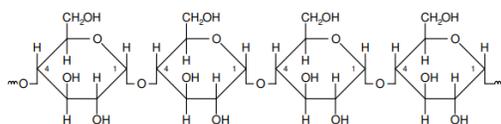


Figura 1 Segmentos de una molécula de amilosa
Fuente: [5]

La estructura de la amilopectina, situada en las capas exteriores, es diferente a la de la amilosa. Las moléculas de la amilopectina contienen enlaces glucosídicos $\alpha - 1,4$ y $\alpha - 1,6$, como se observa en la figura 2. Los enlaces glucosídicos unen las moléculas de glucosa en la cadena principal de amilopectina. Con frecuencia se encuentran ramificaciones de la cadena principal, las cuales se deben a los enlaces glucosídicos $\alpha - 1,6$ con otras moléculas de glucosa. Los puntos de enlace de las ramificaciones constituyen entre el 4 y 5% del total de los enlaces. [6]

Las moléculas de amilopectina son significativamente más grandes que las moléculas de amilosa; algunas contienen entre 10,000 y 20 millones de unidades de glucosa [7]. El peso molecular de la amilosa está entre 0.1 y un millón de g/mol. Y el de la amilopectina está entre (10,000 a 1,000 millones) g/mol [5]. Una de las propiedades más importantes del almidón natural es su semicristalinidad donde la amilopectina es el componente dominante para la cristalización en la mayoría de los almidones. La parte amorfa está formada por regiones ramificadas de amilopectina y amilosa. Las propiedades comercialmente significativas del almidón, tales como su resistencia mecánica y flexibilidad, dependen de la resistencia y de carácter de la región cristalina, la cual depende de la relación de amilosa y amilopectina y por lo tanto del tipo de planta, de la distribución del peso molecular, del grado de ramificación y del proceso de conformación de cada componente del polímero. [8]

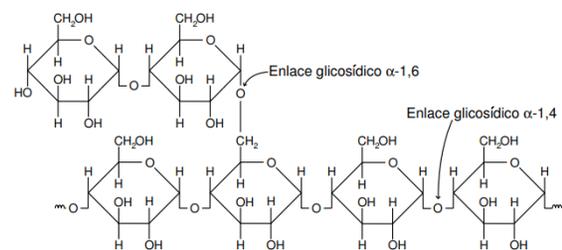


Figura 2 Segmento de una molécula de amilopectina
Fuente: [5]

Gelatinización.

Se define como la pérdida de cristalinidad de los granos de almidón en presencia de calor y altas cantidades de agua con muy poca o ninguna despolimerización. Los granos de almidón son insolubles en agua y en solventes orgánicos. En suspensión acuosa los granos se hinchan por la acción del calor, tienden a perder las propiedades que le confiere su estructura semicristalina y a una temperatura crítica forman un gel. [8]

Durante la gelatinización el agua penetra inicialmente en las regiones amorfas iniciando el hinchamiento, lo cual se aprecia por la disminución en la birrefringencia. Luego el agua desaloja las cadenas de almidón desde la superficie de los cristales a medida que la temperatura; la movilidad térmica de las moléculas y la solvatación producida por las fuerzas de hinchamiento provocan una disminución de la cristalinidad por el desenrollado de las dobles hélices, hasta que la estructura granular es fragmentada casi completamente obteniéndose un sólido-gel. La principal diferencia entre la preparación de geles, comidas, películas o materiales procesados de almidón termoplástico (TPS) es la cantidad de agua o plastificante durante la gelatinización o fusión de los gránulos de almidón. Para la obtención del almidón termoplástico, el almidón se funde con la ayuda de una cantidad relativamente baja de agua durante el proceso de extrusión, moldeo por presión o moldeo por inyección, por donde la cantidad de agua está por debajo del 20% en la mayoría de los casos. Parte del agua generalmente se reemplaza por pequeñas cantidades de glicerina. Las diferencias en el contenido de agua y glicerina y las condiciones del procesamiento tales como: la velocidad de Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz cizalladura y temperatura producen diferencias en la formación de la red de almidón y en la morfología del material producido. [9]

El almidón, como materia prima para la elaboración de un bioplástico

Para convertir un almidón seco en un material bioplástico es necesario romper y fundir la estructura granular semicristalina del mismo [10]. El almidón sin los aditivos adecuados (plastificantes) no tiene las propiedades necesarias para trabajar como termoplástico, Los plastificantes incrementan la flexibilidad del almidón debido a su habilidad para reducir la interacción de los enlaces de hidrógeno, además de aumentar el espacio molecular [12].

Se pueden distinguir dos tipos de ordenamiento en el almidón termoplástico después de su procesamiento: la cristalinidad residual clasificada en las formas tipo A, B y C causadas por la fusión incompleta durante la plastificación y la cristalinidad inducida durante el procesamiento, de acuerdo con los arreglos generados en las cadenas poliméricas según [11] el tipo A es común en almidones de cereales, el B en tubérculos y el C en ciertas raíces y semillas. La cantidad de cristalinidad residual está relacionada con la temperatura y el esfuerzo de corte aplicado durante el procesamiento; de igual manera la composición de la mezcla de alimentación también influye indirectamente en esta cantidad de cristalinidad remanente. Dependiendo de algunas condiciones de procesamiento y almacenamiento como la temperatura y la humedad, el almidón amorfo sufre cambios estructurales después del enfriamiento, basados en: recristalización de la amilosa y la amilopectina en diferentes estructuras cristalinas, separación de fase y reorientación del polímero. Las interacciones moleculares (principalmente puentes de hidrógeno entre las cadenas de almidón) que ocurren después del enfriamiento son llamadas retrogradación [10]. Esta retrogradación hace referencia igualmente a los cambios que tienen lugar en el almidón gelatinizado desde un estado amorfo inicial a uno cristalino más ordenado. Ocurre porque los geles de almidón no son termodinámicamente estables. De acuerdo a las cadenas de amilopectina son responsables por los fenómenos de retrogradación que se generan a largo plazo, mientras que la amilosa se relaciona con los cambios a tiempos más cortos. [10]

Materiales y métodos

Extracción de almidón

El método de extracción de almidón se realiza por el método utilizado por Yamamoto, 1973 y algunas modificaciones. Donde se usó dos metodologías diferentes en cada cereal [5].

En la primera metodología se usaron 100 gramos de *Oryza sativa* y 100 gramos de *Avena sativa* se sometieron a una serie de lavados, primeramente, con 500 ml de agua destilada cada uno, posteriormente se colocaron 500 ml de NaOH al 0.1 N, continuando con agua destilada, y finalmente una neutralización con HCl al 0.5 M por último un lavado con agua destilada y se centrifugó a 3000 rpm durante 20 minutos y un secado a 60 °C durante 48 horas. El proceso concluyó con una molienda y un tamizado. Cabe mencionar que entre cada lavado se mantuvo un reposo de 24 horas a 6 °C. La segunda metodología se usó las mismas cantidades 100 g de cada cereal y consistió en dejar reposar a ambos cereales con agua durante 24 horas. Posteriormente se realizó una molienda simple, se centrifugó a 3000 rpm durante 20 minutos. Se les retiró el exceso de agua y el residuo se llevó a secar en cápsulas de porcelana a una estufa cuyos parámetros fueron 60 °C durante 48 horas. El proceso concluyó con una molienda y un tamizado. [13]

Elaboración de los biopolímeros.

Para la elaboración de los biopolímeros mediante una hidrólisis acida se llevó a cabo mediante la metodología de Rosales 2016 y adecuaciones. Donde se realizó la misma metodología la variante fue el almidón de cereales. Tabla 1, posteriormente se realizó la mezcla de cada uno de los componentes y se sometieron a un calentamiento sobre una placa térmica a 80 °C 15 minutos, se vertió en papel encerado para después ser extendido mediante placas metálicas y llevado a secar durante 48 horas a una temperatura de 30 °C. Esto se realizó con cada muestra de almidón por triplicado. [14]

Cereal y formas de extracción del almidón	Cantidad (g)	Agua destilada (ml)	Acido cítrico (g)	Glicerina (ml)	Nomenclatura del tratamiento
<i>Oryza sativa</i> NaOH	5	15	2.5	1.5	T2SO
<i>Oryza sativa</i> Molienda simple	5	15	2.5	1.5	T1MO
<i>Avena sativa</i> NaOH	5	15	2.5	1.5	T2SA
<i>Avena sativa</i> Molienda simple	5	15	2.5	1.5	T1MA

Tabla 1 Elaboración de biopolímeros

Fuente: Elaboración propia

Análisis químico y mecánico

La determinación de humedad se llevó a cabo por el método descrito por la NMX-F-083-1986. Así mismo, la determinación de cenizas se llevó a cabo por los lineamientos descritos por la NMX-F-066-S-1978. La determinación de resistencia fue realizada en un analizador de textura, 0 a 1500g/ 0.20g, Brookfield, CT3-1500, donde se colocó un biopolímero con dimensiones de 15 cm de largo y 15 de alto. La fuerza tensil se obtuvo dividiendo la fuerza máxima antes de que se rompiera la película entre el grosor transversal de esta. Se reporta la fuerza de corte en N.

Análisis geométrico

La determinación del grosor (mm) mediante un Calibre Vernier de 0-150mm constó en colocar un fragmento de muestra es las puntas para medidas externas y posteriormente se tomó la lectura en el marcador digital.

Resultados

Elaboración de biopolímeros

En la figura 3 muestra los biopolímeros de *Oryza sativa* con la técnica de extracción de almidón alcalina (T2SO) y molienda simple (T1MO) y con características prometedoras en cuanto a su fuerza de rompimiento y calidad de almidón, donde se puede observar una de las propiedades más importantes de los almidones naturales, que es su semicristalinidad donde la amilopectina es el componente dominante para su cristalización que se le atribuye a una resistencia mecánica favorable debido a la relación de amilosa y amilopectina con un valor de $(36.41 \pm 2.2$ y $62.75 \pm 2.2)$. [15] De acuerdo con su temperatura de gelatinización del almidón varían de 70 a $>75^\circ\text{C}$. [16]



Figura 3 Biopolímeros de *Oryza sativa*. A biopolímero mediante la extracción de almidón en solución alcalina (T2SO). B biopolímero mediante extracción de almidón por molienda simple (T1MO)

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4 muestra los biopolímeros de *Avena sativa* con sus dos técnicas de extracción de almidón claramente se puede observar que hay una menor resistencia a su fuerza de rompimiento. El contenido de amilosa es relativamente menor comparado con el de otros cereales [17]. Los almidones de avena presentaron las temperaturas de gelatinización menores, entre 56.8 y 59.7°C, usando la misma temperatura para la elaboración de los biopolímeros perdieron mayor humedad generando poca resistencia mecánica.

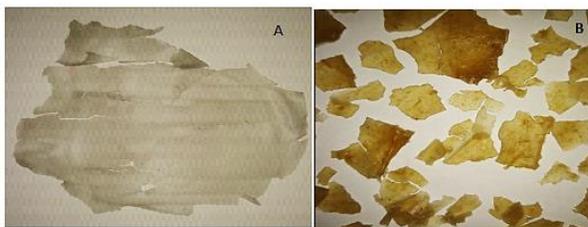


Figura 4 Biopolímero de *Avena sativa*. A biopolímero extraído mediante solución alcalina (T2SA). B biopolímero extraído mediante molienda simple (T1MA) Fuente: Elaboración propia

Análisis químico y mecánico

La humedad relativa con menor porcentaje la presenta el polímero T1MA y siguiendo el T2SA ambos son el mismo almidón técnica diferente de extracción. Lo que indica que la Avena Sativa presenta una menor absorción por su región semicristalina con menor relación de amilosa y amilopectina, generando una pérdida más rápida de agua y generando menor resistencia mecánica. Tabla 2. Confirmando con su porcentaje de cenizas menores en los almidones de Avena sativa.

T1MA	T2SA	T1MO	T2SO
5.08%	7.55%	9.30%	9.32%
±0.15	±0.16	±0.05	±0.03

Tabla 2 Valores de humedad en los tratamientos realizados

Fuente: Elaboración propia

T1MA	T2SA	T1MO	T2SO
1.77%	0.66%	2.11%	1.33%
±0.33	±0.2	±0.33	±0.3

Tabla 3 Valores de cenizas en los tratamientos realizados

Fuente: Elaboración propia

Determinación de la fuerza de rompimiento

La fuerza de corte se obtuvo dividiendo la fuerza máxima antes de que se rompiera la película entre el grosor transversal de esta. Se reporta la fuerza de corte en N.

Únicamente se determinó con T1MO y T2SO por la apariencia de sus superficies ya que los tratamientos T1MA y T2SA presentaron agrietamientos en su toda su superficie. Confirmando que se atribuye en la calidad del almidón de cereales. Tabla 4.

T1MO N	T2SO N	T1MA N	T2SA N
2.70	2.90	0	0
±0.02	±0.05	0	0

Tabla 4 Valores de la determinación de la fuerza de rompimiento

Fuente: Elaboración propia

Análisis geométricos

Por último, se realizó la determinación de grosor, mostrando los tratamientos, así como sus desviaciones estándar no hay diferencia significativa con respecto al grosor que pueda atribuir a la resistencia o bien a su contenido de humedad y cenizas. Tabla 5.

T1MA mm	T2SA mm	T1MO mm	T2SO mm
0.61	0.65	0.61	0.68
±0.14	±0.02	±0.06	±0.13

Tabla 5 Grosor de los tratamientos realizados

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

La proporción de amilosa y amilopectina juegan un papel importante en las propiedades de almidones termoplásticos. La temperatura de gelatinización es aquella en la cual los granos de almidón empiezan absorber agua e hincharse en forma irreversible en agua caliente, está asociada con el contenido de amilosa. Lo que se puede distinguir es dos tipos de ordenamiento en el almidón termoplástico después de su procesamiento: la cristalinidad residual clasificada en las formas tipo A, B y C causadas por la fusión incompleta durante la plastificación y la cristalinidad inducida durante el procesamiento, de acuerdo con los arreglos generados en las cadenas poliméricas según [11].

El tipo A es común en almidones de cereales, el B en tubérculos y el C en ciertas raíces. Lo que indica que a pesar de que el almidón pertenece a la misma clasificación de cristalinidad residual. La relación de amilosa y amilopectina es diferente en cada tipo de cereal, de acuerdo a los análisis realizados se obtuvo que el almidón extraído por ambas técnicas de extracción de *Oryza Sativa* presentan mejores propiedades de biopolímeros lo que atribuye que lo importante es el almidón y no hay diferencia significativa con respecto al método de extracción del almidón.

Referencias

- [1] James E. Mark et al. High performance biodegradable materials from oriented starch derivatives. U. S. patent 6,218,532 - Cincinnati, USA, 2001.
- [2] Mario Demicheli. Biodegradable plastics from renewable sources <http://www.jrc.es/pages/iptsreport/vol10/english/Env1E106.htm>, 2000.
- [3] Biocorp@. <http://www.BiocorpUSA.com>, 2002
- [4] S. Mali et al. Microestructural characterization of Yam starch films, *Carbohydrate Polymers*, 50, 379-386 (2002).
- [5] P. Matzinos et al. Processing and characterization of LDPE/starch products, *Journal of Applied Polymer Science*, 79, 2548-2557 (2000).
- [6] R. L. Whistler y J. N. BeMiller. *Carbohydrate chemistry for food scientists*. St Paul: Eagan Press, 1997.
- [7] Drew H. Wolfe. *Química General Orgánica*. McGraw-Hill segunda edición, 432- 433 (1996).
- [8] H. G. Fritz. Study of production of thermoplastics and fibers based mainly on biological material. European commission. Stuttgart German, 392 (1994). Universidad EAFIT 27| Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca
- [9] J. Van Soest et al. Mechanical properties of thermoplastic waxy maize starch, *Journal of Applied Polymer Science*, 6, 1927-1937 (1996).
- [10] Thiré, M.S.M.R., R.A. Simão. y Andrade, T.C; Investigation of the surface morphology of plasticized cornstarch films, *Acta Micro.*: 12 (1), 175-179 (2003b)
- [11] Van Soest, J.J.G. y otros tres autores; Changes in the mechanical properties of thermoplastic potato starch in relation with changes in B-type crystallinity, *Carbohydr. Polym.*: 29 (3), 225-232 (1996b).
- [12] Mali, S. y otros tres autores; Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect, *Carbohydr. Polym.*: 60 (3), 283-289 (2005a).
- [13] Yamamoto, K., Sawada, S., Onogaki, T. Properties of rice starch prepared by alkali method with various conditions. *Denpun Kagaku* (1973) 20, 99-104.
- [14] Rosales. Obtención de biopolímeros plásticos a partir del almidón de malanga por el método de polimerización por condensación (2016)
- [15] Landires, D., Márquez G, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la producción Escuela superior politécnica de litoral 09-01-5863 2013
- [16] Manriquez, C., Cuevas F. Evaluación de la calidad culinaria y molienda del arroz Cali, Colombia Pags 22-25
- [17] Welch, R. W., & McConnell, J. M. (2001). Avena. En D. A. V. Dendy & B. J. Dobraszczyk (Eds.), *Cereales y Productos Derivados: Química y Tecnología* (pp. 457, 460, 461). Zaragoza, España: Editorial Acribia.

[Título en Times New Roman y Negritas No. 14 en Español e Inglés]

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2^{do} Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3^{er} Coautor

Institución de Afiliación del Autor incluyendo dependencia (en Times New Roman No.10 y Cursiva)

International Identification of Science – Techonology an Innovation.

ID 1^{er} Autor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Autor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 1^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 2^{do} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 2^{do} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 3^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Resumen (En Español, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Español)

Resumen (En Inglés, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Inglés)

Citación: Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2do Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3er Coautor. Título del Artículo. Revista de Innovación Sistemática. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10)

* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del Artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No. 10 y Negrita]

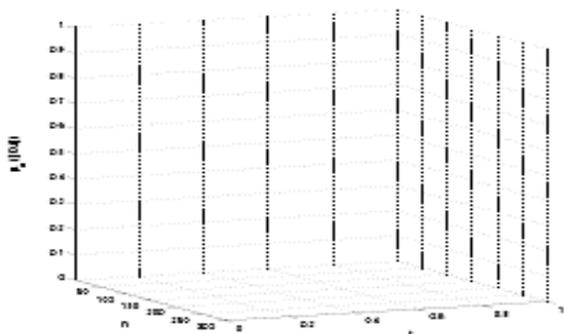


Gráfico 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

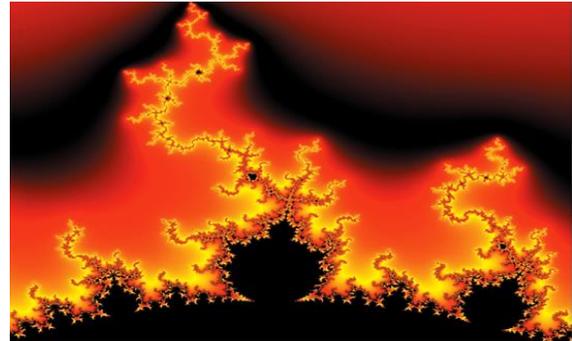


Figura 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Cada Artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Título secuencial.

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. No deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del Artículo.

Utilizar Alfabeto Romano, todas las referencias que ha utilizado deben estar en el Alfabeto romano, incluso si usted ha citado un Artículo, libro en cualquiera de los idiomas oficiales de la Organización de las Naciones Unidas (Inglés, Francés, Alemán, Chino, Ruso, Portugués, Italiano, Español, Árabe), debe escribir la referencia en escritura romana y no en cualquiera de los idiomas oficiales.

Ficha Técnica

Cada Artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Originalidad del Autor y Coautores

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Aceptación del Autor y Coautores

Reserva a la Política Editorial

Revista de Innovación Sistemática se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar los Artículos a la Política Editorial del Research Journal. Una vez aceptado el Artículo en su versión final, el Research Journal enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN® únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación del Artículo.

Código de Ética – Buenas Prácticas y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Declaración de Originalidad y carácter inédito del Artículo, de Autoría, sobre la obtención de datos e interpretación de resultados, Agradecimientos, Conflicto de intereses, Cesión de derechos y distribución

La Dirección de ECORFAN-México, S.C reivindica a los Autores de Artículos que su contenido debe ser original, inédito y de contenido Científico, Tecnológico y de Innovación para someterlo a evaluación.

Los Autores firmantes del Artículo deben ser los mismos que han contribuido a su concepción, realización y desarrollo, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, su redacción y revisión. El Autor de correspondencia del Artículo propuesto requisitara el formulario que sigue a continuación.

Título del Artículo:

- El envío de un Artículo a Revista de Innovación Sistemática emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
- Ninguno de los datos presentados en este Artículo ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
- Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en el Artículo, así como las teorías y los datos procedentes de otros Artículos previamente publicados.
- Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Taiwan considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de este Artículo se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en el Artículo.

Copyright y Acceso

La publicación de este Artículo supone la cesión del copyright a ECORFAN-México, S.C en su Holding Taiwan para su Revista de Innovación Sistemática, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada del Artículo y la puesta a disposición del Artículo en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título del Artículo:

Nombre y apellidos del Autor de contacto y de los Coautores	Firma
1.	
2.	
3.	
4.	

Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Responsabilidades del Editor

El Editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los Árbitros la identidad de los Autores, tampoco podrá revelar la identidad de los Árbitros en ningún momento.

El Editor asume la responsabilidad de informar debidamente al Autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del arbitraje a Doble Ciego.

El Editor debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los Autores.

El Editor y su equipo de edición de los Holdings de ECORFAN® no divulgarán ninguna información sobre Artículos enviado a cualquier persona que no sea el Autor correspondiente.

El Editor debe tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de arbitraje por pares justa.

Responsabilidades del Consejo Editorial

La descripción de los procesos de revisión por pares es dado a conocer por el Consejo Editorial con el fin de que los Autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación y estará siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación. En caso de Detección de Plagio al Artículo el Comité notifica a los Autores por Violación al Derecho de Autoría Científica, Tecnológica y de Innovación.

Responsabilidades del Comité Arbitral

Los Árbitros se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los Autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de los Artículos. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con los Artículos que evalúan.

Cualquier manuscrito recibido para su arbitraje debe ser tratado como documento confidencial, no se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del Editor.

Los Árbitros se deben conducir de manera objetiva, toda crítica personal al Autor es inapropiada.

Los Árbitros deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos que contribuyan al que hacer Científico, Tecnológica y de Innovación del Autor.

Los Árbitros no deben evaluar los manuscritos en los que tienen conflictos de intereses y que se hayan notificado al Editor antes de someter el Artículo a evaluación.

Responsabilidades de los Autores

Los Autores deben garantizar que sus Artículos son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética.

Los Autores deben garantizar no han sido previamente publicados o que no estén siendo considerados en otra publicación seriada.

Los Autores deben seguir estrictamente las normas para la publicación de Artículos definidas por el Consejo Editorial.

Los Autores deben considerar que el plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable, en consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.

Los Autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza del Artículo presentado a arbitraje.

Servicios de Información

Indización - Bases y Repositorios

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

REDIB (Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico- CSIC)

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

Servicios Editoriales

Identificación de Citación e Índice H

Administración del Formato de Originalidad y Autorización

Testeo de Artículo con PLAGSCAN

Evaluación de Artículo

Emisión de Certificado de Arbitraje

Edición de Artículo

Maquetación Web

Indización y Repositorio

Traducción

Publicación de Obra

Certificado de Obra

Facturación por Servicio de Edición

Política Editorial y Administración

69 Calle Distrito YongHe, Zhongxin. Taipei-Taiwán. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: contact@ecorfan.org www.ecorfan.org

ECORFAN®

Editor en Jefe

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. MsC

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Publicidad y Patrocinio

(ECORFAN® Taiwan), sponsorships@ecorfan.org

Licencias del Sitio

03-2010-032610094200-01-Para material impreso, 03-2010-031613323600-01-Para material electrónico, 03-2010-032610105200-01-Para material fotográfico, 03-2010-032610115700-14-Para Compilación de Datos, 04 -2010-031613323600-01-Para su página Web, 19502-Para la Indización Iberoamericana y del Caribe, 20-281 HB9-Para la Indización en América Latina en Ciencias Sociales y Humanidades, 671-Para la Indización en Revistas Científicas Electrónicas España y América Latina, 7045008-Para su divulgación y edición en el Ministerio de Educación y Cultura-España, 25409-Para su repositorio en la Biblioteca Universitaria-Madrid, 16258-Para su indexación en Dialnet, 20589-Para Indización en el Directorio en los países de Iberoamérica y el Caribe, 15048-Para el registro internacional de Congresos y Coloquios. financingprograms@ecorfan.org

Oficinas de Gestión

69 Calle Distrito YongHe, Zhongxin. Taipei-Taiwán.

Revista de Innovación Sistemática

“Análisis de las irreversibilidades en un proceso de paro y arranque en un sistema de refrigeración con R-134a”

RANGEL-ROMERO, Carlos, ROJAS-GARNICA, Juan Carlos, FLORES-MARTÍNEZ, Guillermo y BARCELATA-PINZÓN, Antonio

Universidad Tecnológica de Puebla

“Estrategias bioclimáticas para el diseño de edificios vinícolas”

JIMÉNEZ-LÓPEZ, Verónica, LUNA-LEÓN, Anibal, BENNI, Stefano y BOJÓRQUEZ-MORALES, Gonzalo

Universidad Xochicalco

“Instrumentación electrónica de una estación meteorológica automática”

ROMERO-RODRÍGUEZ, Gabriel, HUESCA-LAZCANO, Erick Eduardo, FLORES-RAMÍREZ, Óscar y MARTÍNEZ-ÁNGELES, Jorge Rafael

Universidad Politécnica de Amozoc

“Caracterización comparativa de biopolímeros de almidón extraídos de cereales mediante dos técnicas diferentes”

RIVERA-ARREDONDO, Marisa, RODRÍGUEZ-ÁNGELES, Mario Alberto, MORALES-FÉLIX, Verónica de Jesús y GAYTÁN-RUELAS, Marina

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato

Universidad Politécnica de Juventino Rosas

