

Control de Actitud de Gradiente Limitado de un Cuadricóptero

¹J. K. Gomez-Gomez, J. Díaz-Téllez,
J. Estévez-Carreón, M. A. Rosales-Carreón

Abstract. Este trabajo aborda el problema del control de actitud de un VTOL Quadrotor UAV. El modelo matemático del UAV ha añadido perturbaciones endógenas y exógenas. Además, se ha añadido la modelización de la pérdida de eficiencia en los actuadores, el ruido y el sesgo a través de un multiplicativo variable en el tiempo, y los fallos aditivos de los actuadores. Se diseña una metodología de control basada en el gradiente de energía potencial de la aeronave mediante una función de Lyapunov. A través de esta metodología de control, se pueden diseñar diferentes algoritmos de control. Las acciones de control están acotadas y se demuestra la estabilidad asintótica global. Las simulaciones numéricas demuestran la eficacia de la ley de control propuesta.

Keywords: Cuadricóptero, Bounded, Gradiente, Actitud, Control.

Introducción

Hoy en día los cuadricópteros han cobrado importancia cuando se habla de investigación en robótica aérea. Los cuadricópteros se han introducido en el mercado con gran popularidad en la comunidad civil y científica debido al coste, la facilidad de uso, la maniobrabilidad, el vuelo estacionario, el tamaño, el piloto automático de código abierto, la sencillez de constitución y las aplicaciones. Sin embargo, la capacidad de carga útil y el tiempo de resistencia se ven comprometidos. Podemos encontrar una gran variedad de aplicaciones, como servicios de entrega, inspección, vigilancia, fotografía aérea, ayuda en caso de catástrofe, control de la contaminación, rescate y búsqueda, por nombrar algunas. Un gran número de estas aplicaciones requiere un enfoque particular para los objetivos y el entorno de la investigación. El control para este tipo de robots representa un gran desafío, ya que son sistemas autónomos, multivariados, no lineales, variables en el tiempo y están sujetos a incertidumbres. Los cuadricópteros pueden ser controlados de forma autónoma por un piloto automático, por ordenadores de acompañamiento o por una estación de tierra. Dependiendo del modo de vuelo (automático, manual), se desarrollan algoritmos como la navegación, los comandos, el control de posición, el control de actitud y el control de asignación. Se han presentado muchas estrategias de control de modos diferentes, las primeras investigaciones desarrolladas en este tema se centran en el control de actitud. El control de actitud se encarga de encontrar el torque deseado τ_d para que la aeronave converja a los ángulos de actitud deseados ϕ_d, θ_d, ψ_d . Este control es extremadamente importante para que los modos automáticos funcionen, ya que evita que la aeronave se estrelle, vuelque o gire. Se han utilizado diferentes tipos de controladores, como el proporcional-derivativo en [1],[2],[3], retroalimentación lineal en [5], proporcional más diferenciador de segundo orden PD^2 en [4] o incluso la función de saturación anidada en [6]. Los trabajos que citamos anteriormente suelen tener algunas de estas suposiciones: ángulos pequeños, ausencia de perturbaciones externas, conocimiento de la inercia/masa del sistema, desprecio de los efectos giroscópicos o de los pares de fricción aerodinámicos generados por la aeronave y los rotores. Este tipo de control lineal invariante en el tiempo (LTI) se limita a una pequeña región del espacio de estados; las condiciones alejadas de la posición de equilibrio o las perturbaciones externas y las incertidumbres paramétricas pueden deteriorar el rendimiento del sistema. Se han diseñado controladores robustos basados en observadores o compensadores para eliminar o atenuar las perturbaciones externas. En [14] se ha propuesto un controlador robusto de actitud LQR de tres grados de libertad en tres partes: un controlador nominal feed-forward, un controlador nominal de regulación lineal cuadrática (LQR) y un compensador robusto, los mismos autores diseñaron un control robusto de actitud no lineal basado en un modelo no lineal con la representación de cuaterniones, sujeto a incertidumbres, no linealidades y perturbaciones externas para cuadricópteros [8]. Más recientemente, en [13] se diseñó un novedoso sistema basado en cuaterniones con un observador de perturbaciones (DOB) para realizar maniobras de actitud agresivas en presencia de altas perturbaciones. En [9] Se propone un control de seguimiento de trayectoria en actitud parametrizado en cuaterniones y un control de asignación para maniobras de vuelo agresivas. La dinámica del sistema se puede dividir en dos subsistemas, la dinámica rotacional, y la dinámica traslacional. El subsistema de rotación no depende del subsistema de traslación, sin embargo, el subsistema de traslación depende del subsistema de rotación. El control de vuelo de bajo nivel se llama control de orientación, es el que estabiliza el subsistema de rotación y permite mantener el vehículo en la posición deseada, además de evitar el volteo o choque[7]. Este artículo presenta una metodología para abordar el problema de la orientación en un cuadricóptero, el algoritmo de control se basa en la energía potencial de la aeronave, la demostración de la estabilidad asintótica del punto de equilibrio a través de Lyapunov se realiza a través de una función de energía, que se compone de la energía cinética y

¹ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Puebla, Faculty of Electrical-Electronics Engineering, Puebla, Puebla, México juan.diaz@puebla.tecnm.mx

potencial de la aeronave. Utilizando el principio de invariancia de Lasalle, se demuestra la estabilidad asintótica del punto de equilibrio de forma global. A partir de la metodología propuesta, se diseña una ley de control con acciones acotadas, que tiene en cuenta los límites físicos de los actuadores. Este trabajo está estructurado de la siguiente manera. En la sección II se presenta el modelo matemático del cuadricóptero, sujeto a una perturbación externa modelada como una perturbación de tiempo variable.

Además, se modelan la pérdida de eficiencia en los actuadores, el ruido y el sesgo a través de un multiplicativo variable en el tiempo, y los fallos aditivos de los actuadores se han añadido. Sección III Se diseña una metodología de control basada en el gradiente de energía potencial de la aeronave mediante una función de Lyapunov. Se demuestra la estabilidad del punto de equilibrio mediante Lyapunov. La sección IV presenta las simulaciones numéricas realizadas para validar el algoritmo propuesto. Finalmente, la sección V presenta las conclusiones y el trabajo futuro.

Modelo Dinámico del Quadrotor

Esta sección desarrolla el modelo basado en las leyes físicas que describen la posición y la orientación del cuadricóptero. El modelo dinámico se presenta bajo el modelo matemático de Newton Euler. Para obtenerlo suponemos que el vehículo es un cuerpo rígido en el espacio, y se adjunta un principio se hacen algunas suposiciones para simplificar el modelo de cuerpo rígido.

- El multicoptero es un cuerpo rígido.
- La estructura se supone simétrica.
- El CdG y el σ_b se supone que coinciden.

fuerza llamada empuje y tres trascendentales o pares.

El cuadricóptero es un vehículo aéreo cuya fuente de sustentación y propulsión son los cuatro rotores situados en el mismo plano espacial. La disposición de los rotores es en forma simétrica y equidistante al centro del vehículo, la disposición de los rotores son en forma simétrica y equidistante al centro del vehículo, teniendo comúnmente una forma de cruz, como se muestra en la Fig. 1

Los motores 1 y 3 giran en sentido contrario a las agujas del reloj, y los motores 2 y 4 giran en sentido de las agujas del reloj, esto hace que el momento lineal aportado por la rotación de las hélices se compense, evitando una rotación constante e indeseada sobre su centro de masa. Si variamos la velocidad de los motores en la misma medida se producirá una fuerza vertical, llamada empuje, que permite el despegue y aterrizaje vertical. El par para generar un movimiento de balanceo (ángulo de balanceo) se realiza aumentando la velocidad del motor 2 y disminuyendo la velocidad del motor 4, este movimiento también genera un desplazamiento en el eje Y. El par para generar un movimiento de cabeceo (ángulo de cabeceo) se realiza aumentando la velocidad del motor 1 y disminuyendo la velocidad del motor 3, este movimiento también genera un desplazamiento en el eje x. El movimiento de guiñada (ángulo de guiñada) se realiza por la diferencia de par entre cada par de motores es decir, los dos motores se incrementan en el sentido de las agujas del reloj mientras que los motores se frenan en sentido contrario a las agujas del reloj. Se han definido dos sistemas de coordenadas, las coordenadas inerciales fijadas a la tierra denotadas por $\mathbf{E} = \{O_E, X_E, Y_E, Z_E\}$, y sistema de coordenadas fijas del cuerpo, en este

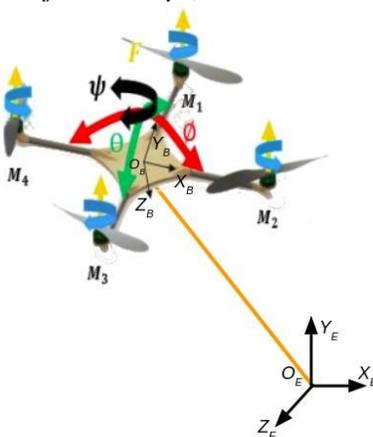


Fig.1: Configuración del cuadricóptero y sistema de coordenadas inerciales y coordenadas fijas del cuerpo. caso al cuadricóptero, detonado por $\mathbf{B} = \{O_E, X_E, Y_E, Z_E\}$, ver Fig.1.

La posición del centro de la masa en el UAV viene dada por el vector $\zeta = [X \ Y \ Z]^T$ y se define en el sistema de coordenadas inerciales. La rotación de un cuerpo rígido en el espacio se realiza mediante tres rotaciones sucesivas alrededor de los ejes del sistema móvil en el que están definidos. La matriz de rotación completa viene dada por 1,

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} c_\psi c_\theta & c_\phi s_\theta s_\phi - s_\psi c_\phi & c_\psi s_\theta c_\phi + s_\psi s_\phi \\ c_\theta c_\psi & s_\phi s_\theta s_\phi + c_\psi c_\phi & s_\psi s_\theta c_\phi - c_\psi s_\phi \\ -s_\theta & s_\phi c_\theta & c_\psi c_\theta \end{bmatrix} \quad (1)$$

En este artículo se ha utilizado la siguiente nomenclatura: $c_K = \cos K$, $s_K = \sin K$, $t_K = \tan K$. La velocidad lineal del cuadricóptero definida en el sistema de coordenadas fijadas al cuerpo dado por $V = [u_o \ v_o \ w_o]$, puede relacionarse con la derivada con respecto al tiempo de la posición ζ , como se muestra en 2

$$\dot{\zeta} = \mathbf{R} \cdot V. \quad (2)$$

La ecuación (3) relaciona la velocidad angular definida en el sistema de coordenadas fijas del cuerpo, denotada por $\omega = [p_o \ q_o \ r_o]$, con la derivada con respecto al tiempo de la posición angular, donde $\eta = [\Phi \ \Theta \ \Psi]$ representa la posición angular definida en el marco inercial.

$$\dot{\eta} = \mathbf{L}(\eta) \cdot \omega. \quad (3)$$

Donde $\mathbf{L}(\eta)$ es una matriz que se obtiene relacionando la derivada de la matriz ortonormal con alguna matriz simétrica sesgada [10], ver ecuación (4)

$$\mathbf{L}(\eta) = \begin{bmatrix} 1 & s_\phi t_\theta & c_\phi t_\theta \\ 0 & c_\theta & -s_\psi \\ 0 & s_\phi/c_\theta & c_\phi/c_\theta \end{bmatrix} \quad (4)$$

La cinemática del cuadricóptero está representada por ecuaciones (2) y (3), que describen el movimiento de traslación y rotación respectivamente, estas ecuaciones pueden escribirse en una matriz, como se muestra en (5).

$$\begin{bmatrix} \mathbf{R} & \mathbf{0}_{3 \times 3} \\ \mathbf{0}_{3 \times 3} & \mathbf{L}(\eta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V \\ \omega \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{\zeta} \\ \dot{\eta} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Donde $\mathbf{0}_{3 \times 3}$, es una matriz neutra de 3 X 3. La dinámica de un cuerpo rígido bajo fuerzas externas aplicadas en su centro de masa y expresadas en el sistema de referencia fijo del cuerpo está dada por la ecuación (6), como muestra en [10].

$$\begin{bmatrix} mI_{3 \times 3} & \mathbf{0}_{3 \times 3} \\ \mathbf{0}_{3 \times 3} & J(\eta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{V} \\ \dot{\omega} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \omega \times mV \\ \omega \times J\omega \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F \\ \tau \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Donde el símbolo \times denota el producto cruzado, $J = \text{diag} \{I_{xx}, I_{yy}, I_{zz}\}$, es una matriz diagonal inercial, $I_{3 \times 3}$ es una matriz identidad de 3×3 , F y τ son la suma de todas fuerzas y pares externos aplicados al cuadricóptero. Podemos reescribir las ecuaciones (5) y (6) en variables de estado como se muestra en (7).

$$\begin{cases} \dot{\zeta} = v \\ m\dot{v} = R \cdot F \\ \dot{\eta} = \mathbf{L}(\eta) \cdot \omega \\ J\dot{\omega} = -\omega \times J\omega + \tau + \zeta(t) \end{cases} \quad (7)$$

donde $\zeta(t)$ es una perturbación externa, que se describe mediante la siguiente ecuación

$$\zeta(t) = \begin{bmatrix} \sin(100\pi t) \cos(33.6\pi t) \\ -\sin(100\pi t + 0.3) \sin(33.6\pi t) \\ 0.5 \sin(100\pi t) \sin(20\pi t) \end{bmatrix} \quad (8)$$

La suma de todas las fuerzas que consisten principalmente en el peso propio de la aeronave, las fuerzas aerodinámicas y el empuje se expresa en (8). La suma de todos los pares externos desarrollados por los cuatro motores se expresa en (9).

$$R \cdot F = -mg \cdot E_3 + \Gamma + A_T. \quad (9)$$

$$\tau = (1 - \epsilon)\tau_o + \tau_\zeta(t). \quad (10)$$

Donde τ_o es el par de salida debido a una pérdida de eficiencia en el rotor, sesgos, fricción, etc. ϵ representa el factor de eficiencia, $\tau_{zeta}(t)$ es el ruido generado en los actuadores. Se ha modelado con la siguiente ecuación,

$$\tau_\zeta(t) = -0.2\cos 2\pi ft + \Delta \quad (11)$$

donde f es la frecuencia igual a 100Hz y Δ es la fase igual a 23°. Estos pares de control se muestran en (11).

$$\Gamma = (\sum_{i=1}^4 b\Omega_i^2). \quad (12)$$

$$\tau_a = \begin{bmatrix} \tau_\phi \\ \tau_\theta \\ \tau_\psi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} lb(\Omega_2^2 - \Omega_4^2) \\ lb(\Omega_3^2 - \Omega_1^2) \\ d(\Omega_1^2 + \Omega_3^2 - \Omega_2^2 - \Omega_4^2) \end{bmatrix} \quad (13)$$

Acciones de control limitado

Motivado por el problema práctico de mantener la acción de control acotada dentro de ciertos límites determinados por los pares máximos disponibles en los actuadores, se ha considerado el control con acciones acotadas. El control con acciones acotadas está sujeto a la siguiente restricción:

$$\tau_i \leq \tau_{imax} \quad (14)$$

Si estas limitaciones no se tienen en cuenta en el diseño de la ley de control, pueden crear inestabilidad, degradar su rendimiento, crear efectos térmicos y fallos mecánicos. Para la simulación de la ley de control, los parámetros que se muestran en la Tabla 1.

Table 1: Parámetros de la aeronave.

Descripción	Símbolo	Valor	Unidades
Masa del UAV	m	1.54	Kg
Empuje	f_i	8.513	N
Velocidad angular	Ω_i	796	$rad \ s^{-1}$
Longitud	l	0.28	m
Factor de empuje	b	1.38×10^{-5}	$N \ rad^{-2}$
Factor de arrastre	d	2.56×10^{-6}	$N \ m \ rad^{-2}$
Inercia X axis	I_{xx}	9.63×10^{-3}	$Kg \cdot m^2$
Inercia Y axis	I_{yy}	9.63×10^{-3}	$Kg \cdot m^2$
Inercia Z axis	I_{zz}	12.71×10^{-3}	$Kg \cdot m^2$

Los pares máximos se dan en (32),

$$\tau_{\phi, \theta} = 2N \cdot m \quad \tau_\psi = 1.5N \cdot m \quad (15)$$

El empuje máximo se da en (34),

$$\Gamma_{max} = (Xb\Omega i^2) = 30N \quad (16)$$

$$i=1$$

Donde Γ^{max} es el empuje máximo dado por la suma de los pares de cada uno de los 4 motores.

Para abordar esta metodología, se han realizado algunas simplificaciones, ya que el modelo matemático es lo suficientemente preciso para representar todos los movimientos [11], sin embargo, depende de fuerzas y momentos aerodinámicos, que son desconocidos en presencia de vientos y turbulencias imprevisibles, términos como A_T y A_R que dependen de la densidad del aire serán despreciados durante la fase de diseño del control, y serán considerados como perturbaciones externas, los efectos giroscópicos como J_R se consideran desconocidos ya que no se tiene acceso a las velocidades del motor. Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, se muestran en (12) las ecuaciones que describen el subsistema de rotación.

$$\begin{cases} \dot{\phi} = p_o + q_o s_{\phi} t_{\theta} + r_o c_{\phi} t_{\theta} \\ \dot{\theta} = q_o c_{\phi} - r_o s_{\phi} \\ \dot{\psi} = q_o s_{\phi} s c_{\theta} + r_o c_{\phi} s c_{\theta} \\ \dot{p} = \frac{I_{YY} - I_{XX}}{I_{XX}} q_o r_o + \frac{\tau_{\phi}}{I_{XX}} \\ \dot{q} = \frac{I_{ZZ} - I_{XX}}{I_{YY}} p_o r_o + \frac{\tau_{\theta}}{I_{YY}} \\ \dot{r} = \frac{I_{ZZ} - I_{XX}}{I_{YY}} p_o q_o + \frac{\tau_{\psi}}{I_{YY}} \end{cases} \quad (17)$$

A partir de la ecuación (12), se reescriben las ecuaciones sin tener en cuenta la cinemática, como se muestra en (13).

$$M_B \dot{\omega} + C(\omega)\omega = \tau_a \quad (18)$$

donde M_B es una matriz inercial diagonal constante dada por (14).

$$M_B = \begin{bmatrix} I_{XX} & 0 & 0 \\ 0 & I_{YY} & 0 \\ 0 & 0 & I_{ZZ} \end{bmatrix} \quad (19)$$

$C(\omega)$ es una matriz antisimétrica, que viene dada por (15).

$$C(\omega) = \begin{bmatrix} 0 & I_{ZZ}r_o & -I_{YY}q_o \\ -I_{ZZ}r_o & 0 & I_{XX}p_o \\ I_{YY}q_o & -I_{XX}p_o & 0 \end{bmatrix} \quad (20)$$

Definiendo $\omega = \dot{q}$, donde q lo definimos como la posición angular dada en el sistema de referencia fijado al cuerpo, sustituyendo en la ecuación (13) obtenemos

$$M_B \ddot{q} + C(q)\dot{q} = \tau_a \quad (21)$$

Consideremos la siguiente ley de control dada por (34),

$$\tau_a = K_p \text{atan}(A\tilde{q}) - K_v \text{atan}(Y\dot{q}), \quad (22)$$

Donde $\Delta U_a(K_p, \tilde{q}) = K_p \text{atan}(A\tilde{q})$, $f_v(K_v, \dot{q}) = K_v \text{atan}(Y\dot{q})$, $K_p = \text{diag}\{0,016,0,016,0,016\}$ y $A = \text{diag}\{5,4,5\}$ Son ganancias diagonales definidas positivas y representan la función pendiente.} La ecuación de lazo cerrado formada por el modelo del sistema de rotación y el control de arco tangente definido en (34), viene dada como se muestra en (35).

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \tilde{q} \\ \dot{\tilde{q}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\dot{\tilde{q}} \\ M_B^{-1} [K_p \text{atan}(\Lambda \tilde{q}) - K_v \text{atan}(\Upsilon \dot{\tilde{q}})] - C(\dot{\tilde{q}}) \dot{\tilde{q}} \end{bmatrix}. \quad (23)$$

Como se muestra en la sección anterior, el punto de equilibrio es único $[q^T \dot{q}^T]^T = [0^T 0^T]^T$. La función de Lyapunov viene dada por la ecuación (36).

$$V(\tilde{q}, \dot{\tilde{q}}) = \frac{1}{2} \dot{\tilde{q}}^T M_B \dot{\tilde{q}} + U_a(K_p, \tilde{q}).$$

Donde $U_a(K_p, \tilde{q}) = \left[\sqrt{\tilde{q} \text{atan}(\Lambda \tilde{q}) - \frac{1}{2} \ln[1 + \tilde{q}^2]} \right]^T$.

$$K_p \Lambda^{-1} \sqrt{\tilde{q} \text{atan}(\Lambda \tilde{q}) - \frac{1}{2} \ln[1 + \tilde{q}^2]} \quad (24)$$

La derivada temporal de la función (36) es:

$$\dot{V}(q, \dot{q}) = \dot{q}^T M_B \ddot{q} - \text{atan}(\Lambda \tilde{q}) K_p \dot{q} \quad (25)$$

$$= -\dot{q}^T K_v \text{atan}(\Upsilon \dot{q}) \leq 0 \quad (26)$$

La estabilidad asintótica global se obtiene aplicando el teorema de Lasalle, como se hizo en el apartado anterior. la posición angular del sistema de coordenadas fijado al cuerpo q , sin embargo, como se quiere controlar la posición angular η del marco inercial, la ecuación (34) se multiplicada por el jacobiano $L(\eta)$ transpuesto.

Simulación

Se han establecido dos escenarios. El primer escenario consiste en probar la capacidad de estabilizar el sistema en el origen con condiciones iniciales alejadas de la posición de equilibrio. La Fig. 2 y la Fig. 3 muestran la evolución de las variables de estado bajo las condiciones iniciales: 60, -20, 15 grados. Se consigue un tiempo de estabilización de 0,7 segundos. Las restricciones en la señal de control τ se satisfacen ver la Fig. 4. El segundo escenario es la regulación de la posición angular deseada. De la misma manera, las referencias deseadas ϕ_d, θ_d, ψ_d se proponen como 60, -20, 15 grados. La Fig. 7 y la Fig. 6 muestran la evolución de las variables de estado, se consigue un tiempo de asentamiento de 0,8 segundos. Las restricciones en la señal de control τ se satisfacen ver la Fig. 7. Como se ha verificado en la simulación, el algoritmo de control es robusto frente a perturbaciones exógenas, fallos de par (ruidos, sesgos, fricciones) y dinámicas no modeladas. Presenta una respuesta suave sin sobre alargamiento con un tiempo de asentamiento favorable y no tiene error en estado estacionario a diferencia de otros algoritmos donde presenta una mayor oscilación y produce una alta velocidad angular. Además, el diseño del control tiene en cuenta la posible saturación del error y limita los ángulos permitidos, para esta aplicación los ángulos se restringieron a $\pm \frac{\pi}{2}$. También es fácil de implementar en un sistema embebido con baja potencia de cálculo.

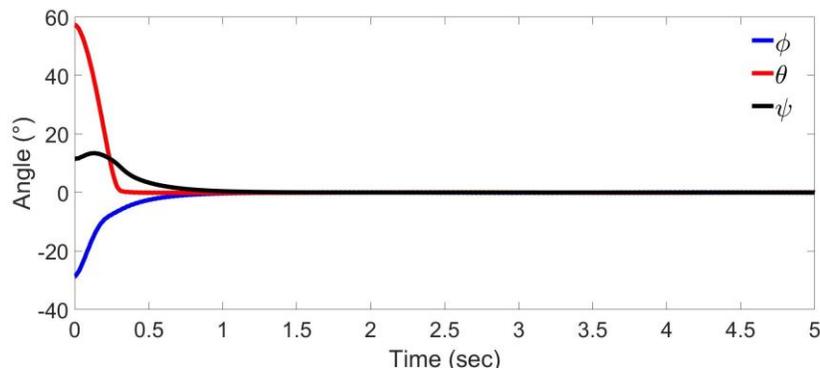


Fig.2: Primer escenario: Convergencia de los ángulos de roll, pitch y yaw al origen, con condiciones iniciales $\phi = -60^\circ, \theta = -20^\circ, \psi = 15^\circ$.

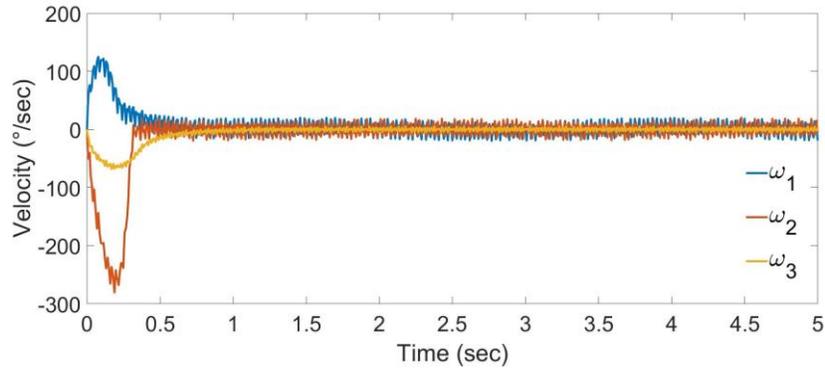


Fig.3: Primer escenario: Evolución de la velocidad angular.

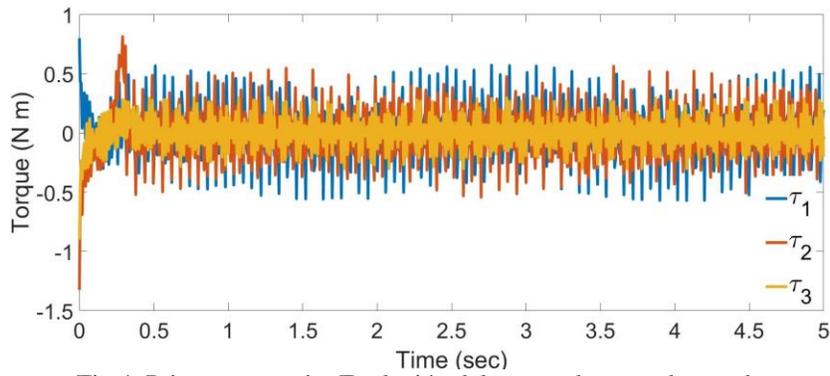


Fig.4: Primer escenario: Evolución del torque de control acotado.

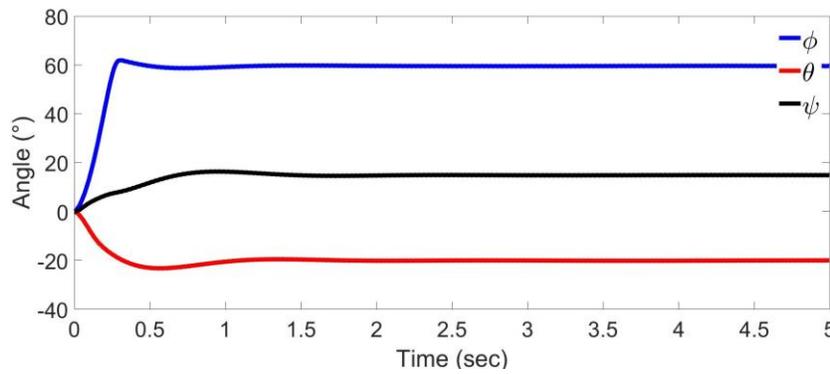


Fig.5: Segundo escenario: Regulación de los ángulos de roll, pitch y yaw. $\phi_d = -60^\circ$, $\theta_d = -20^\circ$, $\psi_d = 15^\circ$.

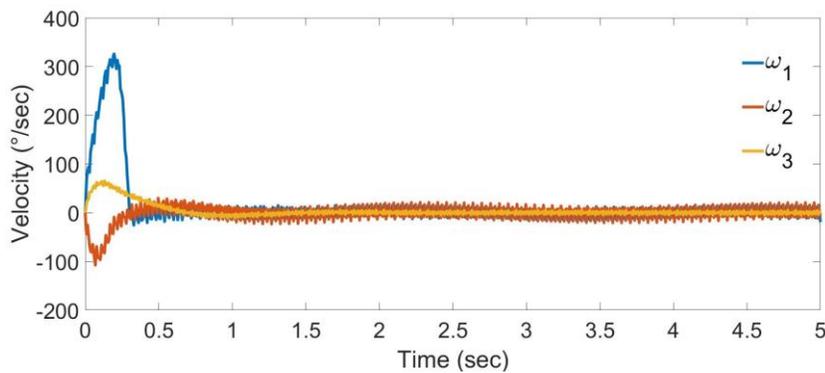


Fig.6: Segundo escenario: Evolución de la velocidad angular.

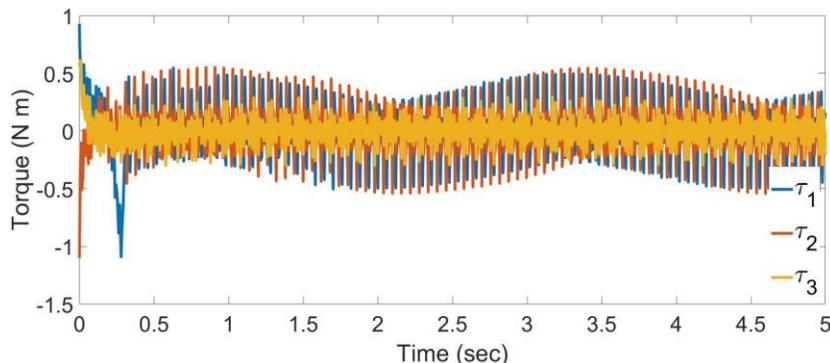


Fig.7: Segundo escenario: Evolución del torque de control acotado.

Conclusiones

En este trabajo se ha presentado una metodología basada en el gradiente de energía potencial como función de Lyapunov, que permite crear una familia de algoritmos de control. Es posible demostrar la estabilidad asintótica del sistema en lazo cerrado y las acciones de control son limitadas. La multiplicación jacobiana transpuesta de la orientación se incorpora al algoritmo de control para mejorar la respuesta y el rechazo de las perturbaciones externas. Un análisis de los diferentes algoritmos que surgen de la metodología está fuera del alcance de este trabajo. En futuros trabajos se abordará el problema del control de la trayectoria añadiendo un observador de estado ampliado y se parametrizará la orientación mediante cuaterniones.

References

1. S. Bouabdallah, A. Noth and R. Siegwart, "PID vs LQ control techniques applied to an indoor micro quadrotor," 2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) (IEEE Cat. No.04CH37566), 2004, pp. 2451-2456 vol.3, doi: 10.1109/IROS.2004.1389776.
2. Hoffmann, Gabriel and Huang, Haomiao Waslander, Steven Tomlin, Claire. (2007). Quadrotor Helicopter Flight Dynamics and Control: Theory and Experiment. 10.2514/6.2007-6461.
3. B. Erginer and E. Altug, "Modeling and PD Control of a Quadrotor VTOL Vehicle," 2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 2007, pp. 894-899, doi: 10.1109/IVS.2007.4290230.
4. A. Tayebi and S. McGilvray, "Attitude stabilization of a VTOL quadrotor aircraft," in IEEE Transactions on Control Systems Technology, vol. 14, no. 3, pp. 562-571, May 2006, doi: 10.1109/TCST.2006.872519.
5. A. Benallegue, A. Mokhtari and L. Fridman, "Feedback linearization and high order sliding mode observer for a quadrotor UAV," International Workshop on Variable Structure Systems, 2006. VSS'06., 2006, pp. 365-372, doi: 10.1109/VSS.2006.1644545
6. Fermi Guerrero-Castellanos, Nicolas Marchand, Ahmad Hably, Suzanne Lasaco, Jérôme Delamare. Bounded attitude control of rigid bodies: Real-time experimentation to a quadrotor mini-helicopter. Control Engineering Practice, Elsevier, 2011, 19 (8), pp.790-797.
7. A. Tayebi and S. McGilvray, "Attitude stabilization of a four-rotor aerial robot," 2004 43rd IEEE Conference on Decision and Control (CDC) (IEEE Cat. No.04CH37601), 2004, pp. 1216-1221 Vol.2, doi: 10.1109/CDC.2004.1430207.
8. H. Liu, X. Wang and Y. Zhong, "Quaternion-Based Robust Attitude Control for Uncertain Robotic Quadrotors," in IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 11, no. 2, pp. 406-415, April 2015, doi: 10.1109/TII.2015.2397878.
9. D. Brescianini and R. D'Andrea, "Tilt-Prioritized Quadcopter Attitude Control," in IEEE Transactions on Control Systems Technology, vol. 28, no. 2, pp. 376-387, March 2020, doi: 10.1109/TCST.2018.2873224.
10. C. G. Mayhew, R. G. Sanfelice and A. R. Teal, "Quaternion-Based Hybrid Control for Robust Global Attitude Tracking," in IEEE Transactions on Automatic Control, vol. 56, no. 11, pp. 2555-2566, Nov. 2011, doi: 10.1109/TAC.2011.2108490.
11. L. Wang and J. Su, "Robust Disturbance Rejection Control for Attitude Tracking of an Aircraft," in IEEE Transactions on Control Systems Technology, vol. 23, no. 6, pp. 2361-2368, Nov. 2015, doi: 10.1109/TCST.2015.2398811.

Hacia un Modelo de Cultura de Inocuidad Alimentaria para la Mejora de Procesos

Ing. Kayra Jazmín González Leija¹, Dra. Elvira Rolón Aguilar²,
Dra. Rocío del Carmen Vargas Castilleja³ y Dr. Julio César Rolón Aguilar⁴

Resumen—Una cultura de seguridad alimentaria se basa en un conjunto de valores compartidos que operarios y personal siguen para producir alimentos de la manera más segura. Mantenerla significa que todos los miembros conocen los riesgos asociados y la importancia de gestionarlos de forma demostrable. Se utilizan las metodologías de diseño educativo para el análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación-ADDIE y el modelo ACC-Antecedentes, comportamientos, consecuencias para el desarrollo de programas de reconocimiento que apoyen en la guía de comportamientos deseados con el personal. Se espera obtener una metodología sistemática para implementar estrategias, aplicando nuevos modelos de cultura en organizaciones de giro alimenticio.

Palabras clave—Inocuidad alimentaria, Modelo ADDIE, Modelo ACC.

Introducción

En una organización con una buena cultura de seguridad alimentaria, se espera que las personas implementen prácticas que representen el sistema de valores compartidos y señalen dónde pueden fallar otros. Mediante el uso de una variedad de herramientas, consecuencias e incentivos, las empresas pueden demostrar a su personal y clientes que conocen los problemas actuales de inocuidad alimentaria, que pueden aprender de los errores de otros y que la inocuidad alimentaria es importante dentro de la organización. (Powell et al., 2011).

Conocer los aspectos que rodean la cultura y sus transformaciones con el paso del tiempo, ayuda a obtener una mayor comprensión de los elementos que condicionan a la cultura en una realidad cambiante y compleja. La investigación sobre la cultura de la inocuidad de los alimentos (cultura FS) se está expandiendo desde una perspectiva organizacional para incluir las características del entorno interno (programa de inocuidad alimentaria, el riesgo del producto y la vulnerabilidad del sistema de producción de alimentos) y externo de la organización (valores nacionales, características de gobernanza de la inocuidad alimentaria) (Nyarugwe, Linnemann, Ren, et al., 2020). En particular, la gobernanza de la inocuidad de los alimentos y los valores nacionales parecen reflejarse en la forma en que se priorizó la inocuidad de los alimentos, se diseñaron e implementaron los programas de inocuidad de los alimentos. (Nyarugwe, Linnemann, & Luning, 2020).

El comportamiento humano está ligado con la toma de decisiones del personal, mismo que puede ser influenciado por el ambiente de seguridad alimentaria en la cual se encuentra la organización. Se busca que la metodología propuesta cambie la perspectiva del personal hacia un ambiente adecuado que sumando al sistema de gestión de inocuidad alimentaria resulte un producto inocuo. Un estudio reciente desarrolló un modelo que describe 4 etapas de madurez como componentes básicos: eficacia organizacional, normas de cultura organizacional, suposiciones aprendidas y compartidas de grupos de trabajo e intenciones y comportamientos individuales. (Jespersen et al., 2019).

Este tipo de clasificaciones consideran la importancia de la seguridad alimentaria y prácticas seguras durante la operación. Sin embargo, es necesario conocer métodos que permitan realizar evaluaciones en operaciones de servicio, de Boeck (2019) considera la triangulación de métodos como la interacción entre una ruta/aspecto tecno-gerencial y una ruta/aspecto humano, como un recurso para determinar evaluaciones. Se requiere la integración de herramientas de mejora continua tal como PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar), que permita la gestión de proyectos, busque orientar la calidad en los procesos y la toma de decisiones para la gestión de los recursos (Moyano-Hernández & Villamil Sandoval, 2021).

¹ La Ing. Kayra Jazmín González Leija es Estudiante de la Maestría en Administración Industrial en la Facultad de Ingeniería Tampico de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, México. a2213338006@alumnos.uat.edu.mx

² La Dra. Elvira Rolón Aguilar es Profesor- Investigador en la Facultad de Ingeniería Tampico de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, México. erolon@docentes.uat.edu.mx

³ La Dra. Rocío del Carmen Vargas Castilleja es Profesor- Investigador en la Facultad de Ingeniería Tampico de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, México. rocvargas@docentes.uat.edu.mx

⁴ El Dr. Julio César Rolón Aguilar Profesor- Investigador en la Facultad de Ingeniería Tampico de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, México. jrolon@docentes.uat.edu.mx

El talento humano es esencial, ya que el mismo efectúa un adecuado manejo de los diferentes recursos que posee la empresa. Los individuos que pertenecen a la organización son los encargados de plantear y producir los bienes y servicios, además de establecer los capitales económicos, implantar las metas y tácticas corporativas. (Ocampo Ulloa et al., 2019)

Descripción del Método

En el presente trabajo se abarcan distintas metodologías para sustentar la ejecución de indicadores en las diferentes etapas de proceso. Se describirán metodologías de diseño educativo como ADDIE (análisis, diseño, desarrollo, implementación, y evaluación) y el modelo ACC (Antecedentes, comportamientos, consecuencias) para evaluar el comportamiento del empleado de tal manera que se puedan efectuar programas de reconocimiento que sirvan para guiar los comportamientos deseados por la organización.

El nuevo modelo DCIMP (Desarrollo de Cultura de Inocuidad para la Mejora de Procesos) se divide en dos etapas: 1. Evaluación y diagnóstico, 2. Aplicación de estrategias. Dentro de la primera etapa se realiza una encuesta de perspectiva que comprende a un grupo multidisciplinario en la organización, personal operativo, ingenieros de área, gerencias con la finalidad de ubicar un punto de partida de acuerdo con los datos obtenidos, abriendo paso a comenzar con el modelo ACC (Antecedentes, comportamientos, consecuencias) el cual se presenta a continuación:

Antecedente

Se define como aquel que existe antes del comportamiento y hace que la persona realice un acto. Se considera que el mejor predictor del comportamiento futuro de una persona es su conducta en el pasado. De aquí la importancia de conocer el historial laboral de los trabajadores para poder utilizar la información como antecedente en futuras acciones propias de los mismos. (Jiménez V.P & Flores A, 2008). Se pueden clasificar de la siguiente manera:

- La disposición de los grupos de trabajo.
- Las normas de cultura en la empresa.
- Presión por el tiempo destinado a cada una de las tareas.
- Condiciones de los equipos y herramientas.
- Condición de las advertencias (señalización, instrucciones, etc.)

Comportamiento

Entendiendo al comportamiento como el acto observable que alguien realiza, se enfoca a los comportamientos relacionados directamente con factores de riesgo.

Análisis de los comportamientos

El comportamiento de una persona puede observarse, por tanto, puede registrarse y acumularse registros de estas observaciones. Con estos datos es posible emplear a la estadística y hacerse inferencias de tendencias. Las actitudes y motivaciones no son observables, por lo cual no es viable tratar de cuantificarlos ya que es un valor subjetivo.

Inventario de comportamientos

Las etapas primarias para seleccionar los comportamientos son:

- Identificación. Consiste en extraer los comportamientos comenzando con informes de accidentes de la compañía no sin dejar de considerar otras fuentes de datos que se consideren pertinentes y que tengan relación con las actividades que se realizan.
- Definición. Determinar con atención cada comportamiento para poder estar en condiciones de dar una norma coherente a los observadores y diseñar una hoja de datos para crear un documento de trabajo de las definiciones.

El inventario de los comportamientos denota tres fines:

1. Muestra parámetros para los observadores, proporciona ideas claras de lo que deben observar.
2. Sirve como norma para saber si los comportamientos son de riesgo o no.
3. Es una herramienta para capacitar a los trabajadores en la organización.

Consecuencias.

Los comportamientos de las personas pueden ser influenciados por las propias consecuencias que generan. Cada acción se realiza esperando las consecuencias positivas o evitando en su caso aparezca un resultado desfavorable. El principio de la seguridad basada en los comportamientos, se hace uso en la gestión de la seguridad: los entrenamientos en seguridad (antecedentes), las medidas disciplinarias (consecuencias negativas a evitar), los incentivos por buena seguridad (consecuencias positivas), los premios (consecuencias positivas), todos ellos ejemplos del uso, mayoritariamente empírico, consciente o no del modelo.

Se considera que las consecuencias tendrán un efecto mayor sobre los comportamientos en dependencia del valor de sus tres atributos principales:

- Velocidad de aparición
- Probabilidad de aparición
- Significado para el individuo

De esta manera, una consecuencia inmediata, probable y positiva para la persona es la mejor combinación para influenciar que se refuerce el comportamiento buscado.

Una vez concluida la etapa de evaluación y diagnóstico se procede a crear las estrategias mediante el modelo ADDIE, que permitirá obtener un ciclo de mejora continua.

Método ADDIE

En el diseño de sistemas de instrucción utiliza un enfoque de sistemas. La esencia del enfoque de sistemas es dividir el proceso de planificación del aprendizaje en pasos, organizar los pasos en una secuencia lógica y usar el resultado de cada paso como entrada para el siguiente. (Cahyadi, 2019)

Etapas del Modelo ADDI. Análisis:

Se verifica la necesidad de elaborar material didáctico en objetivos de aprendizaje, tales como:

Análisis de desempeño: En esta etapa surgen los problemas básicos encontrados en el aprendizaje.

Análisis de personal: Basado en sus conocimientos, habilidades y desarrollo, tiene como objetivo determinar los distintos niveles de habilidades. En esta etapa se obtiene:

- 1) Características del personal con respecto al aprendizaje.
- 2) Conocimientos y habilidades que el personal ya tienen con respecto al aprendizaje.
- 3) Habilidades o competencias de pensamiento que el personal necesitan tener para aprender.
- 4) Formas de desarrollar materiales didácticos que necesita el personal para mejorar sus habilidades y competencias de pensamiento

Análisis de hechos, conceptos, principios y procedimientos de materiales de aprendizaje: Identificación de las partes principales del material que se enseñará y ordenará sistemáticamente. Este análisis puede utilizarse como base para formular objetivos de aprendizaje.

Análisis de los objetivos de aprendizaje: determina las habilidades o competencias que debe poseer el personal de la organización. Se deben obtener: 1) Objetivos de aprendizaje predeterminados, 2) Logro de los objetivos de aprendizaje.

Diseño

Incluye la planificación para el desarrollo del material didáctico a utilizar:

- 1) Preparación de materiales didácticos en aprendizaje contextual mediante el examen de competencias y competencias básicas, considerando conceptos, principios y procedimientos, distribución del tiempo de aprendizaje, indicadores e instrumentos de evaluación del personal.
- 2) Diseño de escenarios de aprendizaje o actividades de enseñanza.
- 3) Selección de competencias del material de enseñanza.
- 4) Planificación inicial de dispositivos de aprendizaje.
- 5) Diseño de materiales de aprendizaje y herramientas de evaluación.

Desarrollo

Actividades para crear y modificar materiales didácticos. Se materializa en forma de productos listos para ser implementados de acuerdo con el objetivo de producir, revisar y seleccionar las herramientas que se utilizarán para lograr los objetivos de aprendizaje que se han formulado.

Implementación

Implementación del diseño de las herramientas que se han desarrollado en situaciones reales. Las herramientas se entregan de acuerdo con el aprendizaje. Luego de su implementación en forma de actividades, se realiza una evaluación inicial para retroalimentar la implementación del desarrollo de herramientas. Los objetivos principales en el paso de implementación incluyen:

- 1) Guiar al personal para lograr los objetivos de aprendizaje
- 2) Garantizar la resolución de problemas que el personal enfrentó previamente en el proceso de aprendizaje.
- 3) Asegurar que al final del aprendizaje, las habilidades del personal aumenten.

Evaluación

La evaluación se lleva a cabo de dos formas, formativa y sumativa. Las evaluaciones formativas se realizan al final de cada encuentro presencial (semanal) mientras que las evaluaciones sumativas se realizan una vez finalizada la actividad general (semestre). Evaluación sumativa de medir la competencia final o los objetivos de aprendizaje a

alcanzar. Los resultados de la evaluación se utilizan para proporcionar comentarios sobre el desarrollo de las herramientas. Luego se hacen revisiones de acuerdo con los resultados de la evaluación o necesidades que no han sido satisfechas por los objetivos de elaboración de estas.

La evaluación del desarrollo tiene como objetivo determinar:

- 1) Actitudes del personal hacia las actividades de aprendizaje en su conjunto.
- 2) Mejora de las habilidades del personal que son el impacto de la participación en las actividades de aprendizaje.
- 3) Ganancias sentidas por la organización debido al aumento de la competencia del personal a través del desarrollo de herramientas para el aprendizaje.

Comentarios Finales

Resumen de resultados

En este trabajo investigativo se evaluó la etapa inicial en la que se encuentra cada departamento involucrado en las actividades que desarrolla día a día y que tienen que ver con el sistema de gestión de seguridad alimentaria, la encuesta se basó en cuanto al conocimiento adquirido a través de los años de la cultura de inocuidad dentro de la organización, se verificó el nivel de compromiso por área comparando el total de personas en cada departamento con el total real de personas que contestaron la encuesta, de este modo se obtuvieron dos departamentos (equipo de MASH y compras) con los cuales se puede comenzar a implementar el nuevo modelo DCIMP, tal como se observa en la figura 1.

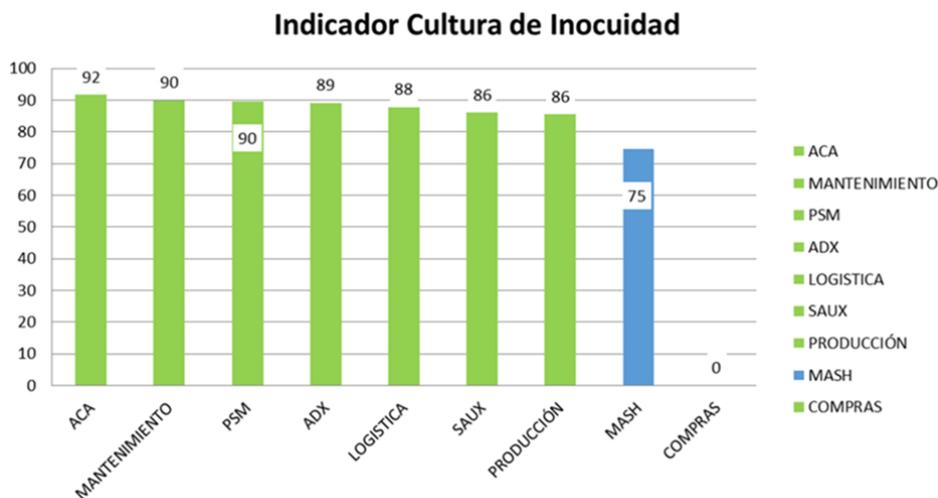


Figura 1. Resultados de etapa de cultura de inocuidad por área.
Fuente: Elaborado a partir de resultados obtenidos de encuestas aplicadas.

Puntuación	Etapas
0 – 20 %	Incumplimiento
21 – 40 %	No Preparado
41 – 60 %	Se puede mejorar
61 – 80 %	Responsable
81 – 100 %	Líderes en seguridad alimentaria

Cuadro 1. Indicador etapa de cultura de inocuidad
Fuente: (Ungku Zainal Abidin, 2013)

Conclusiones

El modelo DCIMP permitió establecer criterios iniciales a partir del primer análisis donde se define el estado actual. Aporta al desarrollo de planificaciones de aprendizaje de acuerdo con el nivel de desempeño y competencia del personal operario. Se puede aplicar en cualquier tipo de industria, dentro del desarrollo tecnológico sostenible.

Recomendaciones

Los investigadores interesados en continuar la investigación se podrían enfocar en la adaptación de modelo a las áreas de logística, comercialización de productos grado alimenticio y adquisición de materias primas.

Se sugiere convertir un modelo de relación simple causa – efecto a uno de retroalimentación de un sistema simple y crear comportamientos basados en el riesgo de diferentes ámbitos laborales no sólo en plantas grado alimento.

Referencias

- De Boeck, E., Jacxsens, L., Vanoverberghe, P., & Vlerick, P. (2019). Method triangulation to assess different aspects of food safety culture in food service operations. *Food Research International*, 116, 1103–1112. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2018.09.053>
- Cahyadi, R. A. H. (2019). Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Addie Model. *Halaqa: Islamic Education Journal*, 3(1). <https://doi.org/10.21070/halaqa.v3i1.2124>
- Jespersen, L., Butts, J., Holler, G., Taylor, J., Harlan, D., Griffiths, M., & Wallace, C. A. (2019). The impact of maturing food safety culture and a pathway to economic gain. *Food Control*, 98, 367–379. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2018.11.041>
- Jiménez V.P. & Flores A. (2008). EL ASPECTO CONDUCTUAL COMO ELEMENTO INFLUYENTE EN LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES. 12th
- Moyano-Hernández, F. A., & Villamil Sandoval, D. C. (2021). Análisis del ciclo PHVA en la gestión de proyectos, una revisión documental. *Revista Politécnica*, 17(34). <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v17n34a4>
- Nyarugwe, S. P., Linnemann, A. R., & Luning, P. A. (2020). Prevailing food safety culture in companies operating in a transition economy – Does product riskiness matter? *Food Control*, 107, 106803. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2019.106803>
- Nyarugwe, S. P., Linnemann, A. R., Ren, Y., Bakker, E. J., Kussaga, J. B., Watson, D., Fogliano, V., & Luning, P. A. (2020). An intercontinental analysis of food safety culture in view of food safety governance and national values. *Food Control*, 111, 107075. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2019.107075>
- Ocampo Ulloa, W. L., Huilcapi Masacon, N. H., & Cifuentes Rodríguez, A. F. (2019). La estructura organizacional en función del comportamiento del capital humano en las organizaciones. *RECIMUNDO*, 3(4). [https://doi.org/10.26820/recimundo/3.\(4\).diciembre.2019.114-137](https://doi.org/10.26820/recimundo/3.(4).diciembre.2019.114-137)
- Powell, D. A., Jacob, C. J., & Chapman, B. J. (2011). Enhancing food safety culture to reduce rates of foodborne illness. *Food Control*, 22(6), 817–822. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2010.12.009>
- Ungku Zainal Abidin, U. F. (2013). Measuring food safety culture: Insights from onsite foodservice operations. In *Dissertation Abstracts International Section A: Humanities and Social Sciences* (Vol. 74).

Notas Biográficas

La **Ing. Kayra Jazmín González Leija** es estudiante de la Maestría en Administración Industrial de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, México. Terminó sus estudios de ingeniería química en el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Tamaulipas, México. Ha desarrollado diversos proyectos relacionados con la administración de operaciones, gestión administrativa del cambio y el sistema de gestión de inocuidad alimentaria dentro del sector industrial.

La **Dra. Elvira Rolón Aguilar** es profesor Investigador de Tiempo Completo en la Facultad de Ingeniería Tampico (FIT) de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Doctora en Arquitectura y Gestión de la Información por la Universidad de Castilla-La Mancha, España. Coordinadora de Planeación de la FIT-UAT e integrante del Cuerpo Académico Consolidado en Medioambiente y Desarrollo Sustentable (UAT-CA-029). Es Profesora con Certificación del Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) de la SEP y miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel Candidato. El desarrollo de su investigación ha sido bajo las Líneas de Investigación e Incidencia en Desarrollo Sustentable y Vulnerabilidad, así como la informática ambiental, colaborando con Investigadores de la Universidad de Sonora.

La **Dra. Rocío del Carmen Vargas Castilleja** es Doctora en Medioambiente por la Facultad de Ingeniería Tampico de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Las líneas de investigación desarrolladas han sido cambio climático en cuencas, manejo de recursos hídricos, vulnerabilidad y desarrollo sustentable. Es profesora de tiempo completo en la FIT, UAT con perfil deseable y miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1. Integrante del Cuerpo Académico Consolidado en Medioambiente y Desarrollo Sustentable (UAT-CA-29), colaboradora de la ONG Ingenieros Sin Fronteras México, A.C. Ha tenido participación como ponente en diversos congresos nacionales e internacionales y publicado artículos y capítulos de libro que han trascendido para la generación de conocimiento, divulgación y aplicación en la docencia. Ha colaborado activamente en proyectos de la mano del CCA-UNAM, CICATA-IPN, INECC, PNUD México, CONAGUA, entre otros, con temas tales como desarrollo y aplicación de una metodología para la evaluación nacional de disponibilidad hídrica actual en México, corrientes y salud del ecosistema en la Laguna de Champayán, Tamaulipas, Programa de Gestión del Agua en la Cuenca Guayalejo-Tamesí, entre otros.

El **Dr. Julio César Rolón Aguilar**, es profesor Investigador de Tiempo Completo en la Facultad de Ingeniería Tampico de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ingeniero Civil, Doctor en Medioambiente por la Universidad de Sevilla, España. Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la FIT, UAT y Líder del Cuerpo Académico Consolidado en Medioambiente y Desarrollo Sustentable (UAT-CA-029). Es Profesor con Certificación del Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) de la SEP, miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1. El desarrollo de su investigación ha sido bajo las Líneas de Investigación e Incidencia de Desarrollo Sustentable y Vulnerabilidad, así como la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Construcción. Su colaboración académica ha sido con varios Grupos de Investigación, entre ellos resaltan la Red de Cuerpos Académicos y la Escuela de Construcciones Arquitectónicas de la Universidad de Sevilla, España.

Apéndice

Cuestionario utilizado en la investigación

Liderazgo

1. El responsable del área participa activamente en asegurarse de que se practique la manipulación segura del producto
2. El responsable del área sigue todas las reglas de seguridad alimentaria

Comunicación

3. Puedo hablar libremente si veo algo que pueda afectar la seguridad alimentaria
4. Recibo comentarios si no cumpla con las prácticas de seguridad alimentaria

Autocompromiso

5. Cumplir con los requisitos de seguridad alimentaria es de alta prioridad para mí
6. Sigo las reglas de seguridad alimentaria porque creo que son importantes

Administración / Sistema de Gestión Inocuidad

7. Todos los líderes de las áreas brindan información coherente sobre la inocuidad de los alimentos
8. El sitio proporciona información oportuna sobre las reglas y regulaciones actuales de seguridad alimentaria

Ambiente / apoyo

9. Suministros adecuados (por ejemplo, EPP, cofias, herramientas de limpieza, etc); están fácilmente disponibles para realizar prácticas seguras de manipulación de productos
10. Las estaciones de limpieza (por ejemplo, estaciones de lavabos para manos, estaciones de herramientas para limpieza) están listas, disponibles y accesibles

Trabajo en equipo

11. Mis compañeros de trabajo siempre me apoyan con respecto a la seguridad alimentaria
12. Cuando se necesita hacer mucho trabajo rápidamente, los empleados trabajan juntos como un equipo para completar las tareas de manera Segura

Responsabilidades

13. Los empleados son disciplinados o reprendidos cuando no siguen las prácticas de seguridad alimentaria
14. Los empleados son recompensados por seguir prácticas seguras de manipulación de alimentos

Riesgos

15. No se comprometen las prácticas de inocuidad al manipular productos
16. Cuando hay presión para terminar la producción de alimentos, los gerentes a veces nos dicen que trabajemos más rápido tomando atajos con la seguridad alimentaria

Acrilamida en Café: Estimación de su Exposición en Consumidores Mexicanos, con Diferentes Condiciones de Tostado y Preparación de la Bebida

Dr. Oscar González-Ríos¹, Dra. Mirna Leonor Suárez-Quiroz².

Resumen— Se estima que aproximadamente 1,600 millones de tazas de café son consumidas todos los días alrededor del mundo. En el presente trabajo de investigación, se estimó la exposición de la acrilamida de la población mexicana a través del consumo de la bebida de café. Los resultados incluyen datos de consumo, donde se establecieron los niveles de tazas consumidas al día (2.234), los métodos de preparación mayormente empleados de infusión (espresso y americano), los niveles acostumbrados de tostado del grano de café (medio para la bebida “americano” y oscuro para la “espresso”), así como el peso promedio de la población incluida en el estudio (65 Kg). Se mostró que bajo esas condiciones de consumo, los niveles de exposición de acrilamida debida al consumo de café son bajas (0.005 hasta 0.010 $\mu\text{g}/\text{Kg}$ pc/día). Esta investigación demuestra que el consumo de café en México no representan ningún riesgo a la salud.

Palabras clave— acrilamida, exposición, proceso de tostado, café espresso, café americano.

Introducción

Se estima que las enfermedades de transmisión alimentaria (ETA) afectan a una de cada diez personas y causan la muerte de 420 000 personas en el mundo al año. Las ETA son causadas por diferentes elementos que pueden estar presentes en los alimentos como lo son toxinas, productos químicos, parásitos, virus y bacterias (FAO/OMS, 2006). Dentro de la clasificación de productos químicos relacionados con las ETA, se puede mencionar un compuesto que comenzó a generar interés a partir del 2002, la acrilamida.

La acrilamida es un compuesto empleado en la industria del papel, textiles, cosméticos y como floculante para clarificar. Este compuesto ha sido catalogado como probable carcinógeno para los humanos por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer y se encuentra presente en alimentos que han sido sometidos a tratamientos térmicos a temperaturas por arriba de los 120°C, como frituras, horneados, rostizados, asados o tostados. La acrilamida se forma en los alimentos a través de la reacción de Maillard empleando como precursores a la asparagina y un azúcar reductor (García-López y Alfaro-Macedo, 2007; Borda y Alexe, 2011; Cagliero *et al.*, 2016; Mesías y Morales, 2016). La acrilamida se encuentra presente en una gran cantidad de alimentos, entre los que se puede mencionar papas a la francesa, papas fritas, productos de panadería, cereales, café instantáneo y café tostado (Comisión Europea, 2017).

El café es una de las bebidas más populares y consumidas en el mundo debido a su sabor y olor único; se estima que aproximadamente 1,600 millones de tazas de café son consumidas todos los días alrededor del mundo. Existen múltiples factores que influyen la calidad del café como la variedad. Uno de los factores principales que definen la calidad del café es el proceso de tostado, debido a que en esta etapa, gracias a la reacción de Maillard, la composición química del producto cambia y se forman los compuestos orgánicos volátiles y de sabor que brindan las características requeridas por el cliente para el consumo del café, pero al ser un tratamiento térmico a altas temperaturas también se genera la formación de un compuesto tóxico: la acrilamida. Los valores reportados de acrilamida en café tostado son muy variados, encontrándose concentraciones desde 150 hasta 1093.05 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Summa *et al.*, 2007; Ku Madihah *et al.*, 2013; Van Cuong *et al.*, 2014; Corrochano *et al.*, 2015; Hamzalıoğlu y Gökmen, 2020). Existe una normativa de la Unión Europea que brinda niveles de referencia para el contenido de acrilamida en diversos alimentos, entre los que se encuentra el café tostado con un valor de 400 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Comisión Europea, 2017).

El método de preparación de la bebida de café ha sido reportado como otro factor que puede modificar la concentración de ciertos compuestos químicos presentes en el café tostado, entre los que se incluye la acrilamida. La concentración de acrilamida reportada en la bebida de café varía entre los 5 y 58.5 $\mu\text{g}/\text{L}$ (Franková *et al.*, 2009; Alves *et al.*, 2010; Mojska *et al.*, 2010). Es por ello que el método de preparación de la bebida debe de ser considerado al momento de cuantificar la ingesta de acrilamida de las personas, debido a que el consumo de café se lleva a través de la bebida, no del café tostado directamente.

¹ El Dr. Oscar González-Ríos es Profesor de Ingeniería Química en el TNM/Campus Instituto Tecnológico de Veracruz, México. oscar.gr@veracruz.tecnm.mx (autor correspondiente)

² La Dra. Mirna Leonor Suárez-Quiroz es Profesora de Ingeniería Química en el TNM/Campus Instituto Tecnológico, México mirna.sq@veracruz.tecnm.mx

Son pocos los estudios en México sobre la exposición de acrilamida a través de la bebida de café y dicho tema no ha sido estudiado a profundidad, encontrándose sólo un artículo que estima la ingesta de acrilamida de la población mexicana a través del consumo de diversos alimentos; es por ello que el objetivo de este trabajo fue determinar la exposición de acrilamida de la población mexicana a través del consumo de la bebida de café, comparando el impacto que diferentes condiciones de tostado y extracción pueden tener sobre la presencia de dicho compuesto tóxico.

Descripción del Método

Etapas del Trabajo

El trabajo incluyó tres etapas, primeramente se trabajó en la adquisición de datos de consumo nacional de café a través de una encuesta en línea, después en la determinación de la concentración de acrilamida en taza por la técnica reportada y modificada para este estudio, bajo dos procesos de extracción (espresso y cafetera) preparadas con granos de café tostado a diferentes perfiles de temperatura de proceso y finalmente se la determinó la ingesta diaria de acrilamida expresada en $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso corporal (pc) por día.

Encuesta

La encuesta buscó recopilar información personal, como estado donde radica, sexo, edad, peso, frecuencia de consumo de café diarias (medido en tazas) y el método de preparación preferido. Una vez verificada la efectividad del instrumento, se realizó una distribución digital del formato a través de redes sociales y en grupos de consumidores de café. El análisis de resultados se realizó por la prueba *t* de Student.

Tratamientos Aplicados

Para este estudio, se seleccionó café de la especie *C. arabica* L., únicamente grano verde retenido en las cribas 16/64 in (6.3 mm) a 18/64 in (7.10 mm) para homogenizar. Cada muestra de café verde fue procesado a través de cuatro tratamientos variando las condiciones de proceso de tostado y preparación de las infusiones. (**Cuadro 1**). Para el proceso de tostado se utilizó un tostador automático de tambor rotatorio (Solocafé®), con capacidad de 5 Kg. Cada grado de tostado y perfil de temperatura quedó estandarizado y grabado en la memoria del tostador. Como guía para el desarrollo de color durante el proceso, se utilizó una escala visual de acuerdo al color del tostado “The Agrtron Classification System” (SCAA) N° 55 y 35 correspondiente a un tostado medio y oscuro. Las determinaciones de color final en el grano tostado y molido, se llevaron a cabo utilizando un medidor de color Konica Minolta Modelo CR410.

Tatamiento *	Descripción
T1	Tostado medio con T inicial de 230°C y bebida preparada en cafetera (5 g/L); L* =60.1
T2	Tostado medio con T inicial de 240°C y bebida preparada en cafetera (5 g/L); L* =56
T3	Tostado oscuro con T inicial de 230°C y bebida preparada en cafetera espresso (7.0 g/30 mL); L* =40.3
T4	Tostado oscuro con T inicial de 240°C y bebida preparada en cafetera espresso (7.0 g/30 mL); L* =40.1

Cuadro 1. Tratamientos térmicos aplicados durante el tostado de granos y preparación de la infusión de café (*Tostador de tambor rotatorio de 5 Kg)

Preparación de las infusiones

El café espresso se preparó en una cafetera Breville® con 7 ± 1 g de café tostado de cada tratamiento, empleando una presión de agua de 9 ± 1 bar, una temperatura de extracción de 92.5 ± 2.5 °C, un tiempo de extracción de 27.5 ± 2.5 s y un volumen en taza de 27.5 ± 2.5 mL. El café americano se preparó con 5 ± 1 g en 200 ± 5 mL con una temperatura de extracción de 90 ± 1 °C y un tiempo de extracción de 6 ± 1 minutos.

Cuantificación de Acrilamida en las infusiones de café

Se empleó la metodología reportada por Sánchez-Otero *et al.* (2017), en un equipo de HPLC de la marca Shimadzu®, para la separación cromatográfica se utilizó una columna C18 fase reversa ODS Spheri-5 de 220 mm x 4.6 mm, una fase móvil de 0.1% de ácido fórmico, un volumen de inyección de 10 μL , un flujo de 1mL/min y el detector a 195 nm.

Evaluación de la Exposición de Acrilamida por la bebida de café

La evaluación de la exposición de acrilamida ($\mu\text{g}/\text{Kg}$ pc/día), se realizó siguiendo la información brindada por la OMS (2006) y para este trabajo se determinó el promedio de la concentración de acrilamida en $\mu\text{g}/\text{Kg}$ de cada una

de las bebidas de café, el número de tazas empleadas de mayor consumo y el peso promedio (Kg) en nuestra población de estudio.

Resultados y Discusión

En la etapa de adquisición de datos de consumo de café, se recibieron un total de 866 respuestas de 32 estados, donde Veracruz (21.5%), Ciudad de México (15.7%), Estado de México (8.2%) y Puebla (4.4%) fueron los que mayor participaron en la encuesta. Este instrumento arrojó que los mayores consumidores son del género femenino (64 %) más que el masculino (35.5 %), de edad entre 18 a 29 años (62.5 %), los cuales consumen 2 tazas diarias (35%), seguido de una taza (30%) y tres tazas (23%) de la especie *C. arabica* L. (43%) a un nivel de tostado medio (48.4%), seguido por el tostado obscuro (34.6%). La forma más común de consumo fue la preparación en cafetera (35.4%), seguida de el café espresso (23.3%) y prensa francesa (15.3%), finalmente, el rango de peso de 56 a 65 kg representó el 27.8% (241 personas), de 66 a 75 kg un 22.3% (193 personas), de 76 a 85 kg un 16.7% (145 personas), de 46 a 55 kg un 14.3% (124 personas), de 86 a 95 kg un 11% (96 personas), mayor a 96 kg un 6.3% (55 personas) y de 36 a 45 kg un 1.4% (12 personas).

En el **Cuadro 2** se presentan los valores estimados de consumo diario de café (F), las concentraciones de acrilamida en cada tipo de infusión (CA), el número de tazas y el peso promedio (P) y la exposición diaria calculada de la acrilamida por bebida de café (EDA) de la población de estudio (n = 866 individuos).

Tratamiento	(F) Cantidad de café consumidos (Kg/día)	(CA) Concentración AA en Bebida (µg/Kg)	(P) Peso Promedio de Consumidores (Kg)	Número de Tazas Consumidas por día	Exposición diaria de Acrilamida (EDA) (µg/Kg/pc)
T1	0.011	41.3	65	2.242	0.007
T2	0.011	57.4	65	2.242	0.010
T3	0.016	19.2	65	2.242	0.005
T4	0.016	20.2	65	2.242	0.005
Promedio					0.007

Cuadro 2. Evaluación de la exposición de acrilamida a la población mexicana por bebida de café.

Para estimar la exposición de acrilamida a partir del consumo de café, inicialmente se calculó la cantidad de café consumido expresado como Kg/día (F) de acuerdo al método de preparación, tomando 7 g para el café espresso y 5 g para el caso del café de cafetera. La cantidad promedio de tazas consumidas al día fue calculada a partir de los resultados de la encuesta (2.242 tazas). Los resultados muestran que con los T1 y T2 se consumen 0.11 kg/día de café y con los T3 y T4 0.16 Kg/día. Con estos datos se calculó la cantidad de acrilamida presente en el café consumido de acuerdo al tratamiento y método de preparación, los rangos van desde 19.2 µg/Kg hasta 57.4 µg/Kg. Los valores más altos se observan para los tratamientos con un tostado medio (T1: 41.3 µg/Kg y T2: 57.4 µg/Kg) (Mesias y Molrales, 2016), estos resultados coinciden con los trabajos publicados por Mojsk y Gielecinska, (2013) en donde se mostró que el grado de tostado tiene un efecto sobre el contenido de acrilamida siendo los tostados más claros los que más la contienen y conforme avanza el grado de tostado disminuye su contenido. El peso promedio de la población consumidora de café fue de 65 Kg (P) tomado de la encuesta realizada. Asumiendo los valores anteriormente mostrados se determinó que la exposición de acrilamida a partir del consumo de café tomando en cuenta el tratamiento y método de preparación van de 0.005 µg/Kg pc/día hasta 0.010 µg/Kg pc/día con un promedio de 0.007 µg/Kg pc/día. Estos valores son más bajos que los reportados por la población adulta de los Países Bajos quienes estimaron un consumo de 0.048 µg/Kg pc/día y similares de los reportados por la población consumidora de café de Irlanda (0.004 µg/Kg pc/día) y del Reino Unido (0.005 µg/Kg pc/día), los países con más alta exposición reportada fue para Dinamarca (0.106 µg/Kg pc/día); Francia (0.168 µg/Kg pc/día) y Suecia (0.171 µg/Kg pc/día). Los resultados de la exposición de una sustancia tóxica por una población a partir de un alimento dependen de los niveles de consumo, método de preparación y niveles de concentración encontrada, es por ello que cada población debe de calcular el riesgo que la población tiene por el consumo de un alimento. En el caso del consumo de café existen variables diferentes entre los países.

Finalmente para poder estimar el riesgo potencial que existe a través del consumo del café el Comité Mixto de Expertos en Contaminantes y Aditivos Alimentarios (JECFA) perteneciente a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/WHO), establecieron que la

concentración máxima de acrilamida proveniente de todas las fuentes de alimentos y expresada como Ingesta Diaria Tolerable (IDT) no deberá rebasar 2.6 µg/Kg pc/día (FAO/WHO, 2006). Los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran que el riesgo de adquirir algún efecto adverso por el consumo de café por la población mexicana esta muy por debajo de este valor aún con las diferencias en el nivel de tostado y tipo de preparación de las infusiones, por lo que el presente trabajo puede concluir que el consumo de café en México no representa ningún riesgo a la salud de los consumidores en relación a los efectos adversos producidos por el consumo de acrilamida.

Comentarios Finales

Resumen de resultados

En el presente trabajo de investigación, se estimó la exposición de la acrilamida de la población mexicana a través del consumo de la bebida de café. Los resultados de la investigación incluyen datos de consumo, donde se establecieron los niveles de tazas consumidas al día (2.234), los métodos de preparación mayormente empleados de infusión (espresso y americano, los niveles acostumbrados de tostado del grano de café (medio para la bebida “americano” y oscuro para la “espresso”), así como el peso promedio de la población incluida en el estudio (65 Kg). Se mostró que bajo esas condiciones de consumo, los niveles de exposición de acrilamida debida al consumo de café son bajas (0.005 hasta 0.010 µg/Kg pc/día).

Conclusiones

Los resultados demuestran que el consumo de café en México no representan ningún riesgo a la salud por ingesta de acrilamida producida durante el proceso de tostado y preparación de bebidas de café.

Recomendaciones

Los investigadores interesados en continuar nuestra investigación podrían concentrarse en determinar la exposición de la acrilamida por la bebida tipo soluble o instantánea de café, ya que se observó un alto consumo en la encuesta aplicada (60%).

Referencias

- Alves, R. C., Soares, C., Casal, S., Fernandes, J. O., & Oliveira, M. B. P. P. (2010). Acrylamide in espresso coffee: Influence of species, roast degree and brew length. *Food Chemistry*, 119(3), 929–934. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.051>
- Arisseto, A.P., Toledo, M.C.F., 2008. Preliminary estimate of acrylamide intake in Brazil. *Braz. J. Toxicol.* 21, 9–14.
- Borda, D., & Alexe, P. (2011). Acrylamide levels in food. *Romanian Journal of Food Science*, 1(1), 3–15. <http://www.ea.ro>
- Cagliero, C., Nan, H., Bicchi, C., & Anderson, J. L. (2016). Matrix-compatible sorbent coatings based on structurally-tuned polymeric ionic liquids for the determination of acrylamide in brewed coffee and coffee powder using solid-phase microextraction. *Journal of Chromatography A*, 1459, 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2016.06.075>
- Corrochano, B. R., Melrose, J. R., Bentley, A. C., Fryer, P. J., & Bakalis, S. (2015). A new methodology to estimate the steady-state permeability of roast and ground coffee in packed beds. *JOURNAL OF FOOD ENGINEERING*, 150, 106–116. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.11.006>
- European Commission. "Commission Regulation (EU) 2017/2158 of 20 November 2017 establishing mitigation measures and benchmark levels for the reduction of the presence of acrylamide in food." *Official Journal of the European Union* 304 (2017): 24-44.
- FAO/WHO (Food and Agriculture Organization/World Health Organization). Acrylamide. In: *Safety evaluation of certain contaminants in foods/prepared by the sixty-fourth meeting of the joint FAO/WHO expert committee on food additives (JECFA)*. WHO food additives series: 55. FAO food and nutrition Paper 82; 2006.
- Franková, A., Drábek, O., Havlík, J., Száková, J., & Vanek, A. (2009). The effect of beverage preparation method on aluminium content in coffee infusions. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 103, 1480–1485. <https://doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2009.06.012>
- García-López, A., & Alfaro-Macedo, M. P. (2007). Acrilamida en alimentos para consumo humano. *Revista de Sanidad Militar*, 61(6), 384–388.
- Hamzaloğlu, A., & Gökmen, V. (2020). 5-Hydroxymethylfurfural accumulation plays a critical role on acrylamide formation in coffee during roasting as confirmed by multiresponse kinetic modelling. *Food Chemistry*, 318. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126467>
- Ku Madihah, K. Y., Zaibunnisa, A. H., Norashikin, S., Rozita, O., & Misnawi, J. (2013). Optimization of roasting conditions for high-quality Arabica coffee. *International Food Research Journal*, 20(4), 1623–1627.
- Mesías, M., & Morales, F. J. (2016). Acrylamide in coffee: Estimation of exposure from vending machines. *Journal of Food Composition and Analysis*, 48, 8–12. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.02.005>
- Mojska, H., & Gielecinska, I. (2013). Studies of acrylamide level in coffee and coffee substitutes: influence of raw material and manufacturing conditions. *Rocz Panstw Zakl Hig*, 64(3), 173–181.
- Mojska, H., Gielecinska, I., Szponar, L., & Oltarzewski, M. (2010). Estimation of the dietary acrylamide exposure of the Polish population. *Food and Chemical Toxicology*, 48, 2090–2096. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.05.009>
- Sánchez-Otero, M. G., Méndez-Santiago, C. N., Luna-Vázquez, F., Soto-Rodríguez, I., García, H. S., & Serrano-Niño, J. C. (2017). Assessment of the Dietary Intake of Acrylamide by Young Adults in Mexico. *Journal of Food and Nutrition Research*, 5(12), 894–899. <https://doi.org/10.12691/JFNR-5-12-3>
- Summa, C., De la Calle, B., Brohee, M., Stadler, R., & Anklam, E. (2007). Impact of the roasting degree of coffee on the in vitro radical scavenging capacity and content of acrylamide. *Journal of Food Science and Technology*, 40(10), 1849–1854. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.11.016>
- Van Cuong, T., Hong Ling, L., Kang Quan, G., Duc Tiep, T., Nan, X., Xian Qing, C., & Le Linh, T. (2014). Effect of roasting conditions on several chemical constituents of vietnam robusta coffee. *Food Technology*, 38(2), 43–56.

Notas Biográficas

El **Dr. Oscar González Ríos** es profesor investigador SNI I y labora en el TNM/Campus Instituto Tecnológico de Veracruz. Además el Dr. González Ríos pertenece al Cuerpo Académico de Tecnología de Alimentos donde ha desarrollado la línea de investigación de café y cacao desde 2004. Imparte clases a nivel ingeniería, maestría y doctorado. Es jefe del laboratorio de tecnología del café.

La **Dra. Mirna L. Suárez Quiroz** es profesora investigadora SNI I del TNM/Campus Instituto Tecnológico de Veracruz. Es líder del cuerpo académico de Tecnología de Alimentos desde el 2004 donde ha desarrollado la línea de Control de la Calidad e Inocuidad en las cadenas productivas del café, cacao y pimienta. Imparte clases a nivel ingeniería, maestría y doctorado y es jefa del laboratorio de bromatología.

Diseño de un Dispositivo de Medición Empleando Instrumentación de Bajo Costo Acoplado a un Dron para el Monitoreo de PM2.5 Y Ozono

Ing. Oscar Abel González Vergara¹, Dr. Luis Armando De La Peña Arellano², Dra. Yolocuauhtli Salazar Muñoz³,
Dr. Sergio Valle Cervantes⁴, M.C. Rafael Lucho Chigo⁵, Dr. Felipe Samuel Hernández Rodarte⁶.

Resumen— El presente trabajo desarrolla un dispositivo de medición de contaminantes de material particulado 2.5, ozono (O₃), además, variables de temperatura, humedad relativa y presión atmosférica, de manera móvil e inalámbrica, utilizando un dron o Vehículo Aéreo no Tripulado (VANT) DJI Mavic Air 2 e implementando instrumentación de bajo costo y la plataforma de desarrollo electrónico Arduino nano. Además, se puede utilizar este sistema de medición de contaminantes como una estación de monitoreo móvil o para situaciones de contingencia, zonas de alto flujo vehicular y alta concentración industrial, así proporcionar datos de diferentes puntos de la ciudad, de igual manera posibilita conocer otros parámetros como el comportamiento de la inversión térmica o la relación entre las concentraciones y otros factores meteorológicos. Para esto se lleva a cabo muestreos con el dispositivo acoplado al dron a diferentes altitudes, el dispositivo cumple con características como bajo costo, bajo peso y fácil utilización.

Palabras clave— Arduino, contaminación, dron, ozono, monitoreo.

Introducción

La descarga de los contaminantes atmosféricos al medio ambiente, se ha venido incrementando considerablemente en todo el mundo, y ha generado un grave impacto ambiental, no solo por sus efectos indirectos causados por el cambio climático y sus fenómenos meteorológicos, sino, de manera inmediata, por los efectos directos que causan estos contaminantes en la salud de la población. Desde hace muchos años, por normatividad se han venido implementando sistemas de monitoreo de calidad del aire (SMCA), sobre todo en zonas urbanas de mayor crecimiento, para medir las concentraciones de los principales contaminantes atmosféricos (llamados contaminantes criterio) y establecer un Índice de Calidad del Aire (ICA), que sirve como referencia para comunicar a la población la calidad del aire que están respirando. Sin embargo, estos SMCA, que están formados por redes de casetas fijas de monitoreo, presentan algunas limitaciones, como son, la representatividad espacial del alcance de sus datos, que resulta muy limitada por estar ubicadas en puntos fijos, y además de sus altos costos de inversión inicial y de mantenimiento. Actualmente, en diversas partes del mundo se ha empezado a utilizar sistemas de monitoreo móviles (SMV), para emplearse de manera complementaria a las casetas fijas y monitorear en zonas que estén fuera del alcance de éstas o para usarse en lugares de difícil acceso e incluso para contingencias ambientales. Por lo antes mencionado el objetivo principal de esta investigación fue diseñar y desarrollar un prototipo modular de monitoreo atmosférico (PMMA) acoplado a un Vehículo Aéreo No Tripulado, tipo Dron (DJI Mavic Air 2), para monitorear en tiempo real los contaminantes criterio en el aire ambiental. Este prototipo, en una primera etapa, se desarrolló para medir dos de los principales contaminantes criterio; el Material Particulado PM2.5 y el Ozono (O₃), además, de algunas variables meteorológicas, como la temperatura, humedad y presión atmosférica. Para la construcción del PMMA se utilizó instrumentación de bajo costo basado en la plataforma Arduino Nano, cuyo lenguaje de programación es sencillo y de fácil interacción con el usuario, y se validaron los datos obtenidos mediante un procedimiento de calibración con estándares certificados y con ello poder ofrecer una herramienta de SMV con gran potencial para recopilar datos sobre la calidad del aire con altas tasas de confiabilidad.

Descripción del Método

¹ El Ing. Oscar Abel González Vergara es estudiante del posgrado en Sistemas Ambientales en el Tecnológico Nacional de México/I.T.Durango. 15041005@itdurango.edu.mx (autor corresponsal)

² El Dr. Luis Armando De La Peña Arellano es Profesor investigador del posgrado en Sistemas Ambientales en el Tecnológico Nacional de México/I.T.Durango. aparellano@itdurango.edu.mx

³ La Dra. Yolocuauhtli Salazar Muñoz es Profesora investigadora del posgrado en Sistemas Ambientales en el Tecnológico Nacional de México/I.T.Durango. ysalazar@itdurango.edu.mx

⁴ Dr. Sergio Valle Cervantes es Profesor investigador del posgrado en Sistemas Ambientales en el Tecnológico Nacional de México/I.T.Durango. svalle@itdurango.edu.mx

⁵ M.C. Rafael Lucho Chigo es Profesor investigador del posgrado en Sistemas Ambientales en el Tecnológico Nacional de México/I.T.Durango. rlucho@itdurango.edu.mx

⁶ El Dr. Felipe Samuel Hernández Rodarte es Profesor investigador del posgrado en Sistemas Ambientales en el Tecnológico Nacional de México/I.T.Durango. shernandez@itdurango.edu.mx

Diseño del PMMA

Para el cumplimiento del objetivo planteado en esta investigación se desarrollaron diversas etapas. Primeramente, para el diseño y construcción del PMMA, se consideró la metodología propuesta por Martínez (2019), donde se sugirió utilizar la plataforma electrónica Arduino Nano para realizar la simulación del circuito electrónico, ya que cuenta con gran compatibilidad y una amplia gama de instrumentación de sensores y/o transmisores, contando también con un software y lenguaje de programación práctico y flexible. Los sensores recomendados fueron: MQ131 (ozono), Sharp GP2Y1010AU0F (PM2.5), BMP280 (presión barométrica/temperatura) y DHT11 (humedad), debido a su compatibilidad con la plataforma electrónica, bajo peso (en conjunto menos de 40 gramos) y bajo consumo eléctrico, puesto que se utilizó una batería modelo MOV-100 con capacidad de 2000mAh. El PMMA puede transmitir los datos de manera inalámbrica hasta una distancia máxima de 300 metros o guardar los datos en una memoria SD, para esto se incluyó un transmisor modelo hc-12. El diagrama de conexión de los componentes y la tarjeta electrónica se muestra en la figura 1.

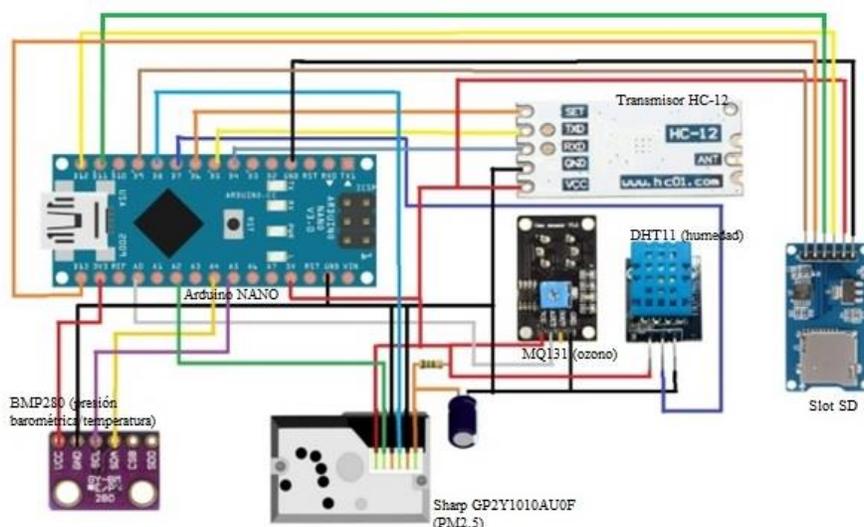


Figura 1. Diagrama prototipo de conexión de componentes del dispositivo.

Diseño del PCB

Una vez que se obtuvo la instrumentación adecuada y se realizó la conexión de los circuitos en prototipo se procede a realizar el diseño del dispositivo, en el diagrama de flujo que se muestra en la figura 2 se explica el desarrollo del diseño del dispositivo partiendo de la elaboración de los diagramas electrónicos para cada componente.



Figura 2. Diagrama de flujo metodología para el diseño del dispositivo.

El diseño del PCB se llevó a cabo en la plataforma EasyEDA y posteriormente se mandó a fabricar con la empresa JLCPCB. Para el montaje y acoplamiento del PMMA al dron se diseñó un soporte con la ayuda del software Solidworks, y se imprimió con filamento ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) en una impresora 3D, la figura 3 muestra sus componentes. También se realizaron estudios con una cámara infrarroja para determinar la posición correcta a la cual se colocaría el PMMA en el dron DJI y evitar que los vórtices generados por las hélices del Dron influyan en la medición. DJI. Se encontró que la mejor posición para la colocación del PMMA fue la parte superior del Dron, ya que las imágenes obtenidas mostraron una nula variación de la temperatura en este lugar.



Figura 3. Soportes para acoplar el dispositivo al dron impresos en 3D.

Calibración del PMMA

Para realizar la calibración de los sensores utilizados y la validación de los datos obtenidos por el PMMA se utilizaron las estaciones de monitoreo atmosféricas ya existentes en la red de monitoreo de la ciudad de Durango. La metodología empleada consistió en establecer con la ayuda del Software de control del Dron Mavic 2 un plan de vuelo cercano al puerto de muestreo de la caseta de monitoreo fija y para obtener así la correlación de los datos medidos con el Dron y los datos medidos simultáneamente en la caseta fija. Para el caso de sensor de medición de PM_{2.5} se realizó también una validación por medio del método de correlación lineal, donde se midió simultáneamente con un sensor certificado modelo sds011 y el PMMA.

Resumen de resultados

Como resultado de esta investigación se obtuvo un PMMA capaz de realizar monitoreos de PM_{2.5} y ozono de manera móvil e inalámbrica en zonas de difícil acceso y que se encuentran fuera del alcance de medición de las estaciones fijas. El PMMA cuenta con un módulo de transmisión de datos vía radiofrecuencia a una estación remota fija en tierra, lo que aumenta la capacidad de adquisición de datos. En la figura 4 se observa en funcionamiento el PMMA acoplado al dron. Se realizaron diversos sobrevuelos con el PMMA acoplado al dron en zonas del centro de la ciudad de Durango.



Figura 4. Dispositivo en funcionamiento acoplado al dron Mavic air 2.

El resultado de las calibraciones se muestra en la figura 5 y 6, la validación de datos para el caso del ozono se obtuvo un error promedio de 2.48% respecto a los datos obtenidos en la estación de monitoreo de la SRNyMA, la humedad relativa tuvo un error promedio del 1.30% y el material particulado PM 2.5 se obtuvo un error promedio de 1.82% respecto al sensor certificado sds011.



Figura 5. Validación de datos del dispositivo con la estación de monitoreo atmosférico para ozono.

Para la validación de las mediciones se consideraron un total de 72 datos, tomando un valor promedio por minuto, esta validación se realizó colocando el PMMA lo más cercano posible a la toma de muestra de los equipos de la estación de monitoreo, como se muestra en la Figura 5, para recopilar los valores simultáneamente y determinar el error promedio total.

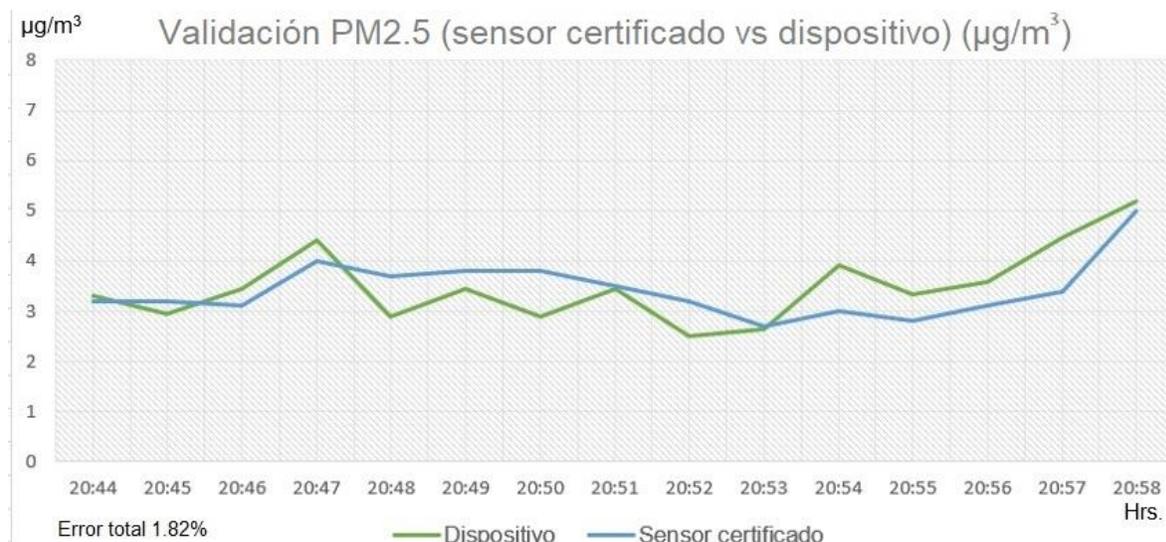


Figura 6. Validación de datos del dispositivo con la estación de monitoreo atmosférico para PM2.5.

Monitoreo en vuelo

Se realizó un monitoreo preliminar en la zona centro, plaza IV centenario de la ciudad de Durango, a las 15:00 horas de un día soleado caluroso mayormente despejado del mes de septiembre, donde la arquitectura del lugar son edificios relativamente bajos. Los resultados de este estudio mostraron un incremento exponencial en la concentración de ozono al irse incrementando la altura, hasta una distancia de 50 m del nivel del suelo, como se muestra en la gráfica (a) de la Figura 7. En cambio, las concentraciones de PM2.5 mostraron una variación muy considerable durante todo el trayecto (Gráfica (d) de la Figura 7). La presión barométrica presentó un comportamiento

inverso al Ozono, esto debido a la retención del calor generado por el pavimento existente en la zona centro de la ciudad, como se muestra en las gráficas (b) y (c) de la Figura 7.

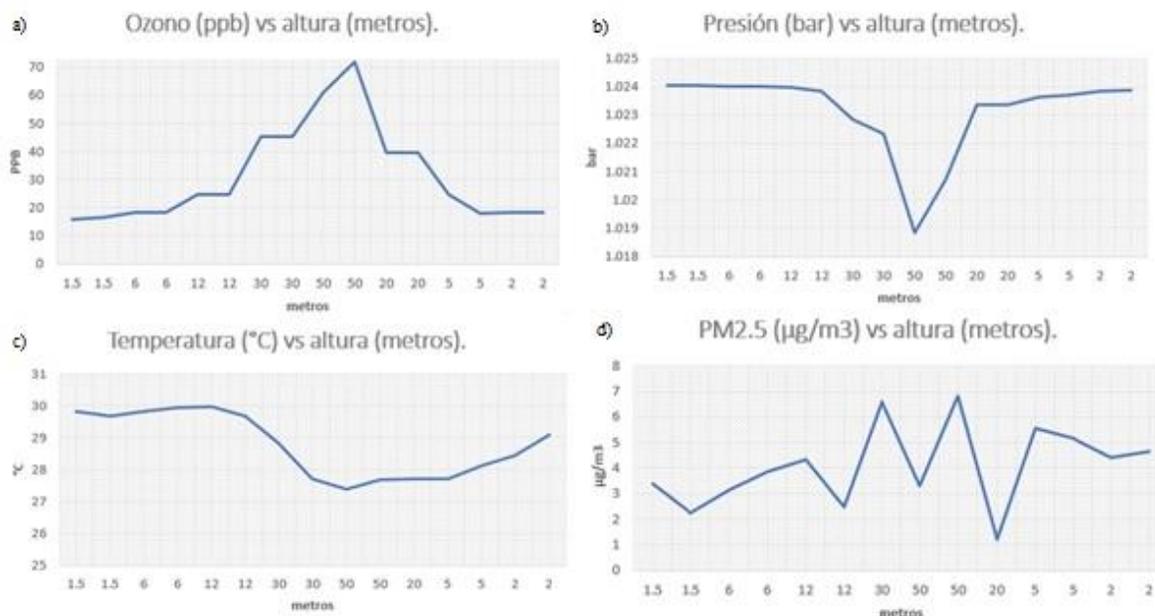


Figura 7. Resultados generales de un vuelo preliminar en zona de alto flujo vehicular en la ciudad de Durango.

Comentarios Finales

Conclusiones

De las actividades desarrolladas en esta investigación se obtiene un dispositivo (PMMA) de medición de contaminantes atmosféricos (PM2.5 y ozono) y de parámetros meteorológicos (temperatura, presión barométrica y humedad) validado y confiable para poder realizar monitoreos en zonas de difícil acceso y áreas pobladas donde se descargan contaminantes atmosféricos que pongan en peligro la salud de la población, así como poder realizar diversos estudios de dispersión de los contaminantes en función de la capa de mezclado y en las inversiones térmicas que se presentan en épocas de invierno.

Además, los resultados obtenidos de los monitoreos realizados con el PMMA acoplado al dron, permitieron observar claramente que la acumulación de los contaminantes atmosféricos está muy relacionada con la altura del nivel del suelo, lo que representa un mayor impacto en la población, sobre todo en áreas de mayor índice de flujo vehicular.

Recomendaciones

El estudio de la calidad del aire y el comportamiento de los contaminantes atmosféricos han tenido un amplio campo de desarrollo en los últimos años en México, sobre todo con el uso de nuevas tecnologías, como las plataformas electrónicas e incluso con el uso de IoT. Para futuras investigaciones se recomienda el uso de Drones de mayor capacidad de carga y mayor tiempo de vuelo, para que de esta manera se pueda construir dispositivos con mayor capacidad de medición, como sería la incorporación de PMMA para monitorear los 6 contaminantes criterio que establece la normatividad vigente en México.

Referencias

1. Abarca, M. Design and development of an hexacopter for air quality monitoring at high altitudes. IEEE. In Automation Science and Engineering, 13th IEEE Conference on (pp. 1457-1462). (2017).
2. Abou-Elnour Ali A., Odeh M., Abdelrhman M., Balkis A., & Amira A. Measurement of Greenhouse Gases in UAE by Using Unmanned Aerial Vehicle (UAV). College of engineering, ajman university. (2017).
3. Borja, J. Desarrollo e implementación de un sistema en un DRONE para evaluar la calidad del aire. Academia Journals, 10, 6. (2018)
4. García R., Agudelo G., & Jiménez J. Metodología para la localización de estaciones de Monitoreo de material particulado a escala local (0.5 a 4.0 Km) en la ciudad de Santa Martha. Gestión y Ambiente, vol. 9, núm. 2, pp. 121-135. (2006).
5. Gordon, J., Guerra J., Zúñiga W., Barba R. & Montenegro F. Navegación pre-programada de trayectorias de un Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV) aplicado a la supervisión y transmisión en línea de la calidad del aire. Revista Publicando, 3(9), 61-80. (2016).

6. Hernández A. & Gálvan L. "Diseño de un sistema de monitoreo de características ambientales para determinar la calidad del aire". Reporte técnico de residencia profesional. Instituto tecnológico de Durango. (2022).
7. Guzmán F. En una acera típica, exposición aguda al material particulado. Gaceta UNAM. (2020).
8. INECC. Informe Nacional de Calidad del Aire, México. Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental. Dirección de Investigación de Calidad del Aire y Contaminantes Climáticos. (2017).
9. Marinov M., Topalov I., Ganev B., Gieva E. & Galabov V. UAVs Based Particulate Matter Pollution Monitoring. Proc. XXVIII International Scientific Conference Electronics - ET2019, September 12 - 14, 2019, Sozopol, Bulgaria. (2019).
10. Martínez, M. Monitoreo de material particulado y ozono utilizando un sistema de medición basado en Arduino. Tesis para el grado de maestría en sistemas ambientales. Instituto Tecnológico de Durango. (2019).
11. Navarrete G. & Rico K. Sensores de bajo costo para el monitoreo de calidad del aire. UNISON EPISTEMUS 27 / 13 / pág. 31-37. (2019).
12. OMS. Contaminación del aire ambiente (exterior). who.int calidad del aire y salud. (2021).
13. Romero M., Olite F., Álvarez M. La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. Rev. Cubana Higiene y Epidemiología, 44, 2. (2006).
14. SCT. NOM-107-SCT3-2019. Requerimientos para operar un sistema de aeronave pilotada a distancia (RPAS) en el espacio aéreo mexicano. Diario Oficial, Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Diario oficial de la federación. (2019).
15. SEMARNAT. Calidad del aire, el desafío de las grandes urbes. Blog Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018).
16. Shin Y., Chang T. & Chih M. Simulation and measurement of air quality in the traffic congestion area. Sustainable Environment Research. 31:26. (2021).
17. Shukla, D. & Komerath, N. Multirrotor Drone Aerodynamic Interaction Investigation. MDPI Drones, 2(4), 43. (2018).
18. Slawomir P., Gardecki A., Lewandowski P., Somogyi V. & Anweiler S. Developing of Low-Cost Air Pollution Sensor - Measurements with the Unmanned Aerial Vehicles in Poland. MDPI Sensors, 1-14. (2020)
19. SSA. Secretaria de salud. Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2014 y NOM-025-SSA1-2014. Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de ozono (O3) de la calidad del aire ambiente, y criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado, respectivamente. Diario oficial de la federación. (2014).
20. Villa T., Salimi F., Morton K., Morawska L., & Gonzalez F. Development and Validation of a UAV Based System for Air Pollution Measurements. MDPI Sensors 16-12. (2016).

Apéndice

Cuestionario utilizado en la investigación

Para llevar a cabo el desarrollo de esta investigación se plantearon los siguientes cuestionamientos:

1. ¿Cuál es la mejor plataforma electrónica para llevar a cabo el desarrollo del PMMA?
2. ¿Qué características se buscan en el dispositivo para que pueda realizar un monitoreo en vuelo sin inconvenientes como inestabilidad?
3. ¿Cuáles son las zonas de interés de una ciudad para llevar a cabo un monitoreo de contaminantes por ozono y PM2.5?
4. ¿Qué afectaciones tiene el ozono y PM2.5 a la salud humana?
5. ¿Qué beneficios hay en realizar monitoreos de calidad del aire?
6. ¿Haciendo uso de que herramienta o tecnología se puede diseñar un soporte para acoplar un dispositivo electrónico al dron?
7. ¿Cómo se forma el contaminante ozono?
8. ¿Qué aplicaciones tiene el dispositivo desarrollado y qué ventajas tiene contra otros dispositivos o equipos que miden los mismos parámetros?

El Desarrollo de Competencias Profesionales de los Ingenieros Agrónomos en Producción a partir del Desarrollo de Estancias Académicas

Dr. en Ed. José Luis Gutiérrez Liñán^{1*}; Dra. en Ed. Carmen Aurora Niembro Gaona²; M. en Ed. Alfredo Medina García³; Dr. en C. y A.D. Jorge Eduardo Zarur Cortés⁴.

Resumen: La Licenciatura de Ingeniero Agrónomo en Producción es una carrera que solamente se ofrece en el Centro Universitario UAEM Zumpango que es un organismo académico de la Universidad Autónoma del Estado de México y desde 1987 se ha preocupado en ofrecer una educación de calidad y ofrecer al mercado laboral, profesionistas del área de las Ciencias Agropecuarias, con conocimientos, habilidades y destrezas que solicita la profesión, para lograr estos objetivos los alumnos de esta licenciatura en el decimo periodo que es el último de su trayectoria ideal de cinco años, se insertan al campo laboral a partir de la Estancia Académica que es una unidad de aprendizaje, que evalúa el desempeño de los estudiantes desde organizar, ejecutar, dirigir, controlar y evaluar los procesos tecnológicos que se realizan en las unidades de producción y de esta manera tener una formación integral en las instituciones de orden Federal, Estatal, Municipal y de Iniciativa Privada y sea una oportunidad de quedarse a laborar en dichas dependencias.

Palabras clave: Desarrollo, Competencias, Ingenieros, Agrónomos, Estancias.

Introducción

El desarrollo de las competencias y habilidades requeridas en el campo laboral para el Ingeniero Agrónomo en Producción es uno de los grandes retos que tienen las Universidades que ofrecen carreras del área de las Ciencias Agropecuarias, y que es uno de tantos a tratar en los perfiles de egreso, que deben llevar a todo profesionista de la agronomía una formación integral, por lo que hace necesario que toda Institución de Educación Superior realiza modificaciones, reestructuraciones de sus programas de estudio con la finalidad de cumplir con el perfil de egreso, así como actividades extracurriculares que le permitan realizar actividades donde puedan desarrollar sus habilidades y destrezas y más aún la generación de conocimiento de manera integral para la resolución de problemáticas reales que viven los agricultores y que les permita de una mejor manera su integración al campo laboral.

Las Universidades de Educación Superior Agrícola presentan una gran dinámica en sus funciones sustantivas con la misión de responder a las necesidades de una sociedad en constante crecimiento y desarrollo de demandas por las innovaciones tecnológicas y ambientales, hacia una nueva cultura que va hacia cuidar el medio y realizar consumos necesarios, por lo que la formación de recursos humanos que deben respuesta a estas exigencias hace necesario que el Ingeniero Agrónomo en Producción debe ser el profesionista que posea la sensibilidad necesaria para integrar la problemática del campo (Limitaciones y potencialidades), ya que debe contar con conocimientos técnicos y científicos necesarios para transformar positivamente los sistemas de producción actuales, porque debe de aplicar el método científico y la capacidad de difundir los cambios tecnológicos y asesorar a los productores en los problemas que afrontan y debe constituir el promotor de cambio, por lo que debe identificar, acceder y manejar fuentes de información, así formular proyectos, desarrollarlos y presentar propuestas de solución a partir del desarrollo de Estancias Académicas por un tiempo de 6 meses en dependencias del sector público o privado antes de insertarse al campo laboral.

Este trabajo, consiste en realizar un análisis de la Estancia en la formación integradora del conocimiento con la práctica del Ingeniero Agrónomo en Producción antes del Campo laboral, misma que presenta el Programa de Estudios de la Licenciatura de Ingeniero Agrónomo en Producción, en su versión Flexible 2004 aprobada por el Consejo Universitario de la Universidad Autónoma del Estado de México, con sede en el Centro Universitario

¹ Dr. en Ed. José Luis Gutiérrez Liñán. Profesor de Tiempo Completo. Centro Universitario UAEM Zumpango, jlgutierrezl@uaemex.mx.

² Dra. en Ed. Carmen Aurora Niembro Gaona. Profesora de Tiempo Completo. Centro Universitario UAEM Zumpango, carminaniembro33@hotmail.com.

³ M. en Ed. Alfredo Medina García. Profesor de Tiempo Completo. Facultad de Ciencias Agrícolas UAEMex, amedinag@uaemex.mx.

⁴ Dr. en C. y A.D. Jorge Eduardo Zarur Cortés. Profesor de Tiempo Completo, Centro Universitario UAEM Zumpango, jezarurc@uaemex.mx.

UAEM Zumpango desde 1987, como una unidad de aprendizaje con una carga de 21 créditos y un total de 21 horas semana-mes

El programa de estudios en la versión flexible que fue aprobado por el año 2004 tiene las siguientes características maneja tres trayectorias una mínima (de 8 periodos), una ideal (10 periodos) y una máxima de (11 periodos), Está basado en el desarrollo por competencias, lo que el mismo plan contempla tres núcleos: el básico que comprende los tres primeros periodos, donde el alumno recibe la formación básica con las siguientes materias: Matemáticas Aplicadas, Química Orgánica e Inorgánica, Morfología Vegetal, Fotogrametría y Fointerpretación, Microbiología General, Bioquímica General, Cultivos Básicos, Zootecnia General, Hidráulica, Inglés C1 y C2 Introducción a los Sistemas Agropecuarios, Metodología de la Investigación, Agrometeorología, Sociología Rural y Fisiología Vegetal.

El núcleo Sustantivo comprende del cuarto al séptimo periodo: Anatomía y fisiología Animal, Bromatología, genética General, Administración y Contabilidad Agropecuaria, Edafología General, Ecología agropecuaria, Nutrición Animal, suelo y Nutrición vegetal, Probabilidad y Estadística, Patología Vegetal, Legislación Agraria, Experimentación Agropecuaria, Reproducción Animal, Uso y Manejo de Pesticidas, Uso y Manejo integrado del Suelo y Agua, Motores, Tractores e Implementos Agrícolas, Comunicación y Extensión Agropecuaria, Patología Animal, Industrias Agropecuarias, Fisiotécnia Vegetal, Mejoramiento Animal, Fisiología y Tecnología de Postcosecha, comercialización Agropecuaria y organización de productores Agropecuarios.

Para el núcleo Integral está conformado a partir del octavo al décimo, donde se ofertan las siguientes unidades de aprendizaje Sistemas de Producción Hortícola, Sistemas de Producción Florícola, Sistemas de Producción Avícola, Sistemas de Producción Frutícola Caducifolios, Sistemas de Producción Porcina, Taller de Titulación, Evaluación de Sistemas de Producción, Sistemas de Producción Frutícola Perennifolios, Sistemas de producción de Ovinos (Carne y Leche), Sistema de Producción de Bovinos Leche y como optativas para el Área de acentuación: Producción Intensiva en invernaderos, Control de malezas, Diagnóstico nutrimental, Sistemas de Producción de Cultivos Especiales, para el área de Acentuación pecuaria: Introducción a la Farmacología, Producción de Forrajes, Parasitología Animal, Sistemas de Producción de Bovinos de Carne, y la unidad de aprendizaje de Estancia que se oferta en las dos áreas.

Dentro la curricular del Plan de Estudio está definida las áreas de acentuación el área agrícola y el área pecuaria que tiene la intención de integrar los conocimientos adquiridos de los estudiantes con la práctica, la ventaja en este modelo es que el discente elige que área desea cursar de acuerdo a sus interés propios de formación, dentro de lapso de formación aparece una unidad de Aprendizaje cuyo nombre es Estancia que la cursan en el último período de la carrera y su propósito es que ellos busque lugar en alguna dependencia Federal, Estatal, Municipal, Iniciativa Privada, para realizar una estadía por cinco meses que les permita desempeñarse como ingenieros Agrónomos en Producción antes de campo laboral.

Objetivos Generales

- Realizar una Análisis de la unidad de aprendizaje Estancia en la formación integradora del Ingeniero Agrónomo en Producción.
- Impulsar la formación integral de los estudiantes a través de las estancias académicas permitiendo su desarrollo académico, profesional, cultural y personal, lo cual fortalece los conocimientos, habilidades y valor de los próximos profesionales, creando un impacto laboral y social, tomando en cuenta las características de la inclusión, la equidad regional e inclusión social en sus participantes.

Objetivos Específicos

De Docencia

- Establecer los alcances de la unidad de aprendizaje Estancia del Programa de Estudios de la Licenciatura de Ingeniero Agrónomo en Producción. para la integración y generación de conocimientos a partir de una situación real.
- Obtener Información necesaria que sirva las próximas modificaciones a la Curricula del Programa de Estudios de la Licenciatura de Ingeniero agrónomo en Producción.

Metas

- Realizar la formación integral de los estudiantes a partir de las áreas de acentuación para generar la comprensión del conocimiento a partir de la práctica y realizar su estancia académica.

- Integración de los contenidos temáticos de las unidades de Aprendizaje que conforman las áreas de acentuación del programa educativo de la Licenciatura de Ingeniero agrónomo en Producción, a partir del desarrollo de la Estancia.

Antecedentes

La universidad como institución social encargada de preservar, desarrollar y difundir la cultura en correspondencia con las exigencias de la contemporaneidad, tiene en su centro la formación de los profesionales, como depositarios y promotores de la cultura y el desarrollo del país.

Lograr una educación de calidad, con cobertura y equidad entre los sectores de la sociedad, así como entre los ámbitos rural y urbano, sigue siendo un anhelo y una promesa de todo país. Evidentemente las instituciones de educación agrícola no son responsables de la crisis ni tampoco es su responsabilidad resolverla en todos sus componentes, ya que tanto la educación como la suerte del campo están sujetas fuertemente a un modelo económico social y a un proyecto de país. Si les corresponde a las instituciones educativas realizar una crítica a ese modelo y proyecto, crítica que se ejerce a través de propuestas y defensa de estas.

Actualmente las Instituciones de educación superior tienen un gran desafío que es fortalecer la vinculación con el campo laboral, el cual marca la pauta hacia el perfil de egreso, donde sus egresados deben tener una visión multidisciplinaria y su formación cuyo perfil se orienta no solo a obtener elementos y herramientas que incidan en la parte productiva de la agricultura, lo cual es básico e importante, sino en la formación integral que comprende conocimientos y habilidades en el ámbito de los Agronegocios, y aptitudes para los procesos de planeación, implementación y administración agroempresarial, actitudes para dar y mantener la competitividad y la vinculación al mercado de manera favorable, dando un Ingeniero agrónomo proactivo, propositivo, creativo y comprometido con lo que hace y con quién lo hace (Niembro y Navarro, 2013).

La naturaleza de las Ciencias Agropecuarias, donde están insertadas las licenciaturas que forman Ingenieros Agrónomos y Médicos Veterinarios Zootecnistas, se requiere llevar actividades fuera del aula, las cuáles son herramienta de gran utilidad a los docentes responsables de las unidades de aprendizaje que soportan la base principal de los conocimientos necesarios para la profesión y más aún en el desarrollo de las habilidades y destrezas que requiere todo profesional de estas ciencias, por lo que hace necesario comprender que son las prácticas de campo y cuáles son sus características y su finalidad para la construcción y aplicación de conocimientos para la resolución de casos reales.

Por lo que en la actualidad la formación del Ingeniero Agrónomo sin importar su especialidad debe estar enfocada a partir de estrategias de aprendizaje, como un recurso que permitirá una resolución de un caso real, donde tendrá la posibilidad de realizar una integración de su conocimiento adquirido previamente, al nuevo y construir un nuevo conocimiento, que le dará las herramientas necesarias para poder dar respuesta al problema que se le presenta. Por lo que deben cursar la unidad de aprendizaje Estancia en el último periodo de su trayectoria ideal y estar preparados para la incertación al campo laboral las áreas de acentuación deberán ser impartidas a partir de resolución de casos.

En el 2004 se llevó a cabo la aprobación de la reestructuración del Programa Educativo de la Licenciatura de Ingeniero Agrónomo en Producción, que inició sus trabajos en 1987 con sede en la Unidad Académica profesional Zumpango Ahora Centro Universitario UAEM Zumpango en una versión rígida y con esta modificación se logró la modalidad flexible, donde el estudiante en compañía con su Tutor Académico traza la trayectoria ideal de acuerdo con sus intereses particulares.

Esta modificación a la estructura del programa Educativo, que al ser dividido en tres núcleos: Básico, sustantivo e Integral, busca que el estudiante desarrolle sus competencias y habilidades para la resolución de casos y que ellos con su tutor van conformando su formación acorde a las unidades de aprendizaje que están presentes como obligatorias y optativas en el área de Acentuación ya sea agrícola o pecuaria elegida de acuerdo a sus competencias adquiridas durante su formación básica y sustantiva, antes de elegir la unidad de Aprendizaje de Estancia, una vez que han llegado al décimo periodo de la Licenciatura, los discente eligen la Unidad de Aprendizaje de Estancia la cual tiene finalidad de que realicen una estadía de 5 meses en alguna dependencia del orden Federal, Estatal ó Municipal, hasta en la iniciativa privada, que ha permitido que nuestros estudiantes se estén desempeñando en el campo laboral antes de egresar, es un preámbulo importante entre la escuela y el campo laboral, así mismo ellos tienen asignado un profesor de la licenciatura que le da el seguimiento académico, y valorar sus desempeño profesional en dichas dependencias o empresas y recoger recomendaciones que pueden ser consideradas en la conformación de perfiles de egreso, es decir ajustarlo a acuerdo a las exigencias del campo laboral.

Es necesario recordar que las estancias académicas son las actividades relacionadas con su área de estudio, las cuales le permiten laborar de manera temporal en un lugar y cuya finalidad es la de ganar experiencia y aprender de manera práctica todo lo aprendido en la universidad.

La **importancia** reside en que *se trata de una actividad de complementación para la formación académica y profesional de los estudiantes de distintas facultades y carreras, esta brinda la oportunidad de colocar en práctica los conocimientos que se han adquirido.*

Por lo anterior la realización de la estancia es una actividad extra-aula que brinda la oportunidad de ampliar los conocimientos y habilidades adquiridos en el salón de clase. Su objetivo principal es complementar, a través del contacto con la realidad, la formación teórica que reciben los alumnos, se persigue la obtención de aprendizajes significativos y la aplicación de los conocimientos adquiridos en el salón de clases

Dentro de los objetivos de esta la Estancia es que al estudiante inicie su labor con profesionista en el ejercicio **profesional** a través de la vinculación a un organización nacional o internacional que puede ser pública o privada, de igual forma se procura otorgarle al discente la posibilidad de sumar la **experiencia laboral** a su preparación teórica y que así pueda avanzar en su crecimiento y que pueda desarrollar sus **habilidades y actitudes** para un puesto de trabajo en específico, mostrando lo que saber hacer y el valor agregado que puede brindarle a una empresa, además también puede aprender más sobre la profesión de la que se pretende graduar.

Materiales y Métodos

El Centro Universitario UAEM Zumpango de la Universidad Autónoma del Estado de México, se encuentra ubicado en el Municipio de Zumpango de Ocampo, es un espacio descentralizado que se encuentra en la parte Noroeste del Estado de México, desde 1987, ha ofertado la Licenciatura de Ingeniero Agrónomo en Producción, y en el 2004 se implementó planes y programas bajo el enfoque de competencias, con la intención de disminuir los índices de reprobación, de deserción, así como la tasa de eficiencia terminal, el trabajo pretende realizar una análisis sobre las Estancias como estrategias integradoras del conocimiento con la práctica, a partir del seguimiento académico de un profesor asignado por la Coordinación Académica del Programa Educativo, que se el enlace entre la Escuela y las Dependencias del orden Federal, Estatal ó Municipal e iniciativa privada.

Resultados Obtenidos

En este periodo 2019A se tiene un total de 28 alumnos realizando sus estancias en las siguientes Instituciones, Empresas, como se muestra en el siguiente cuadro:

Empresa	Localidad	No.de Alumnos realizando Estancia
TIENDAS CHEDRAUI SA DE CV	CEDIS TEOLOYUCA	2
GRANJAS AVICOLAS ROCER	ZUMPANGO	2
FOMENTO AGROPECUARIO	TEOLOYUCAN	1
PRODUCTORES DE PLANTAS Y VEGETALES	COYOTEPEC	3
CENTRO DE ACOPIO TEONANACTATL S.C DE R.L DE C.V	MELCHOR OCAMPO	3
RANCHO CHELITA	TEQUIXQUIAC	1
FOMENTO AGROPECUARIO	ZUMPANGO	1
COSECHOS DE TECOZAUTLA S. DE P.R. DE R.L.	LOS PINOS PANHE HIDALGO	2
SOLUCIONES CONSTANTES EN DESARROLLO PROTERA S.A DE CV	ECATEPEC	1
INSUMOS AGROPECUARIOS Y CONTROL DE PLAGAS LOS OAXACAS	ZUMPANGO	1
		1

Como se puede apreciar son 10 dependencias, donde están realizando 18 estudiantes su estancia académica los cuales son evaluados con criterios de valores y competencias profesionales

Este tipo de estrategias se centra en el aprendizaje, por lo cual el estudiante es el centro de la acción, y el profesor es tan solo un coordinador estratégico de las actividades. La estrategia no es un fin, sino un medio para que los discentes desarrollen capacidades colectivas para la solución de problemas, siendo innovativos en la búsqueda de alternativas basadas en la observación, la experimentación, el descubrimiento, el análisis y la discusión grupal, la síntesis y toma de decisiones, siempre basados en sus necesidades y condiciones del entorno donde se desarrollen (Pezo et.al.2007).

Esta metodología supone romper paradigmas de enseñanza/aprendizaje en el comportamiento de los estudiantes. Es una oportunidad para compartir los saberes técnicos- científicos y los que constituyen el conocimiento (Pezo et.al.2007), generado a partir de su estancia en semestres anteriores. Además, esta estrategia incentiva el interés de los alumnos en la experimentación, como insumo para el proceso de toma de decisiones.

Conclusiones

- Las Estancias académicas es un espacio donde el estudiante tiene la oportunidad de realizar un reforzamiento de la teoría y llevarla a la práctica y de esta manera tener un inicio en el campo laboral de su profesión
- Permite trabajo en equipo y aprecia la valoración de la participación en un medio productivo y del desempeño de habilidades donde resulta necesario la integración de los conceptos teóricos y prácticos para la resolución de casos.
- Se destaca la importancia de generar espacios productivos de integración donde los estudiantes puedan realizar prácticas profesionales con el acompañamiento de docentes en el marco de un proyecto integral.

Bibliografía

Arias S., Martinonia G.I., Piazza A.M., Requesens E., Núrica R.P., Valicenti R. taller de integración: una propuesta para Agronomía. Revista argentina de Humanidades y Ciencias Sociales. Vol. 4, Núm.1 (2006). ISSN 1669-1555.

Pedraza R. D.M.1992. Diagnóstico, planeación y desarrollo de una granja didáctica agropecuaria. Universidad la Salle, Facultad de Administración de Empresas Agropecuarias.

Pezo A. D., Cruz J., Piniero M. 2007. Las Escuelas de Campo de Ganaderos: Una Estrategia para Promover la Rehabilitación y Diversificación de Fincas con Pasturas Degradadas. XX Reunión ALPA, XXX Reunión APPA-Cusco-Perú. Arch. Latinoamérica. Producción Animal. Vol.15 (Suplemento 1)

Ramírez D. M.; Serrano Z. C. 1989. La práctica de campo, medio de aprendizaje profesional. ESC. Unidad de Trabajo Social. Núm 2. Ed universidad Complutense. Madrid.

PRIAG, 1995. Elementos para una estrategia de transferencia de tecnología, Documento Técnico 20, IICA, Central Coronado, Costa Rica.

Quintana M. R.M., Espinoza P.J.R., Gutiérrez O.A.C. Granja didáctica universitaria, Educación ambiental y producción animal sustentable para toda la vida. Revista Iberoamericana para la Investigación y Desarrollo Educativo. Vol.4, Núm.7 Julio-diciembre 2013. ISSN 2007-7467.

Niembro G. C.A; Navarro S.L. 2013. Tendencias Actuales de la Formación del Ingeniero Agrónomo. Capítulo del Libro. Profesionalización y Campo Laboral de la Educación Agrícola de Gutiérrez L. J.L; Niembro G. C. 2013. Editorial Parentalia ediciones, México.

<https://www.euroinnova.mx/blog/la-importancia-de-las-practicas-profesionales>

Notas Bibliográficas

El Dr. en Ed. José Luis Gutiérrez Liñán. Es profesor de tiempo completo en el Centro Universitario UAEM Zumpango de la Universidad Autónoma del Estado de México. Su licenciatura es Ingeniero agrónomo en Producción, su Maestría en Fitomejoramiento y Doctor en educación. Su línea de Investigación es Educación Agrícola, es Profesor con reconocimiento Deseable ante la SEP, Líder del Cuerpo Académico Gestión de la Educación e Investigación Sustentable. Ha escrito 9 libros y más de 10 capítulos de libros, ha impartido diferentes ponencias en encuentros académicos a nivel nacional como internacional, asesor de proyectos de titulación.

La Dra. en Ed. Carmen Aurora Niembro Gaona. Es profesora de tiempo completo en el Centro Universitario UAEM Zumpango. Su maestría es en Docencia y administración de la Educación Superior y Doctora en Educación. Su línea de Investigación es Educación, Integrante del Cuerpo Académico Gestión de la Educación e Investigación Sustentable, instructora de cursos a docentes de educación básica y educación Media Superior. Escritora de 3 Libros y 9 capítulos de libro, escritora de varias ponencias, asesora de proyectos productivos y de emprendedurismo. Es profesora con Reconocimiento Deseable ante la SEP.

El **M. en Edu. Alfredo Medina García**, Es Profesor de tiempo Completo en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del estado de México, es integrante del Cuerpo Académico Gestión de la Educación e Investigación Sustentable, autor de varios capítulos de libro, ponente en diferentes eventos académicos a Nivel Nacional e Internacional.

El **Dr. en C.y A.D. Jorge Eduardo Zarur Cortés**. Profesor de Tiempo Completo, Centro Universitario UAEM Zumpango, en la Licenciatura de Diseño Industrial, es Profesor con reconocimiento Deseable ante la SEP, autor de varios capítulos de libro, ponente en diferentes eventos académicos a Nivel Nacional e Internacional.

Propuesta de un Tratamiento Químico en la Sanitización de la Verdolaga para Extender su Vida de Anaquel

Dr. Alfredo Alejandro Guzmán Becerra¹, MIQ. José Muñoz Flores² y Erandi Sánchez García³.

Resumen: En la actualidad hay alimentos que antes de ser embarcados reciben tratamientos químicos de sanitización para extender su vida de anaquel. Un claro ejemplo es la verdolaga, que, si no se cuidan las variables adecuadamente, como la concentración del sanitizante, la temperatura de preenfriado, el tiempo de reposo, pueden afectar al producto severamente. Es por lo que se propuso diseñar una metodología con diferentes tratamientos considerando las diferentes variables y evitando los flujos de aire externos a bajas temperaturas. Dando como resultado, una variabilidad en la diferencia de pesos que van desde un 10 % hasta 17.5 % (testigo) en un periodo de 12 días en el que se realizó el experimento, esta pérdida de masa se encuentra relacionada con su apariencia, signos de deshidratación, descomposición, baja coloración y cantidad de número de hojas, entre otros factores que afectan la vida de anaquel de la verdolaga.

Palabras clave: Sanitización. Verdolaga, Tratamiento, Preenfriado, Anaquel.

Introducción

El estado de Puebla ocupa el primer lugar en producción de hortalizas por la capacidad de los productores, la eficiencia en sus sistemas de producción, sus variedades y la inocuidad de sus cultivos. Estas hortalizas se comercializan para consumo nacional y algunas son exportadas al extranjero mediante empresas que cuentan con las certificaciones en estándares de calidad e inocuidad.

La mayoría de las hortalizas antes de ser embarcados reciben diferentes procesamientos de sanitización estandarizados para alargar su vida de anaquel, sin embargo, algunas empresas tienen productos que no cuentan con un tratamiento químico de sanitización específico, algún ejemplo de ello es la verdolaga como se muestra en la figura 1.

La verdolaga constituye una alternativa como hortaliza debido a sus potencial nutricional, productivo y económico (Lagunes, 2021), su rendimiento está determinado principalmente por el desarrollo de tallos y hojas, es por ello que se ha incrementado el interés en la siembra como cultivo alimenticio. (Conteras, 2016)

Kaşkar, C. *et al* (2009) menciona que esta planta es una gran fuente de ácidos grasos poliinsaturados (Omega 3, α -linolénico, LNA), una excelente fuente de vitaminas antioxidantes (α -tocoferol, ascórbico ácido y β -caroteno), algunos aminoácidos (isoleucina, lisina, metionina, cistina, fenilalanina, tirosina, treonina y valina) y minerales especialmente potasio.

En México, alrededor de 500 hectáreas se siembran con la especie vegetal, las cuales se localizan en: Morelos, la Ciudad de México, Baja California y el estado de México, con una capacidad para generar más de 6 mil toneladas por año, de las cuales alrededor de una tercera parte se exporta.

En 2018, Estados Unidos adquirió 2 mil 31 toneladas, con un precio medio de compra de un dólar por kilogramo. (SIAP, 2019)



Figura 1. Verdolaga (Portulaca Oleracea).

¹ Docente/Investigador, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Complejo Regional Centro, correo electrónico: alfredo.guzmanb@correo.buap.mx.

² Docente/Investigador, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Complejo Regional Centro, correo electrónico: munoz.jose@correo.buap.mx.

³ Estudiante de Ingeniería Agroindustrial, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Complejo Regional Centro, correo electrónico: erandi.sanchez@alumno.buap.mx.

El objetivo de la conservación de la verdolaga es evitar el desarrollo de microorganismos (*Aspergillus niger*, *Alternaria sp.* que producen la inhibición de la germinación, cambios de color, calentamiento, amohosado, apelmazado y podredumbre tanto en semillas como tallos y hojas.), manteniendo en el mayor grado posible, sus atributos de calidad, incluyendo color, textura, sabor y especialmente valor nutritivo.

En la industria se usan diferentes métodos de preservación de hortalizas como lo son: métodos de fermentación, secado solar, la irradiación, atmosferas controladas, cambios de temperatura, desinfectantes y la deshidratación por congelación. (Guerrero, 2015).

Como menciona Yañez (2015) que la aplicación de frío o preenfriado (Cuadro 1) en la postcosecha permite limitar el desarrollo de microorganismos, y conserva su calidad durante la transportación o almacenamiento. Aunado a esto también se disminuya la producción de etileno del producto, lo que deriva en mejores productos y menos pérdidas.

En paralelo, el uso de tratamientos con agentes sanitizantes ayuda a mantener controlada la presencia de microorganismos. Los desinfectantes se hacen en solución acuosa por inmersión o aspersión. El alcance del tratamiento depende del compuesto desinfectante y de los microorganismos que se requiera eliminar. Su eficacia varía con la concentración del agente, y en mayor o menor medida con la temperatura, el pH, el tiempo de contacto y el contenido de materia orgánica.

Algunos ejemplos de ellos son los compuestos clorados (Hipoclorito, Dióxido de cloro y Clorito de sodio), los compuestos de oxígeno activo (Peróxido de hidrógeno y Ácido peracético), los compuestos de amoníaco (sales cuaternarias) y los ácidos orgánicos (Citrolac (ácido láctico/ ácido cítrico), Ácido acético y Citrosan (extracto cítrico)). Con ello, se plantea una propuesta de mejora por lo que se realizó un diseño experimental considerando las siguientes variables: temperatura de preenfriado, tipo de sanitizante, concentración de sanitizante, que ayudará a preservar las características físicas y la vida de anaquel de la verdolaga evitando así pérdidas económicas.

Para este proyecto se trabajaron en dos diferentes empresas dedicadas a la exportación de frutas y hortalizas, la empresa A se encuentra ubicada en el municipio de Acatzingo de Hidalgo, Puebla, y la empresa B ubicada en el municipio de Quecholac, Puebla. Debido a cuestiones de confidencialidad con ambas empresas no se mencionarán sus nombres solamente la ubicación.

Técnica de Preenfriado	Descripción
Preenfriamiento con Agua o Hydrocooling	Enfría el producto por el riego con agua fría o la inmersión por hundimiento.
Preenfriamiento con aire	Método que consiste en hacer pasar un flujo continuo de aire frío entre los paquetes colocados en el vehículo para transporte, ya sea en cuartos o en túneles de preenfriamiento.
Preenfriamiento con hielo	Se usa hielo molido o cubos de hielo, método efectivo en aquellos empacados que no pueden ser enfriados con aire forzado.
Preenfriamiento por vacío	Se basa en la evaporación de parte del agua del producto a muy baja presión atmosférica. Los productos que fácilmente liberan agua pueden ser enfriados en 20 o 30 minutos.

Cuadro 1. Diferentes métodos de preenfriado usado para empacar hortalizas.

Descripción del Método

Para realizar una mejora en las metodologías, se tiene que conocer el diagrama de flujo de proceso de la Empresa A y la Empresa B, como se muestra en la figura 2.

Descripción del diagrama del Proceso en ambas empresas.

a) Recepción de materia prima. Se recibe la verdolaga, se verifica que cumpla con los requerimientos como es: apariencia fresca, libre de plagas u hongos, cumplir con intervalo de seguridad en cuanto a aplicación de agroquímicos, tamaño, color, altura, grosor del tallo, transporte limpio, con techo, puertas y libre de objetos en cuanto al transportista uso de cofia y cubre bocas.

b) Retiro de hojas inferiores del tallo. Una vez recibido el producto se realizan manojos de acuerdo con los requerimientos establecidos por la empresa, se retiran las hojas laterales de la rama dejando hojas únicamente en la

parte superior aproximadamente de 3 a 5 cm. los cuales deben de retirar las hojas laterales y dejando las hojas superiores.

c) Emparejado de la parte superior e inferior. Emparejar las partes superiores y amarrar el manojó, cortar el exceso de tallo el cual debe medir aproximadamente 12 centímetros, el peso de cada ramo debe ser el solicitado por la empresa.

d) Enjuague. Se sumerge en agua a temperatura ambiente con ligeros movimientos (tipo sacudir dentro del agua) para eliminar el exceso de tierra, el tiempo será según la cantidad de tierra presente en el producto.

e) Preenfriado y/o sanitizado. Se prepara una solución de agua con hielo y el sanitizante según utilizado en la empresa, en la empresa A utiliza una solución de Citrosan (ácido cítrico 888 ppm a 1,110 ppm) a una temperatura de 0°C a 6°C, y en la empresa B no usa temperatura de preenfriado en el agua, solo agrega la solución de Dioxy-san (clorito de sodio a 5 ppm) a temperatura ambiente.

e) Envasado. En la empresa A se empaqueta la verdolaga en bolsas de polipapel y en la empresa B se cubre con papel cera, en ambas empresas se colocó dentro de una caja plástica para su almacenamiento.

f) Almacenamiento en cámara frigorífica. En ambas empresas se almacenan en una cámara frigorífica a temperatura variable debido a que no se cuenta con cuarto frío exclusivo para la verdolaga, pues se almacenan junto con otros productos y esto varía en el cambio de temperaturas.

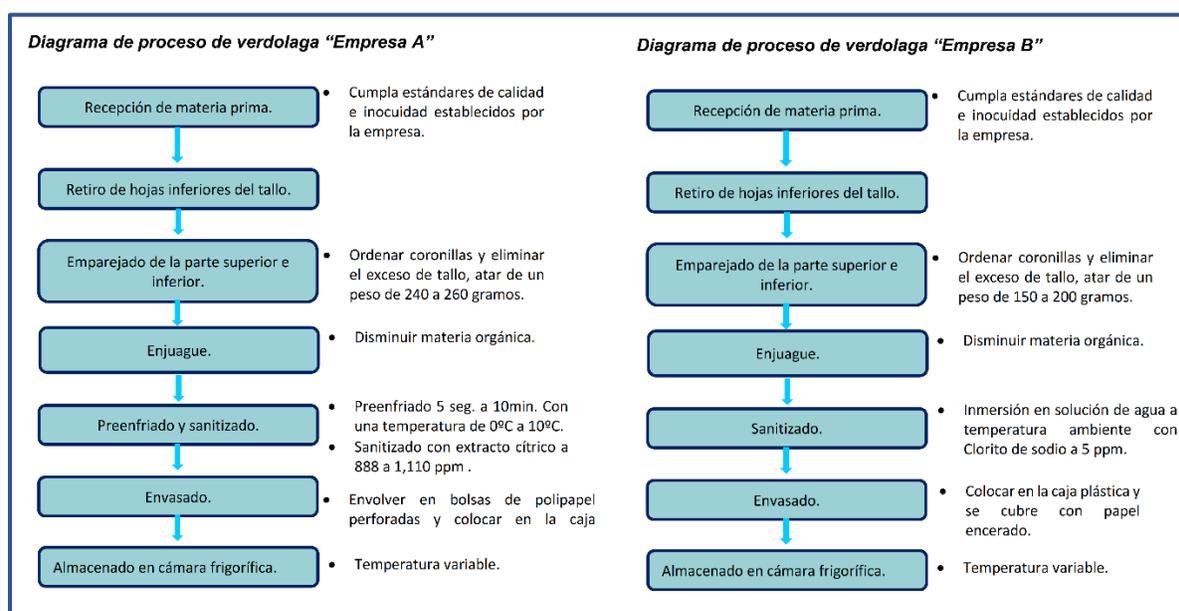


Figura 2. Diagramas de proceso del empaque de la verdolaga en dos empresas diferentes.

Descripción de la propuesta del Diseño

El diseño experimental se propone de la siguiente manera (véase cuadro 2), dado que en ambas empresas se manejan dos diferentes sanitizantes y temperaturas similares a las que se muestran a continuación, las variables a evaluar en este diseño son tipo de sanitizante y temperatura, esto con la finalidad de obtener una metodología idónea para tener mayor vida de anaquel en el producto evitando deterioro, se consideró realizar un enjuague a todos los tratamientos para eliminar el exceso de materia orgánica presente en el producto, el tiempo se eligió en base a productividad de las empresas con periodos cortos comúnmente usados en las empacadoras, dos tipos de sanitizantes debido a que se utiliza uno diferente en cada empresa ("A" y "B") y las concentraciones se tomaron en base a las recomendadas por su ficha técnica de cada sanitizante.

Descripción de cada tratamiento aplicado.

El diseño experimental aplicado se hará por triplicado en un lapso de 12 días cada manojó tendrá 200 gramos, a continuación se describirá cada tratamiento aplicado a cada una de las muestras como se ve en el cuadro 2 y figura 3.

Testigo. Realizar un enjuague y colocarse en una caja plástica para su almacenamiento.

Tratamiento 1 (T1). Realizar un enjuague, sanitizar en una solución de clorito de sodio (Dioxy-san) a 5 ppm a una temperatura ambiente y colocarse en una caja plástica para su almacenamiento.

Tratamiento 2 (T2). Realizar un enjuague, sanitizar en una solución de ácido orgánico (Citrosan) a 540 ppm a una temperatura ambiente y colocarse en una caja plástica para su almacenamiento.

Tratamiento 3 (T3). Realizar un enjuague, sanitizar en una solución de ácido orgánico (Citrosan) a 1,110 ppm a una temperatura ambiente y colocarse en una caja plástica para su almacenamiento.

Tratamiento 4 (T4). Realizar un enjuague, preenfriar y sanitizar en una solución de clorito de sodio (Dioxy-san) a 5 ppm a una temperatura de 4°C a 6°C y colocarse en una caja plástica para su almacenamiento.

Tratamiento 5 (T5). Realizar un enjuague, preenfriar y sanitizar en una solución de ácido orgánico (Citrosan) a 540 ppm a una temperatura de 4°C a 6°C y colocarse en una caja plástica para su almacenamiento.

Tratamiento 6 (T6). Realizar un enjuague, preenfriar y sanitizar en una solución de ácido orgánico (Citrosan) a 1,110 ppm a una temperatura de 4°C a 6°C y colocarse en una caja plástica para su almacenamiento.

Tratamiento	Tiempo	Temperatura	Sanitizante	Concentración
Testigo	-	-	-	-
T1	Rango de 60 a 90 segundos	Temperatura Ambiente	Clorito de sodio (Dioxy-san)	5 ppm
T2			Ácido orgánico (Citrosan)	540 ppm
T3			Ácido orgánico (Citrosan)	1,110 ppm
T4	4° a 6° C	4° a 6° C	Clorito de sodio (Dioxy-san)	5 ppm
T5			Ácido orgánico (Citrosan)	540 ppm
T6			Ácido orgánico (Citrosan)	1,110 ppm

Cuadro 2. Propuesta de Diseño experimental.

Comentarios Finales

Resumen de resultados

Analizando los resultados obtenidos (véase cuadro 3 y figura 5) se determinó que el tratamiento 5 es el mejor evaluando porque presento mejor apariencia en cuanto a coloración de las hojas y textura teniendo en cuenta que no se observa significativamente la deshidratación, así mismo se observó menores signos de pudrición (no significativos y con presencia muy escasa) después de 12 días de almacenamiento resultando el más eficaz en 3 de 3 repeticiones, seguido del tratamiento 2 en 3 de 3 repeticiones por la coloración de las hojas y así mismo presento una textura en las hojas considerada buena y un limitado número de hojas con signos de senescencia y una escasa presencia de pudriciones a comparación los demás procedimientos aplicados en las muestras, en cuanto al peso de las muestras estas se encuentran relacionadas con su apariencia, según los datos obtenidos en las muestras que mostraron mejor apariencia se presentaron menores pérdidas de peso, en cuestión de deshidratación se ubica como óptimo el tratamiento 5 exponiendo un 10 % de pérdida en un periodo de 12 días, seguidamente del tratamiento 2 con una pérdida de 12.67 %, posteriormente el tratamiento 3 con una pérdida de 13.83 % y finalmente el testigo con la más alta pérdida de peso con un 17.5 %.

Tratamiento	Perdida en porcentaje
Testigo	17.5%
1	14.335 %
2	12.67 %
3	13.835 %
4	14.5 %
5	10 %
6	17%

Cuadro 3. Porcentaje de pérdida de Verdolaga por cada tratamiento.



Figura 4. Pérdida de peso en porcentaje de la Verdolaga.

Conclusión

Con los resultados y ejecuciones realizadas podemos concluir que la solución y la concentración con las que se sanitiza el producto contribuye directamente para la preservación de este, una alta dosis de sanitizante ocasiona una contaminación al producto reduciendo su eficiencia y en algunos caso siendo nula, obteniendo así como resultados favorables el T2 y T5 con una combinación de sanitizante de ácido orgánico (Citrosan) con una concentración baja pero dentro del rango recomendado por el fabricante del producto utilizado (540 ppm) y con un preenfriado a temperatura ambiente y a bajas temperaturas de 4 a 6 °C., mostro un resultado favorable para conservar la vida de anaquel de la verdolaga y de algunos productos frescos.

En cuanto a peso y apariencia se concluyó que el tratamiento idóneo es el T5 seguidamente del T2, sin embargo, cabe mencionar que existen algunas recomendaciones en la forma que son empacados los rollos de verdolaga, debido a que si son pocos rollos y se tiene contacto con una mayor cantidad de flujo de aire frio puede ocasionar una deshidratación más rápida.

Referencias

- Alzamora, E., *et al* (2004). CONSERVACION DE FRUTAS Y HORTALIZAS MEDIANTE TECNOLOGIAS COMBINADAS. FAO. Recuperado de <https://www.fao.org/3/y5771s/y5771s.pdf>
- Berdonces JL. (2009). GRAN DICCIONARIO DE LAS PLANTAS MEDICINALES. Barcelona, Spain: Editorial Oceano; pp. 1143-1144.
- Contreras-Ortega *et al.* (2016) CONSERVACIÓN DE VERDOLAGA MÍNIMAMENTE PROCESADA PROVENIENTE DEL SUELO E HIDROPÓNICA, DESINFECTADA CON UN AGENTE A BASE DE COMPUESTOS BIOACTIVOS. Obtenido de: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/3/80.pdf>
- Cortes, L. ((2019). PREELABORACIÓN Y CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS. Obtenido de <http://docplayer.es/82958132-Preelaboracion-y-conservacion-de-hortalizas.html>
- FAO. (1989). Manual para el mejoramiento del manejo postcosecha de frutas y hortalizas. Santiago, Chile. Serie: Tecnología Postcosecha 7. Obtenido de <https://www.fao.org/3/x5056s/x5056S00.htm#Contents>
- FAO. (1993). Procesamiento de frutas y hortalizas mediante métodos artesanales y de pequeña escala. Santiago, Chile. Obtenido de <https://www.fao.org/3/x5062s/x5062S00.htm#Contents>
- FAO. (2003). LA CLAVE ESTÁ EN EL COLOR. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Obtenido de <http://www.fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/fruitveg3.htm>
- Fonseca, J., (2011). CLAVE PARA ALARGAR LA VIDA DE ANAQUEL DE PRODUCTOS HORTÍCOLAS. Obtenido de <https://www.hortalizas.com/poscosecha-y-mercados/clave-para-alargar-la-vida-de-anaquel-de-los-productos-horticolos/>
- Garmendia, G., Silvana, V. (2006), MÉTODOS PARA LA DESINFECCIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS. Obtenido de www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rh197/18_27.pdf
- Guerrero, M. (2015) TIPOS DE CONSERVACIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS, Obtenido de https://medium.com/@maria97_07/tipos-de-conservación-de-frutas-y-hortalizas-ae098541f466
- IAUSA (s.f.). LA IMPORTANCIA DE LAS HORTALIZAS EN MÉXICO. AGRICULTURA, FERTILIZANTES. Obtenido de <https://iausa.com.mx/la-importancia-de-las-hortalizas-en-mexico/>
- Kaşkar, C. & Fernandez, Juan & Ochoa, Jesus & Niñirola, D. & Conesa, E. & Tuzel, Y.. (2009). Agronomic behaviour and oxalate and nitrate content of different purslane cultivars (Portulaca oleracea) grown in a hydroponic floating system. Acta Horticulturae. 807. 521-526. 10.17660/ActaHortic.2009.807.76.
- Lagunes, E., *et al.*; (2021). LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL CRECIMIENTO DE LA VERDOLAGA. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 12 (2).
- Mera, L., Bye, R., Castro, D. y Villanueva, C. (2011). DOCUMENTO DE DIAGNOSTICO DE PORTULACA OLERACEA, Universidad autónoma De Chapingo. Obtenido de www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/231822/Documento_de_diagnostico_de_portulaca_oleracea.pdf
- Montoya-García César O. *et al.*; (2017) IRESPUESTA DE LA VERDOLAGA (PORTULACA OLERACEA L.) A LA FERTILIZACIÓN CON NPK, Revista Fitotecnia Mexicana. 40 (3), pp. 325-332, Obtenido de: <https://www.redalyc.org/journal/610/61050549008/html/>
- Noticias UCC. (2018). INOCUIDAD EN FRUTAS Y VERDURAS. Obtenido de <https://www.ucc.edu.ar/noticiasucc/inocuidad-en-frutas-y-verduras/>
- SIAP. (2019). BOLETÍN DE EXPORTACIONES VERDOLAGA. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/475409/Exportaciones_verdolaga_2019.pdf
- Yáñez, M. L. (2015). PREENFRIAMIENTO, TIPOS Y APLICACIONES. Revista Mundo HVACR. Obtenido de <https://www.mundohvacr.com.mx/2015/06/preenfriamiento-tipos-y-aplicaciones/>

Notas biográficas

El Dr. Alfredo Alejandro Guzmán Becerra es Ingeniero Agrónomo egresado de la Universidad Veracruzana, y tiene el Doctorado en Gestión Ambiental para el Desarrollo por la Universidad Popular Autónoma de Veracruz.

El MIQ. José Muñoz Flores es Ingeniero en Alimentos egresado de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, y tiene la Maestría en Ingeniería Química por la Facultad de Ingeniería Química, BUAP.

Anexos

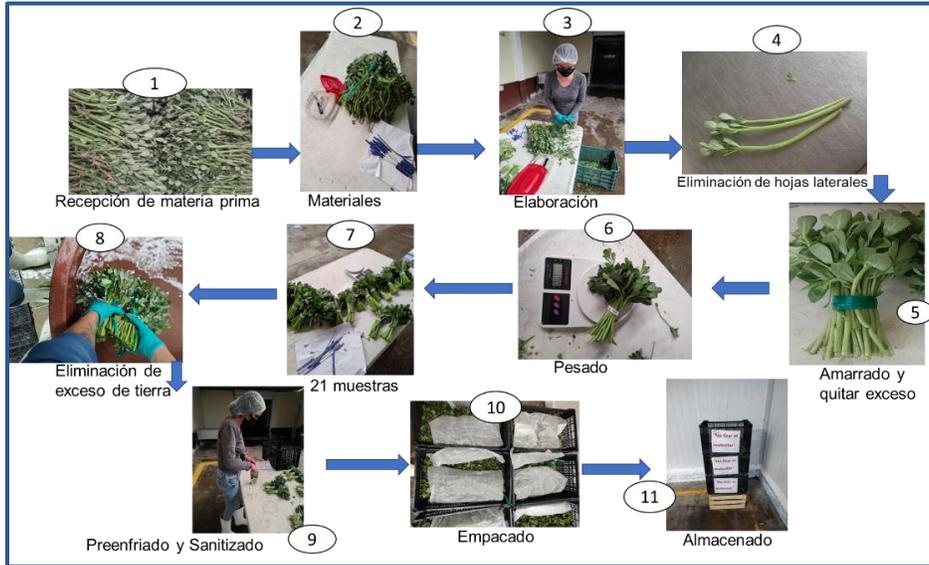


Figura 3. Descripción visual del diseño experimental del empaquetado de la verdolaga

		Repetición 1 evaluación de apariencia						
		Testigo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	Tratamiento 5	Tratamiento 6
Día 01								
	Día 12							
		Repetición 2 evaluación de apariencia						
		Testigo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	Tratamiento 5	Tratamiento 6
Día 01								
	Día 12							
		Repetición 3 evaluación de apariencia						
		Testigo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	Tratamiento 5	Tratamiento 6
Día 01								
	Día 12							

Figura 5. Apariencia y evaluación de los diferentes tratamientos

Big Data en áreas de Promoción Institucional de Universidades Privadas de Puebla y Cholula de FIMPES A.C.

Ph. D. (c) Jesús Hernández Sánchez¹ y Dr. Leopoldo Jorge Castañeda²

Resumen— En México, las instituciones universitarias que agrupa la Federación de Instituciones Mexicanas Particulares de Educación Superior (FIMPES A. C.) poseen el 17% de la matrícula del país. El presente trabajo surge a partir de un proyecto de tesis, el objetivo es realizar un análisis del uso de las tecnologías de Big Data que apoyan el proceso de toma de decisiones en las universidades privadas de las ciudades de Puebla y Cholula asociadas a FIMPES A. C. La metodología se encuentra dividido en tres fases: recolección de datos, proceso de los datos, Resultados. Finalmente, los resultados presentados muestran la situación actual de las tecnologías de Big Data en las ocho universidades en cuestión. Metodológicamente, es una investigación de tipo descriptivo con un diseño de campo. La técnica de recolección de datos es la encuesta mediante la aplicación de dos cuestionarios válidos y confiables.

Palabras clave— Análisis, *Big Data*, promoción institucional, universidades privadas, toma de decisiones.

Introducción

En la actualidad el interés de indagar de forma más profunda sobre cómo acoplar el volumen datos que se generan día a día, y que llevan de la mano una alta carga de información permiten lograr la competitividad de las empresas en su entorno (Mescua, 2020). Por ello, según Abrego (2017) establece que, para lograr un avance altamente significativo en los medios de comunicación, es importante definir categorías para tratar de agrupar los diferentes tipos de información. Por lo anterior, el conjunto de datos captados puede ser calificado en función al proceso de interpretación y a la transformación a la que son sometidos, definiéndolos como infinitos a aquellos a los no se pueden limitar y cuya accesibilidad es instantánea, por lo que pueden encontrarse en todos los ambientes donde se desenvuelve el ser humano (Hernández, 2017).

A nivel mundial en los últimos años se ha evidenciado un incremento considerable de la cantidad de población estudiantil que busca canalizar sus inquietudes (RICYT, 2020), habilidades y destrezas, en los estudios superiores o universitarios y la comunidad Mexicana no escapa de esta realidad, mostrando una inclinación hacia las universidades públicas que a mediados del año 2021 ubicaron su demanda en el 62%, mientras que las universidades e institutos privados mostraron un 38%, reflejando un desarrollo progresivo desde el año 1960 donde se ubicaban en 23% (ANUIES, 2021). Por otra parte, desarrollar planes o estrategias para la promoción de las instituciones universitarias implica hacer una proyección que refleje la firmeza y solidez del programa educativo, de los procesos institucionales, a fin de que se observé el cambio y la comunidad estudiantil aunado a sus familiares estén en capacidad de superar otras barreras que se presentan en la universidades privadas, como son los costos de las matrículas (Aguilar, 2020), los cuales pueden ser valorados en función a la imagen de calidad académica que exhiban (Rama, 2018).

En este propósito, el proceso de toma de decisiones juega un papel fundamental y el empleo de las herramientas de comunicación e información que permitirán que dichos planes puedan cumplir sus metas propuestas logrando agrupar y establecer categorías (Lapiedra et al., 2021), a fin de seleccionar los datos que aportaran mayor conocimiento sobre las preferencias de los estudiantes, que posteriormente serán de gran utilidad para el proceso de sensibilización, acercamiento e identificación con la institución convirtiéndose de esta manera en una ventaja tangible sobre las mismas de su especie (Rodríguez y Pinto, 2018).

Hechas las observaciones anteriores, las universidades como empresas propias del servicio educativo generan datos internos y absorben información externa de sus principales grupos de interés, entre los que se encuentran las diferentes redes sociales como Facebook o Instagram, así como las diversas plataformas y bases de datos digitales, lo cual implica el volumen de dicha información tiende a alcanzar grandes capacidades, por lo que debe existir un sistema que logre captar la robustez de los mismo y que al mismo tiempo sea flexible y para sea capaz de potenciar el crecimiento de las instituciones a nivel empresarial y económico (Tan et al., 2017). Finalmente, a través de esta investigación se pretende analizar el uso Big Data en la toma de decisiones en el área de promoción institucional de las universidades privadas de educación superior de las ciudades de Puebla y Cholula asociadas a FIMPES A. C.

¹ Ph. D. (c) Jesús Hernández Sánchez es Estudiante de Doctorado de Planeación Estratégica y Dirección de Tecnologías por la UPAEP, Puebla, Puebla. jesus.hernandez07@upaep.edu.mx (autor correspondiente).

² Dr. Leopoldo Jorge Castañeda es Profesor de la Carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial en el Tecnológico Nacional de México Campus pinotepa. Pinotepa Nacional Oaxaca, México. leopoldo.c@pinotepa.tecnm.mx

Descripción del Método

Diagrama de la metodología

Enseguida se presenta el camino recorrido para alcanzar los objetivos de la investigación. En este sentido, incluye el modelo sobre el que se realizó el cuestionario, el tipo y diseño del estudio, la población y muestra, las técnicas y herramientas de recolección de datos, y la validez y confiabilidad de los instrumentos y métodos de información y análisis. Por lo anterior, para el desarrollo de la investigación se consideró la siguiente metodología que consta de diferentes etapas que se presentan en la Figura 1.

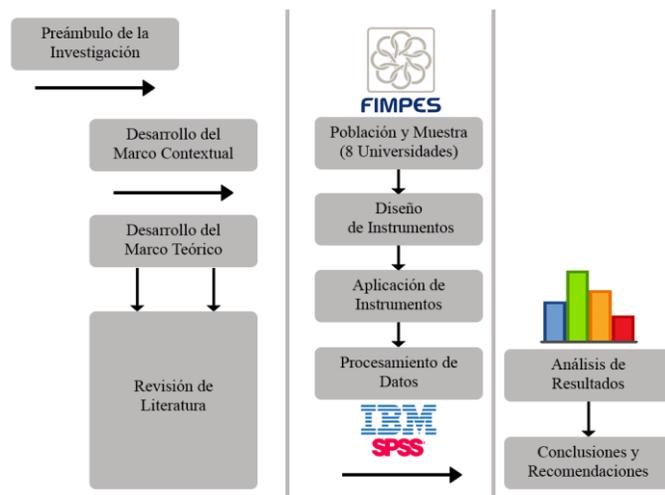


Figura 1. La metodología empleada para el desarrollo de la presente investigación. Hernández et al., (2021).

En atención a las características que presenta la investigación, la misma se encuentra enmarcada dentro del paradigma positivista, también llamado probabilista, neopositivista o cuantitativo (Hernández et al., 2017). En este sentido, es importante indicar que el paradigma positivista se adoptó como modelo de investigación en las Ciencias Físicas y Naturales, se aplicó al campo social y más tarde al educativo (Gutiérrez, 2017). Además, el positivismo combina el racionalismo, el empirismo y la lógica inductiva y deductiva, denominado a veces como hipotético deductivo, cuantitativo, empírico-analista y racionalista, naturalista. La ciencia para ser considerada como tal, debe adaptarse al paradigma de las ciencias naturales, que caracterizaba por el monismo metodológico, el método fisicomatemático, la explicación causal y la predicción (Hernández et al., 2017). Dado que el objetivo de esta investigación consiste en analizar el uso de Big Data como herramienta en la toma de decisiones del área de promoción institucional de las universidades privadas de educación superior de las ciudades de Puebla y Cholula asociadas a FIMPES A. C, por su naturaleza y dentro del enfoque positivista, constituye una investigación descriptiva. Para Hernández et al., (2017), se busca información para caracterizar el fenómeno en estudio, es decir, se pretende especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos, sin indicar cómo se relacionan éstas.

El diseño de la investigación consiste en desarrollar un plan o una estrategia diseñada de tal manera que permita una resolución satisfactoria de problemas para responder a la pregunta de investigación, es decir, específica cómo se llevará a cabo la investigación (Hernández et al., 2017). Con referencia a lo anterior, en este caso se diseñó un estudio de campo tomando en cuenta los datos necesarios recolectados directamente de campo. En primer lugar, la población es el conjunto de individuos u objetos de interés o medidas obtenidas a partir de todos los individuos u objetos de interés. Además, una población es considerada un conjunto de unidades usualmente personas, objetos, transacciones o eventos; en los que estamos interesados en estudiar (Pastor, 2019). Por otro lado, para Arias (2021) la población es la totalidad de elementos del estudio, es delimitado por el investigador según la definición que se formule en el estudio. Además, la población y el universo tienen las mismas características por lo que a la población se le puede llamar universo o de forma contraria, al universo, población.

Además, la población se refiere a la totalidad de sucesos o hechos que coinciden o se corresponden con ciertos parámetros establecidos (Hernández et al., 2017). En este sentido, la población para esta investigación consideró un 95% de nivel de confianza y estuvo compuesta por el personal de promoción y técnicos que cumplen sus funciones en las 8 universidades asociadas a FIMPES A.C. ubicadas en las ciudades Cholula y Puebla pertenecientes al estado de Puebla, debido a que las mismas cuentan con la diferenciación de calidad que confiere esta organización.

Por lo anterior, para el desarrollo de la investigación se determinó la población que está compuesta por 85 integrantes de personal de promoción y 42 integrantes de personal técnico del departamento de promoción institucional de cada una de las instituciones de educación universitaria privada asociadas a FIMPES A. C. seleccionadas como se muestran los datos en la Cuadro 1. Además, es importante mencionar que FIMPES es una agrupación de instituciones mexicanas particulares, cuyo propósito mejorar la comunicación y colaboración de éstas entre sí y otras instituciones educativas, para que sus miembros puedan cumplir mejor la responsabilidad de servir a la nación.

Siglas	Universidades Asociadas a FIMPES A.C.	Personal de promoción	Personal Técnico
ITESM	Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey Campus Puebla	13	6
IEU	Instituto de Estudios Universitarios A.C. Puebla	10	5
ANÁHUAC	Universidad Anáhuac Puebla	8	4
UMAD	Universidad Madero Puebla	9	4
UDLAP	Universidad de las Américas Puebla	12	6
UIAP	Universidad Iberoamericana de Puebla	11	5
UPAEP	Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla	12	8
UVP	Universidad del Valle de Puebla	10	4
Total		85	42

Cuadro 1. Descripción de los elementos de la población a estudiar en la investigación. Hernández et al., (2021).

Por otro lado, para fines la presente investigación se realizó de las dos maneras de aplicar el instrumento: administrado y por entrevista personal a cada uno de los participantes de las ocho universidades privadas asociadas a FIMPES A. C. de las ciudades de Puebla y Cholula. En este sentido, se consideró desarrollar una agenda de días para aplicar los instrumentos de recolección de datos en un tiempo aproximado de 6 meses para dichas universidades. Además, es importante mencionar que con la situación de la pandemia generada por el COVID-19 se realizaron modificaciones a dicha agenda lo que implicó una ampliación de tiempo a 8 meses para terminar de aplicar los cuestionarios.

Comentarios Finales

Después de la aplicación de encuestas al personal del área o departamento de promoción institucional de las ocho instituciones educativas privada de las ciudades de Puebla y Cholula asociadas a FIMPES A. C., se procedió al análisis de los datos para configurar los resultados de la investigación. El análisis se desagregó en dos apartados: el análisis correspondiente a la información suministrada por el personal de promoción y el análisis de la información obtenida del personal técnico del área.

Resumen de resultados

En el Cuadro 2 que se muestran a continuación se observan las respuestas obtenidas al aplicar la encuesta al personal técnico que labora en las 8 instituciones de educación universitaria (superior) privada afiliada a FIMPES A. C., en cada uno de los ítems evaluados. En este propósito, para la pregunta número 1 relacionada con la utilización de algún software en particular para la administración de la información, de las 42 personas encuestadas 36 indicaron que si emplean lo cual representa el 85.7%, (Cuadro 2) mientras que el otro 14.3% (6 personas del equipo técnico) admitieron no utilizar ninguno en especial.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	36	85.7	85.7	85.7
	No	6	14.3	14.3	100.0
Total		42	100.0	100.0	

Cuadro 2. Distribución de frecuencia para la Pregunta 1: ¿Utilizan algún software en particular para la administración de la información? Hernández et al., (2021).

Asimismo, para la pregunta número 2 que se refiere al uso de algún software para generar estadísticas, de las personas encuestadas el 42.9 % (Tabla 30) indicaron que emplean una herramienta sencilla como Excel, el 38.1 % emplean un software más especializado como SPSS, el 9.5 % usa Minitab que es un software de manejo sencillo que combinado lo accesible y amigable de Excel con la capacidad para ejecutar análisis estadísticos (Cuadro 3), el 7.1 % usa Tableau y el 2.4 % utilizan Weka.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Minitab	4	9.5	9.5	9.5
	SPSS	16	38.1	38.1	47.6
	Excel	18	42.9	42.9	90.5
	Tableau	3	7.1	7.1	97.6
	Weka	1	2.4	2.4	100.0
Total		42	100.0	100.0	

Cuadro 3. Distribución de frecuencia para la Pregunta 2 del personal técnico.

Por su parte, para la pregunta número 3 relacionada con el uso de las herramientas de Big Data, enseguida se presentan los datos de las personas encuestadas el 11.9% indicaron que emplean Hadoop, el 23.8% MongoDB, el 9.5% Elasticsearch, el 33.3% Lenguaje R, el 2.4% Python, el 14.3 las desconoce y el 4.8 % no emplea ningún tipo de herramientas (Cuadro 4)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Hadoop	5	11.9	11.9	11.9
	MongoDB	10	23.8	23.8	35.7
	Elasticsearch	4	9.5	9.5	45.2
	Lenguaje R	14	33.3	33.3	78.6
	Python	1	2.4	2.4	81.0
	Desconozco	6	14.3	14.3	95.2
	Ninguno	2	4.8	4.8	100.0
	Total		42	100.0	100.0

Cuadro 4. Distribución de la Pregunta 3: ¿Usas algunas de las siguientes herramientas de Big Data?

Por lo anterior, en la Figura 2 se presentan los datos de la pregunta 3: ¿Usas algunas de las siguientes herramientas de Big Data? En donde, el lenguaje R representa la mayor herramienta a utilizar en las 8 universidades.

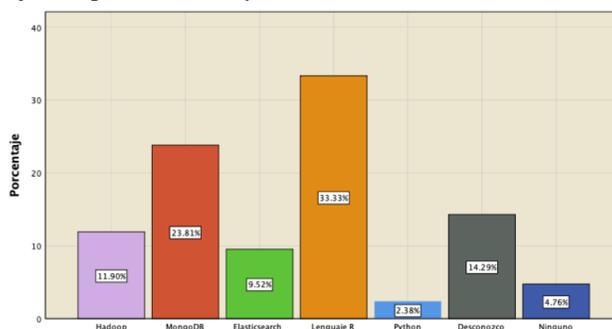


Figura 2. La metodología empleada para el desarrollo de la presente investigación. Hernández et al., (2021).

En lo relacionado, con la pregunta número 4 que se vincula con el uso de sistemas como SAAS, PAAS y IAAS para administrar la información, de las 42 personas encuestadas el 61.9 % emplean el SAAS, 19% usa PAAS (Cuadro 5) y el otro 19% restante hace uso de IAAS (Cuadro 5).

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Saas	26	61.9	61.9	61.9
	Paas	8	19.0	19.0	81.0
	Iaas	8	19.0	19.0	100.0
Total		42	100.0	100.0	

Cuadro 5. Distribución de frecuencia para la Pregunta 4.

Asimismo, para la pregunta número 5 relacionada con el uso alguna de técnicas computacionales como visualización de datos, Split Testing, análisis de series temporales, aprendizajes de reglas de asociación o simplemente no sabe de ello, de las 42 personas encuestadas el 50% coincidió con la primera opción, el 2.4% usa Split Testing, el 26.2%, el 19% emplea aprendizajes de reglas de asociación y el último 2.4% simplemente afirma no conocer (Figura 3).

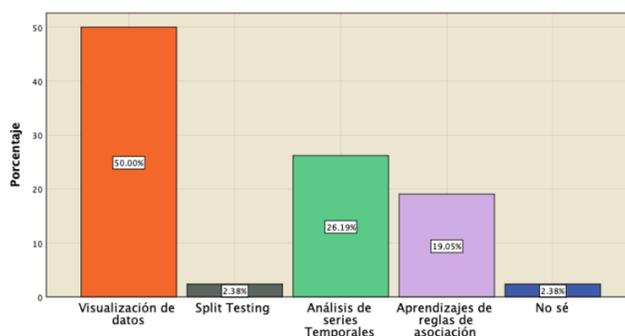


Figura 3. Elaboración propia a partir del análisis de datos recolectados en IBM SPSS Statistics versión 25.

Conclusiones

En primer lugar, este trabajo tuvo como objetivo analizar el uso de Big Data como herramienta en la toma de decisiones del área de promoción institucional de las universidades privadas de educación superior de las ciudades de Puebla y Cholula asociadas a FIMPES A. C. En este sentido, después de la recopilación de datos, el procesamiento de los datos, el análisis de los mismos y los resultados obtenidos en el desarrollo de la presente investigación se han establecido las siguientes conclusiones: El empleo de Big Data permite al departamento de promoción institucional, específicamente por el personal técnico al momento de procesar los datos recolectado por diversas herramientas como: Lenguaje R y Hadoop, atender de manera correcta, oportuna y acertada las necesidades de estudios de una población como la de Puebla y Cholula en México, que se ha caracterizado a lo largo de los años por presentar un crecimiento relativamente alto comparado con otras regiones. A través de los cuestionarios aplicados al personal técnico de las ocho (8) instituciones de educación universitaria privada pertenecientes a FIMPES A. C., se pudo conocer que el personal técnico utiliza algunas herramientas de Big Data entre las que destacan Hadoop con el 12.2%, MongoDB 24.4%, Elasticsearch 9.8%, Lenguaje R 31.7%, Python 2.4%, el 14.6% las desconoce y el 4.9% no emplea ningún tipo de herramientas. En este sentido, el uso de Big Data en el análisis de grandes volúmenes de datos, como los que manejan las instituciones de este tipo debido a que la misma puede proporcionar información más precisa sobre modelos, intereses, preferencias, entre otro y que marcan la diferencia al momento de seleccionar la alternativa más apropiada en el proceso de toma de decisiones. Las tecnologías de Big Data tienen una aplicación mínima en las ocho universidades en cuestión, debido a que las personas involucradas en el uso de las mismas tienen desconocimientos de las bondades o beneficios que se obtienen al aplicarlas en las áreas en cuestión. Por lo anterior, es importante considerar esta situación como una oportunidad para generar planes de capacitación orientados a mejorar las capacidades del talento humano.

Recomendaciones

Después de la aplicación de encuestas al personal del área o departamento de promoción institucional de las ocho instituciones educativas privada de las ciudades de Puebla y Cholula asociadas a FIMPES A. C. se recomienda realizar investigaciones relacionadas con el Big Data y sus usos en la toma de decisiones a nivel gerencial, que permita evaluar las herramientas existentes de esta tecnología aplicadas a diversas áreas de la empresa. Además, se sugiere realizar estudios profundos respecto a las tendencias de Big data en los próximos diez años en países latinoamericanos. Por otro lado, se sugiere realizar estudios mixtos sobre el uso de las herramientas de Big Data posterior a la pandemia de COVID-19 para comprender la importancia y aplicación de las mismas, no solo en organizaciones educativas si no también en otras instituciones del gobierno de México. Así también, se recomienda realizar investigaciones enfocadas a empresas comerciales, específicamente en las áreas de ventas para apoyar el posicionamiento y competitividad en el mercado. Finalmente, se recomienda generar propuestas de investigación relacionadas con el Big Data dentro de otros campos de la sociedad como: el transporte, la economía, la salud, la seguridad en las ciudades y la mercadotecnia con el objetivo de analizar la importancia e impacto para mejorar la vida del ser humano en sociedad. En este sentido, se sugiere que dichos proyectos de investigación estén encaminados a generar alternativas de solución a problemas planteados en la actualidad.

Referencias

Aguilar, L. (2020). "Implementación de los requisitos de la federación de instituciones particulares de educación superior (FIMPES)," para la obtención de la acreditación de una Universidad privada en el Estado de Morelos [Tesis de Maestría]. México: Universidad Autónoma del Estado

- Arias, J. L. (2021). "Guía para elaborar el planteamiento del problema de una tesis: el método del hexágono." *Revista Orinoco*. (13). (53-69).
- ANUIES. (2021). "Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior." *Anuario estadístico 2021*. México. <http://www.anui.es.mx/iinformacion-y-servicios/informacion-estadistica-de-educacion-superior/anuario-estadistico-de-educacion-superior>
- Álvarez-Hernández, D.-A., Franyuti-Kelly, G.-A., Díaz-López-Silva, R., González-Chávez, A.-M., González-Hermosillo-Cornejo, D., y Vázquez-López, R. (2018). "Chagas disease: Current perspectives on a forgotten disease." *Revista Médica Del Hospital General de México*, 81(3), pp. 154–164. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hgmx.2016.09.010>
- De Morelos. <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/1178/AUNLGN03T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gutiérrez, L. (2017). "Paradigmas cuantitativo y cualitativo en la investigación socio-educativa: proyección y reflexiones." *Paradigma*, 14(1y2), 7-25. <http://www.revistas.upel.edu.ve/index.php/paradigma/article/download/2937/1368>
- Hernández, D. (2017). "Impacto de las TIC en la educación: Retos y Perspectivas," *Propósitos y Representaciones*. 5(1): 325-347. <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2017.v5n1.149>
- Lapiedra, R., Forés, B., Puig-Denia, A., y Martínez-Cháfer, L. (2021). "Introducción a la gestión de sistemas de información en las empresas." <http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/194661/9788418432972.pdf?sequence=1>
- Pastor, B. F. R. (2019). "Población y muestra." *Pueblo continente*. 30(1), 245-247. <http://doi.org/10.22497/PuebloCont.301.30121>
- Pérez-Molina, J. A., y Molina, I. (2018). "Chagas disease." *The Lancet*, 391(10115), pp. 82–94. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)31612-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)31612-4)
- Rojo-Medina, J., Ruiz-Matus, C., Villagrán M. A., Marín C., Hurtado A., Sánchez-Moreno M. y De Diego J. A. (2009). "Natural infection and distribution of triatomines (Hemiptera:Reduviidae) in the state of Querétaro," *México. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. 102, pp. 833-838.
- Rama, C. (2018). "La problemática del financiamiento de la educación superior en la crisis económica de América Latina." *Ediciones Cuaderno de Universidades*. Ciudad de México, México. 138-159. <http://dspace.udual.org/handle/Rep-UDUAL/46>
- RICYT. (2020). "Red de indicadores de Ciencia y Tecnología, Iberoamericana e Interamericana." El estado de la ciencia. Principales indicadores de la ciencia y tecnología Iberoamericanos / *Interamericanos*. Ediciones REDES. 240-250. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lis-9028>
- Rodríguez-Cruz, Y., y Pinto, M. (2018). "Modelo de uso de información para la toma de decisiones estratégicas en organizaciones de información." *Transinformação*, 30, 51-64. <https://www.scielo.br/j/tinf/a/LHnv8vL7bN5GFcsmr98qQM/?format=html>
- Tan, K. H., Ji, G., Lim, C. P., y Tseng, M. L. (2017). "Using Big Data to make better decisions in the digital economy." *International Journal of Production Research*. 55(17): 4998–5000. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2017.1331051>

Notas Biográficas

El **Ph.D. (c) Jesús Hernández Sánchez** es profesor del departamento de sistemas y computación del TecNM, Oaxaca, México. Terminó sus estudios de postgrado en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnologías por la UPAEP, Puebla, México. Ha publicado artículos en revistas indexadas y participado en congresos nacionales e internacionales.

El **Dr. Leopoldo Jorge Castañeda** es profesor del departamento económico-administrativas del TecNM Campus Pinotepa. Su doctorado en Ciencias Económicas Administrativas por la Universidad para la Cooperación internacional México. Ha presentado artículos en congresos nacionales e internacionales.

Apéndice

Cuestionario utilizado en la investigación

Instrucciones: El siguiente cuestionario tiene por objetivo recabar información relacionada con el proceso de administración y manipulación de la información en el área de promoción universitaria de las instituciones de educación superior de las ciudades de Puebla y Cholula asociadas a FIMPES A. C.

1.- ¿Utilizas algún software en particular para la administración de la información?

Sí Cual: _____ No

2.- ¿Para generar estadísticas, haces uso de algún software como:?

Minitab SPSS Excel Tableau Weka Ninguna Otro _____

3.- ¿Usas algunas de las siguientes herramientas de Big Data?

Hadoop MongoDB Elasticsearch Apache Spark Apache Storm

Ninguna Lenguaje R Python Desconozco Ninguna Otro _____

4.- ¿Utilizas alguno de los siguientes sistemas para administrar la información?

Saas Paas Iaas No lo conocía Otro _____

5.- ¿Usas alguna de las siguientes técnicas computacionales?

Visualización de datos Split Testing Análisis de series Temporales

Análisis de sentimientos y textos Aprendizajes de reglas de asociación

Ninguno No sé Otro _____

Datos Generales: Nombre: Sexo: Institución: Cargo:

Sistema de Control de Movimiento de Móvil con Tracción Basada en Llantas Mecanum

Ing. Alvaro Hernández Sol¹, Ing. Juan López Hernández², M.C. Osbaldo Ysaac García Ramos³, M.C. Raúl Moreno Rincón⁴, M.C. José Ángel Zepeda Hernández⁵, Dr. Rubén Herrera Galicia⁶

Resumen--El presente artículo describe el control de movimiento de un móvil con tracción basado en llantas mecanum usando una disposición de 4 ruedas paralelas con movimiento independiente en cada una de ellas. Al considerar la dirección del móvil (grados de giro) y aceleraciones independientes de cada motor se podrá hacer desplazamientos más precisos, con la finalidad de dotar al móvil de un generador de trayectorias más adecuado para deambular en ambientes semiestructurados. Conociendo la cinemática de las llantas mecanum se pueden realizar un mejor control de desplazamiento en las diferentes direcciones (360°). Estos datos son usados en funciones que ejecutan el movimiento correspondiente hasta encontrar el ángulo de giro y desplazamientos durante intervalos de tiempo configurados por el usuario. En pruebas de laboratorio se obtuvieron funciones de movimientos básicos (adelante, atrás, derecha, izquierda). Al realizar las pruebas se obtuvieron errores máximos de 2.5% de grados.

Palabras claves--Robot móvil, llantas mecanum, cinemática

Introducción

Las Ruedas mecanum dispone de una serie de rodillos en su circunferencia. Los rodillos presentan una configuración de 45° respecto al plano de la rueda. Asimismo, estos rodillos tienen una forma curvada de forma que, vista desde el lateral, la rueda mantiene un perfil circular (Llamas, 2019) como se muestra en la Figura 1.a.



Figura 1. Vex mecanum wheels a) Vistas. b) Fuerzas.

El funcionamiento (y genialidad) de las Mecanum Wheel es que, al rodar, los rodillos hacen que la fuerza se transmita al suelo a 45° respecto a los ejes principales de la rueda (Woods, 2006). Por si misma, una Mecanum Wheel tendería a desplazarse en diagonal.

Métodos

Considerando la disposición de los rodillos en las llantas mecanum, la fuerza ejercida sobre ella, en la dirección de esta, produce una fuerza sobre la superficie que se descompone en dos vectores de fuerza; uno perpendicular al eje del rodillo, ver figura 1.b.

¹ Ing. Alvaro Hernández Sol profesor del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez. alvaro.hs@tuxtla.tecnm.mx

² Juan López Hernández es estudiante del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez

³ M.C. Osbaldo Ysaac García Ramos es profesor del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez. osbaldo.gr@tuxtla.tecnm.mx

⁴ M.C. Raúl Moreno Rincón es profesor del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez. raull.mr@tuxtla.tecnm.mx

⁵ M.C. José Ángel Zepeda Hernández es profesor del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez. jose.zh@tuxtla.tecnm.mx

⁶ Dr Rubén Herrera Galicia es profesor del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez. ruben.hg@tuxtla.tecnm.mx

Como se puede observar de la descomposición de la fuerza (F_x) producida por el motor en las componentes A_x y B_x , la única componente que solo la componente A_x brinda momento al robot ya que la componente B_x brinda al rodillo un momento que produce su rotación. Por lo tanto, estas fuerzas producirán un momento con una dirección que está dada por el alguno del rodillo con respecto a la rueda.

Cuando estas llantas se sujetan a una estructura de soporte más utilizada en robots móviles de 4 llantas quedan como se ve en la figura 2. Como menciona Viboonchaicheep (2003) la mejor forma de instalar las ruedas mecanum es en pares idénticos en diagonal para que los ejes de los rodillos apunten al centro del vehículo. Dependiendo de la velocidad y la dirección de las ruedas, el vehículo pueda moverse en cualquier dirección.

Se observa que se generan 5 ejes (Santiago,2009), cuatro de cada una de las ruedas \sum_{iW} ($i=1,2,3,4$) y un eje de giro de la estructura (Σ_0). La velocidad correspondiente a las revoluciones de cada una de las llantas están definidas como V_{iW} ($i = 1, 2, 3, 4$) $\in \mathbb{R}$, donde la velocidad individual de cada rueda es:

$$V_{iW} = R_\omega \times \omega_{iW}.$$

R_ω es el radio de la rueda

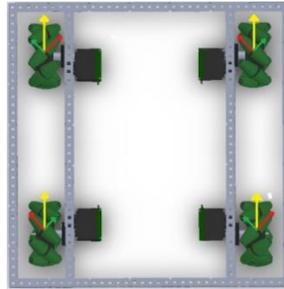


Figura 2. Posición de las llantas mecanum en el móvil

V_{iX} es el resultado de la sumatoria de la componente de velocidad lineal de la rueda (V_{iW}) mas la velocidad en el sentido de los rodillos libres ($V_{ir}/\cos 45^\circ$). De manera análoga V_{iY} es $V_{ir}/\sin 45^\circ$

$$\begin{aligned} V_{1X} &= V_{1W} + \frac{V_{1r}}{\sqrt{2}}, & V_{1Y} &= \frac{V_{1r}}{\sqrt{2}} \\ V_{2X} &= V_{2W} + \frac{V_{2r}}{\sqrt{2}}, & V_{2Y} &= \frac{V_{2r}}{\sqrt{2}} \\ V_{3X} &= V_{3W} + \frac{V_{3r}}{\sqrt{2}}, & V_{3Y} &= \frac{V_{3r}}{\sqrt{2}} \\ V_{4X} &= V_{4W} + \frac{V_{4r}}{\sqrt{2}}, & V_{4Y} &= \frac{V_{4r}}{\sqrt{2}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{1X} &= v_x - lw_z, & V_{1Y} &= v_y + Lw_z \\ V_{2X} &= v_x + lw_z, & V_{2Y} &= v_y + Lw_z \\ V_{3X} &= v_x - lw_z, & V_{3Y} &= v_y - Lw_z \\ V_{4X} &= v_x + lw_z, & V_{4Y} &= v_y - Lw_z \end{aligned}$$

En donde, v_x, v_y y $w_z \in \mathbb{R}$ representan los elementos de velocidad del vehículo en los ejes X e Y , así como su velocidad angular. Mientras que L y l son las distancias en Y y en X , respectivamente, del punto central del robot móvil.

La relación de las velocidades angulares de cada una de las llantas V_{iW} están definidas usando las velocidades lineales en X , Y y la velocidad angular del vehículo (V_{iX}, V_{iY}, w_z), y se pueden obtener el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} V_{1W} &= v_x - v_y - (L + l)w_z \\ V_{2W} &= v_x + v_y + (L + l)w_z \\ V_{3W} &= v_x + v_y - (L + l)w_z \\ V_{4W} &= v_x - v_y + (L + l)w_z \end{aligned}$$

Al combinar estas ecuaciones obtenemos la ecuación de la cinemática inverso en variables de estado

$$V_W = J \cdot V_0$$

Donde el vector de velocidad en coordenadas cartesianas está definido por $V_0 = [v_x, v_y, w_z]^T \in \mathbb{R}^{3 \times 1}$; y el vector de velocidad angular de las ruedas $V_W = [V_{1W}, V_{2W}, V_{3W}, V_{4W}]^T \in \mathbb{R}^{4 \times 1}$. Entonces se tiene que la matriz de transformación J está definida como:

$$J = \begin{bmatrix} 1 & -1 & -(L+l) \\ 1 & 1 & (L+l) \\ 1 & 1 & -(L+l) \\ 1 & -1 & (L+l) \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{4 \times 3}.$$

Mientras que la velocidad del vehículo puede ser obtenida a partir de las velocidades individuales de las ruedas:

$$V_0 = J^+ \cdot V_W + (I - J^+ \cdot J) \bar{w}$$

Donde \bar{w} se toma arbitrariamente, y J^+ definido por la pseudoinversa de Moore-Penrose:

$$J^+ = (J^T \cdot J)^{-1} J^T \in \mathbb{R}^{3 \times 4}$$

Si consideramos $\bar{w} = 0$, se tendrían las ecuaciones directas de la cinemática:

$$\begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ w_z \end{bmatrix} = \frac{1}{4} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 \\ -\frac{1}{(L+l)} & \frac{1}{(L+l)} & -\frac{1}{(L+l)} & \frac{1}{(L+l)} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R_w \dot{\theta}_1 \\ R_w \dot{\theta}_2 \\ R_w \dot{\theta}_3 \\ R_w \dot{\theta}_4 \end{bmatrix}$$

Siendo R_w el radio de la rueda y $\dot{\theta}_n$ representa la velocidad angular de cada rueda. Desarrollando estas ecuaciones, encontramos que:

$$\begin{aligned} v_x &= \frac{R_w}{4} (\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3 + \dot{\theta}_4) \\ v_y &= \frac{R_w}{4} (-\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3 - \dot{\theta}_4) \\ w_z &= \frac{R_w}{4(L+l)} (-\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2 - \dot{\theta}_3 + \dot{\theta}_4) \end{aligned}$$

Conociendo estas ecuaciones, ya se puede realizar la implementación del sistema de control de dirección de un robot móvil (Dickerson, 1991). Para este artículo se utilizó un móvil controlado con Arduino con un sistema de tracción de 4 ruedas independientes tipo mecanum (Llamas, 2019), ver figura 3. Con un diámetro de 4" (10.16 cm). El móvil tiene las siguientes dimensiones 45x32 cm, mientras que la separación entre ruedas es 29.5 cm a lo largo y 23 cm a lo ancho. Por lo que el centro de giro del móvil queda en $L = 14.75$ cm y $l = 11.5$ cm



Figura 3. Móvil construido con llantas mecanum

Sustituyendo en las ecuaciones v_x , v_y y w_z quedan como

$$\begin{aligned} v_x &= \frac{10.16}{4} (\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3 + \dot{\theta}_4) \\ v_y &= \frac{10.16}{4} (-\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3 - \dot{\theta}_4) \end{aligned}$$

$$w_z = \frac{10.16}{4(14.75 + 11.5)}(-\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2 - \dot{\theta}_3 + \dot{\theta}_4)$$

$$v_x = 2.54(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3 + \dot{\theta}_4)$$

$$v_y = 2.54(-\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3 - \dot{\theta}_4)$$

$$w_z = 0.096762(-\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2 - \dot{\theta}_3 + \dot{\theta}_4)$$

Se usaron 4 motores 393, marca VEX Robotics, uno para controlar el giro de cada una de las llantas del móvil con un torque de 15.55 kg-cm por lo que al tener una rueda mecanum de 10.16 cm se tiene un torque de 1.53 kg de torque en cada rueda si consideramos que esta fuerza se divide en dos partes, una de ellas se cancela y la otra parte se convierte en movimiento a 45°:

$$F_{45^\circ} = \frac{F}{\sqrt{2}} = \frac{1.53 \text{ kg}}{1.4142} = 1.08 \text{ kg}$$

Siendo estas fuerzas las que mueven el móvil. Si descomponemos este vector en F_x y F_y , podemos saber que fuerza es la que mueve el móvil en la dirección que buscamos. Siendo las fuerzas en x y y dadas por:

$$F_x = F_y = F \cos 45^\circ = (1.08 \text{ kg})(0.7071) = 0.76 \text{ kg}$$

Siendo la F_x cancelada cuando se mueve hacia el frente. Dejando solamente la F_y aplicada sobre la dinámica del móvil, que al ser la misma en las cuatro ruedas, se tendrá una fuerza total de empuje de $4 * F_x$.

$$F_T = 4 * F_y = 4 * 0.76 \text{ kg} = 3.05 \text{ kg}$$

Esta misma fuerza es la que se tendría cuando el móvil se desplazase hacia atrás. En el caso de los movimientos laterales se tendría la misma fuerza aplicada al móvil, pero en lugar de cancelar las F_x se cancelan las F_y .

En el caso de los movimientos en diagonal, la fuerza total aplicada sería 4 veces la F_{45° .

$$F_{T_diagonal} = 4 * F_{45^\circ} = 4 * 1.08 \text{ kg} = 4.32 \text{ kg}$$

Resultados

Las pruebas realizadas consistieron en realizar una serie de desplazamientos básicos. Se llevo a cabo usando solamente la cinemática del móvil y probando la desviación del resultado esperado utilizando un giroscopio MPU6050 ubicado en el punto central que permite medir el Angulo de desviación del robot. Estas variaciones dependen mucho de varios factores como son la potencia misma de los motores, la distancia de cada llanta al punto central de giro y la misma instalación de cada uno de los motores introduce pequeñas desviaciones a la derecha o izquierda que en recorridos largos, son acumulativos y entre mayor la distancia que se desplace más notorio será la desviación.

Las pruebas realizadas consisten en verificar la cinemática del móvil sobre diferentes superficies, el primer material donde se probó fue en losetas con un coeficiente de fricción COF húmedo de 0.45 y en tabloncillos de triplay con un coeficiente de fricción COF húmedo de 0.6. La prueba consiste en hacer que el móvil se desplace sobre esta superficie en diferentes direcciones para medir su desviación controlando la velocidad en los dos ejes (x , y) y su velocidad de giro (w).

En la Figura 4 se puede ver la dirección del móvil hacia adelante a una distancia de 2 metros sin usar el giroscopio, realizando 20 repeticiones.

Para las pruebas se inició con una regulación de la potencia de los motores, esto con la finalidad de minimizar los desvíos por el diseño mismo del móvil.

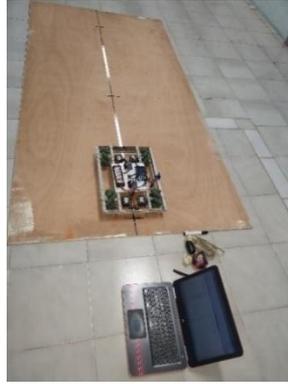


Figura 4. Pruebas realizadas

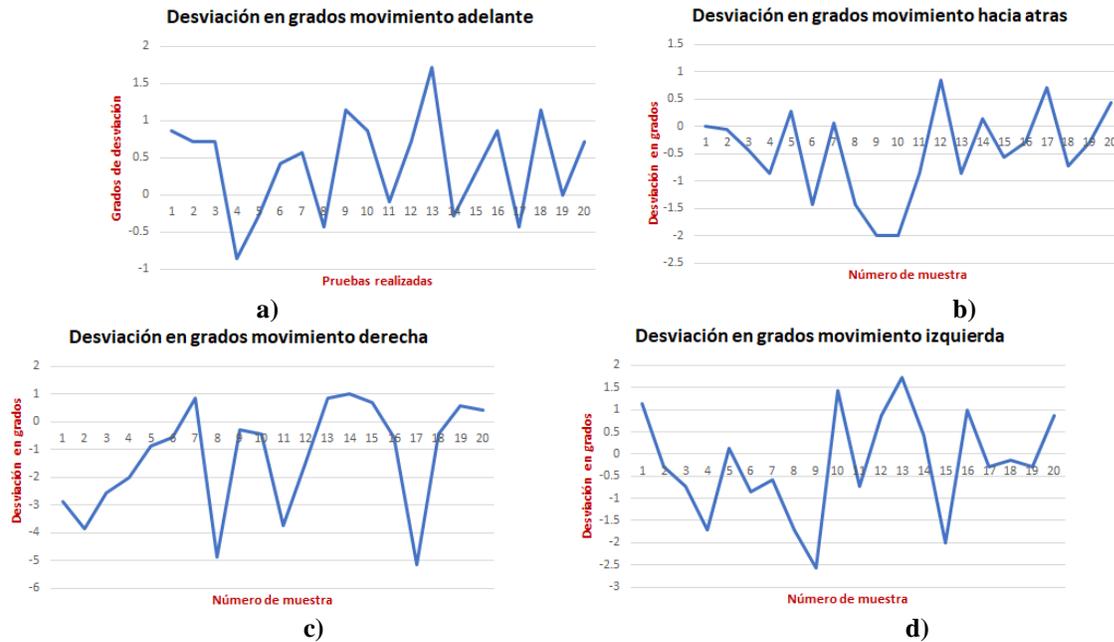
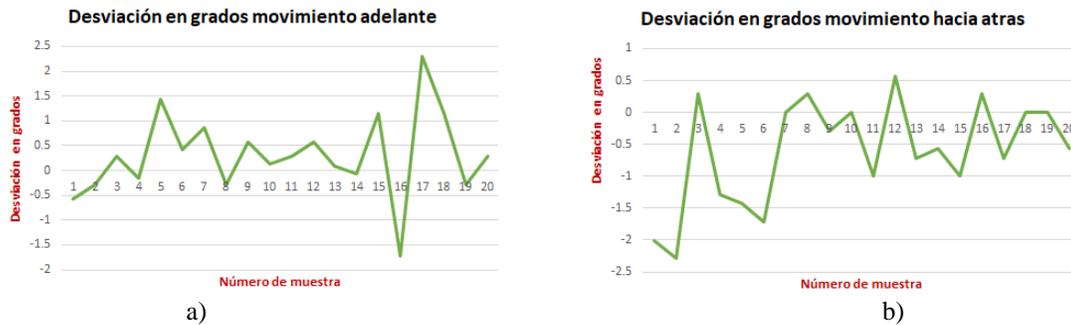


Figura 5.- Movimientos básicos sin considerar la cinemática. a) Adelante. b) Atrás c) Derecha. d) Izquierda

Las desviaciones fueron medidas en grados, los resultados obtenidos se pueden observar en la figura 5.

Posteriormente se repitió las mismas pruebas aplicando las ecuaciones que definen la cinemática del móvil, al medir la velocidad angular que genera cada una de las ruedas del móvil, se obtuvieron los resultados mostrados en la figura 6.



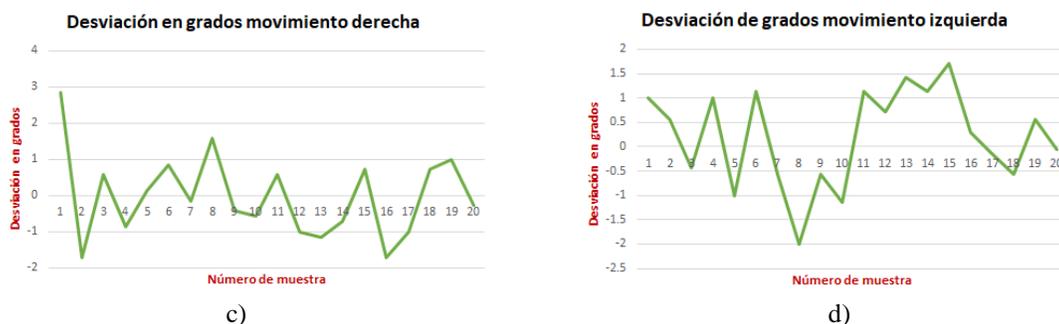


Figura 6.- Movimientos básicos usando la cinemática. a) Adelante. b) Atrás c) Derecha. d) Izquierda

Al incluir las ecuaciones de la cinemática dentro del programa de control se observa una reducción del ángulo de desviación del móvil dando como consecuencia un mejor control de dirección en estos movimientos básicos.

Conclusiones

Con las ruedas mecanum se pueden hacer movimientos en cualquier dirección, esto con solo modificar el giro y velocidad de cada uno de los motores del móvil, teniendo un robot móvil, muy versátil, y que no es necesario girar tanto para lograr un desplazamiento requerido. Conociendo la cinemática de las llantas mecanum, permite el control de movimientos en cualquier ángulo dentro de los 360°. En este artículo se trabajó con un móvil muy básico, el cual las llantas al tener cilindros muy ovoides, se tiene el problema del rebote al realizar el movimiento, el cual si no es sincronizado introduce errores en la dirección de desplazamiento. Pero se pueden conseguir llantas mucho más estables, con las cuales este problema se minimizaría. Por otro lado, este tipo de robots se pueden usar en actividades en donde no sea importante la velocidad de desplazamiento, pero si el espacio en el cual se debe mover, porque como sabemos este tipo de llantas no están hechos para correr a gran velocidad.

Créditos.

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento del proyecto 14403.22-P (“Diseño de robot omnidireccional didáctico con sistema de navegación autónomo”), de la convocatoria de apoyo a proyectos de desarrollo tecnológico e innovación 2022 y las facilidades del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez para la realización de este trabajo.

Referencias

- Dickerson, S.L. and Lapin, B.D. 1991. *Control of an omni-directional robotic vehicle with mecanum wheels*. In Proc. Vol.1., NTC '91. National Telesystems Conference.
- Llamas, L. 2019. *Robot con Mecanum Wheel controlado por Arduino*. Recuperado de <https://www.luisllamas.es/robot-con-mecanum-wheel-controlado-por-arduino/>
- Santiago M.R.S. 2009. Control y comportamiento de robots omnidireccionales. Tesis de grado. Instituto de computación, Facultad de Ingeniería. Montevideo, Uruguay.
- Viboonchaicheep, P.; Shimada, A. and Kosaka, Y. 2003. *Position rectification control for mecanum wheeled omnidirectional vehicles*. In Proc. 29th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society IECON '03, volume 1.
- Woods, B. 2006. *Omnidirectional wheelchair*, thesis Bachelor of Engineering (mechatronics). The university of Western Australia.

Notas bibliográficas

El Ing. **Álvaro Hernández Sol**, es Ingeniero en electrónica, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ITTG, en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y es investigador desde 1997. Certificado en SolidWorks Associate. Jefe de proyectos de investigación de ingeniería electrónica desde el 2001. Fundo y asesora el “Club de robótica del ITTG”. Colabora en la línea de investigación de “Robótica” de Ingeniería electrónica. Dirige el área de trabajo en “Robótica” y es parte del cuerpo académico “sistemas de control inteligentes”. Ha realizado investigaciones en el área de los sistemas alternativos de comunicación y en sistemas robóticos, Así como en sistemas traductores de lenguaje.

El **C. Juan López Hernández** es estudiante de 9° semestre de la carrera de Ingeniería Electrónica del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez con especialidad en Telecomunicaciones. Durante su carrera académica se ha desatado en la parte de programación de sistemas embebidos. Actualmente está terminando su residencia profesional.

El **M.C. Raúl Moreno Rincón**, es Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica, egresado de la ESIME-IPN, en la ciudad de México, D.F. Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica egresado del Instituto Tecnológico de Toluca. Maestro en Educación Superior por la Universidad

Autónoma de Chiapas. Certificado en SolidWorks Associate. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y jefe de Proyectos de Docencia de Ingeniería Electrónica. Es investigador desde 1999 y Colabora en la línea de investigación “Robótica” de Ingeniería electrónica y es parte del cuerpo académico en formación “sistemas de control inteligentes”. Ha realizado proyectos como: Sistema de alarma para personas con deficiencia auditiva basado en XBEE, robot de cafetería, araña hexápoda, sistema de control de animatronic, entre otros.

El **M.C. José Ángel Zepeda Hernández**, es Ingeniero Industria en Eléctrica y Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ITTG. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez e investigador desde 1999, Imparte cátedra en el área de Ingeniería Electrónica y la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica en el ITTG, donde imparte las asignaturas de Diseño con Transistores y Electrónica Básica respectivamente. Líder del cuerpo académico en formación “sistemas de control inteligentes”.

El **M.C. Aldo Esteban Aguilar Castillejos**, obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Ing. Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG) en el 2011 y el título de Ingeniero en Electrónica en el mismo Instituto, con especialidad en Instrumentación y Control. Certificado en SolidWorks Associate y SolidWorks Professional Avanzado, con Diplomado en Competencias para la enseñanza de las ciencias, Diplomado en Unreal Engine. Actualmente es parte del cuerpo académico en formación “sistemas de control inteligentes” del I.T.T.G. y parte del grupo de investigación en la Universidad del Valle de México, con desarrollos de proyectos financiados por CONACyT y empresas privadas. Con campos de interés en: dispositivos opto-mecatrónicos, manufactura, sensores de fibra óptica, instrumentación y control.

El **Dr. Rubén Herrera Galicia**, obtuvo el título de doctor en ciencias técnicas con especialidad en electrónica por la Technical University of Warsaw, Polonia. Es profesor de tiempo completo adscripto al departamento de ingeniería eléctrica y electrónica del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez. Es investigador desde 1985 y colabora en la línea de investigación de “Robótica” de Ingeniería electrónica. Es parte del cuerpo académico “sistemas de control inteligentes”.

Detección Automática de Enfermedades de Hoja de Milpa con Técnicas de Deep Learning

Dr. Rodolfo Esteban Ibarra Orozco¹, Dra. Gisela Virginia Campos Ángeles²,
Lic. Benedicto Ramírez Santiago³, Ing. Abraham Santa Ana Flores⁴ y MCC. Eric Chávez Ortiz⁵

Resumen—Las enfermedades en plantas son un problema muy grande en el sector agrícola. Su detección rápida y precisa es útil para proporcionar un tratamiento oportuno y así reducir las pérdidas económicas. En este proyecto, se desarrolla un sistema para la discriminación entre hojas de milpa sanas y hojas de milpa con las enfermedades de roya común, tizón foliar y mancha foliar gris o Cercospora, mediante el análisis de imágenes digitales a través del empleo de Deep Learning con la estrategia de Transfer Learning. Los resultados obtenidos muestran en promedio que el modelo creado tiene un 92 por ciento de precisión en las pruebas realizadas con el conjunto de prueba.

Palabras clave—Aprendizaje máquina, enfermedades en plantas, redes neuronales convolucionales.

Introducción

El maíz es la base alimenticia y uno de los principales sustentos de muchas personas, especialmente de la población de bajos ingresos (Fundación Produce Oaxaca, s.f.). Es un grano cuya cosecha anual asciende a más de 31.2 millones de toneladas en México, lo que representó 28.6% de la producción agrícola nacional (INEGI, 2017).

La agricultura tradicional del maíz es altamente vulnerable a diferentes factores como plagas y enfermedades, mismas que ocasionan una baja producción que conlleva a pérdidas económicas.

Un problema para el tratamiento adecuado y oportuno es la dificultad que pueden tener los agricultores para reconocer correctamente las enfermedades y plagas, ya que incluso un experto altamente capacitado puede llegar a un diagnóstico incorrecto debido a la fatiga, la mala iluminación o la mala vista.

En este proyecto, llevado a cabo en el estado de Oaxaca, se desarrolla un sistema para la identificación automática, mediante Deep Learning, de enfermedades del maíz. En esta primera etapa de desarrollo de la aplicación se seleccionaron para ser detectadas hojas de milpa con las enfermedades: a) Cercospora o mancha foliar gris (GLS), b) roya común y c) tizón foliar.

Descripción del Método

Deep Learning

Deep learning es un área que comprende técnicas de aprendizaje máquina que utilizan redes neuronales de múltiples capas de procesamiento de información no lineal para la extracción de características, transformación y para el análisis de patrones y clasificación supervisada y no supervisada. Las estrategias de Deep Learning surgen bajo el paradigma de aprender de experiencias y entendimiento del mundo en términos de una jerarquía de conceptos, siendo cada concepto definido a través de su relación con conceptos más simples. Al obtener conocimiento de la experiencia, este método evita la necesidad de que los operadores humanos especifiquen formalmente el conocimiento que necesita la computadora. La jerarquía de conceptos permite a la computadora aprender conceptos complicados mediante la construcción de conceptos simples. (Ian Goodfellow, 2016)

Redes Neuronales Convolucionales

Las redes neuronales convolucionales es un modelo de Deep Learning que se emplean para el procesamiento de datos que cuentan con un patrón de malla, como las imágenes, las cuales están inspiradas por la organización de la corteza visual de los animales y diseñadas para que de forma automática y adaptativa aprendan jerarquías espaciales de características de patrones, de un nivel bajo a un nivel alto. Las redes neuronales convolucionales son una construcción matemática que está típicamente compuesta por tres tipos de capas (o bloques de construcción):

¹ El Dr. Rodolfo Esteban Ibarra Orozco es profesor en el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. rodolfo.io@voaxaca.tecnm.mx (autor correspondiente)

² La Dra. Gisela Virginia Campos Ángeles es profesora en el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. gisela.ca@voaxaca.tecnm.mx

³ El Lic. Benedicto Ramírez Santiago es profesor en el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. benedicto.rs@voaxaca.tecnm.mx

⁴ El Ing. Abraham Santa Ana Flores es profesor en el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. abraham.sf@voaxaca.tecnm.mx

⁵ El MCC. Eric Chávez Ortiz es profesor en el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. eric.co@voaxaca.tecnm.mx

convolución, pooling y capas completamente conectadas. Las primeras dos capas realizan una extracción de características, mientras que la tercera, una capa completamente conectada, mapea la extracción de características a una salida final, como lo es una clasificación. Las redes neuronales convolucionales son una de las categorías más populares de redes neuronales, especialmente para datos de alta dimensión (por ejemplo imágenes y videos). En una red neuronal convolucional cada unidad de cada capa es un filtro de alta dimensionalidad que realiza una convolución con la entrada de esa capa, (Rikita, 2018).

Transfer Learning

Transfer Learning es un método de aprendizaje máquina donde un modelo desarrollado para una tarea es reutilizado como punto de inicio para el desarrollo de un modelo para una segunda tarea. Es un método popular en Deep Learning donde los modelos pre-entrenados son utilizados como un punto de inicio en tareas de procesamiento en visión por computadora y en el procesamiento del lenguaje natural, dado los grandes recursos de tiempo y cómputo requeridos para desarrollar modelos de redes neuronales.

Biblioteca OpenCV

OpenCV (Open Source Computer Vision) es un framework con herramientas, librerías y módulos que proporcionan soporte para implementar aplicaciones de visión computacional. Es uno de los frameworks más ampliamente utilizados con una comunidad de desarrolladores muy grande, (Gollapudi, 2020).

Biblioteca Keras

Keras es la API de alto nivel de TensorFlow para construir y entrenar modelos de aprendizaje profundo. Se utiliza para la creación rápida de prototipos, la investigación de vanguardia (estado del arte) y en producción. (TensorFlow, s.f.)

Biblioteca TensorFlow

TensorFlow es una plataforma de código abierto para el aprendizaje automático. Cuenta con un ecosistema integral y flexible de herramientas, bibliotecas y recursos de la comunidad para compilar e implementar con facilidad redes neuronales para detectar y descifrar patrones y correlaciones, (Sam Abrahams, 2016).

Metodología de Análisis de Datos

Para el análisis de datos se tomó como referencia la metodología propuesta por IBM “Metodología Fundamental para la Ciencia de Datos”, (IBM Analytics, 2015), de la cual se desarrollan las siguientes 7 etapas: 1) Comprensión del proyecto, 2) Requisitos de datos, 3) Recopilación de datos, 4) Comprensión de datos, 5) Preparación de datos, 6) Modelado y 7) Evaluación.

Desarrollo

Para el desarrollo del proyecto se siguió la Metodología Fundamental para la Ciencia de datos, propuesta por IBM. En esta sección se describe de forma general los pasos llevados a cabo en cada etapa de la metodología.

Comprensión del proyecto

El proyecto consiste en el desarrollo de un sistema para identificar, de forma automatizada, la presencia de enfermedades comunes en la hojas de milpa, mediante el uso de imágenes digitales de esta planta. En la primera etapa de este proyecto, se desarrollará un prototipo que permita realizar pruebas con diferentes arquitecturas de redes neuronales, lo que permitirá validar la factibilidad del desarrollo de una aplicación móvil para realizar esta identificación. La aplicación a desarrollar debe contar con una interfaz muy simple que le permita ser utilizada por cualquier persona.

Requisitos de los datos

Los datos a utilizar son imágenes de los siguientes estados de la milpa: a) Milpa sana. b) Milpa con roya común, c) Milpa con tizón foliar y d) Milpa con mancha foliar girs o Cercospora. Las imágenes a clasificar deben contener principalmente la parte de la milpa donde se requiera realizar el diagnóstico.

Recopilación de los datos

Las imágenes utilizadas tanto para el entrenamiento del modelo como para las pruebas fueron obtenidas de las bases de datos PlantVillage y PlantDoc, (Singh D. et al, 2020). De este conjunto de datos se obtuvieron

1141 imágenes de milpa sana, 114 imágenes de milpa con roya común, 275 imágenes de milpa con tizón foliar y 128 imágenes de milpa con mancha foliar gris o Cercospora.

Comprensión de los datos

Los tipos de milpa no sanas a identificar por el sistema son las siguientes:

- Milpa con la enfermedad roya común: Los primeros síntomas en manifestarse son puntos cloróticos en la superficie de la hoja. En ataques severos las pústulas formadas pueden provocar la necrosis del tejido foliar dando un aspecto de mancha foliar que puede dificultar el diagnóstico. (Herbario virtual, s/f).
- Milpa con tizón foliar. El tizón foliar del maíz, causado por *Exserohilum turcium* es una de las enfermedades más importantes de maíz sembrado en México (Rubén Félix-Gastelum et al, 2018). Los síntomas de esta enfermedad se manifiestan primero en las hojas más viejas de las secciones media y superior de las plantas, en forma de pequeñas manchas circulares de color tostado con centros blancos. Estas manchas se agrandan, se tornan de color marrón claro y forman una ligera cavidad, (plantix, s.f.).
- Milpa con mancha foliar gris o Cercospora. Es una enfermedad fúngica del maíz. Es causada por el patógeno *Cercospora zeae-maydis*. El desarrollo de la enfermedad se ve favorecido por temperaturas cercanas a los 27 grados Celsius y a una humedad relativa de alrededor del 90% o más durante 12 horas o más. (Pionner, 2023). En esta enfermedad, las hojas presentan lesiones circulares a angulares, que varían en color desde rojizo en las lesiones más pequeñas a marrón oscuro o claro en las lesiones más grandes, las que están rodeadas de un borde marrón rojizo.

La Figura 1 muestra las 4 clases de milpa a identificar.

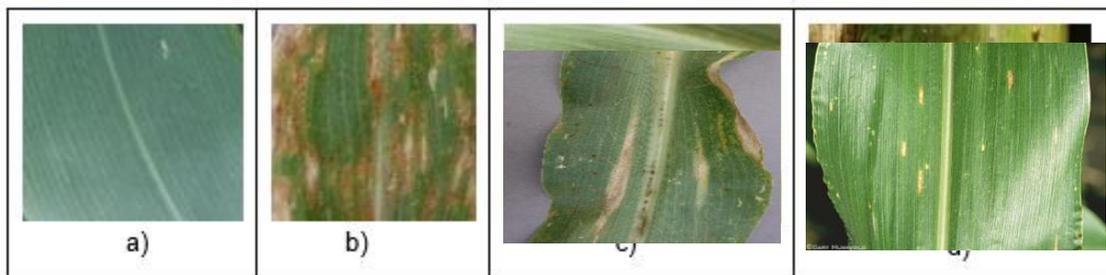


Figura 1. Estados de la milpa. a) Milpa sana. b) Milpa con roya común. c) Milpa con tizón foliar. d) Milpa con mancha foliar gris o Cercospora.

Preparación de los datos

Primero se seleccionaron las imágenes en las que se identificaba claramente la imagen de la hoja. Este conjunto de 1653 imágenes de milpa seleccionadas se dividió en un 90% para el conjunto del entrenamiento y en un 10% para el conjunto de prueba. Posteriormente, se unificó la resolución de las imágenes a 224 x 224 píxeles, lo que define el número de neuronas en la capa de entrada de la red neuronal.

Modelado

Para el modelado de los datos se hicieron pruebas con distintas implementaciones de redes neuronales convolucionales con la arquitectura VGG16. Esta arquitectura propone el uso de un filtro muy pequeño de 3 x 3 en toda la red neuronal. La red neuronal convolucional se implementó utilizando la librería Tensorflow 2.0. En la implementación, empleando la estrategia de Transfer Learning, se cargaron los pesos generados al entrenar con el conjunto de datos imagenet y adicionalmente se agregaron 5 capas, una de pooling con 512 neuronas, dos capas densas con 1024 neuronas, una densa con 512 neuronas y una densa para la capa de salida con 4 neuronas, mismas que corresponden al número de salidas en este problema de clasificación.

Evaluación

Para la evaluación se empleó la técnica de cross-validation. Para esta etapa se utilizó 10% de las imágenes (165 imágenes). En el Cuadro 1 se muestran los resultados de esta evaluación mediante una matriz de confusión. Los valores de la salida obtenida por la red neuronal se muestran en la parte superior de la matriz y en la parte derecha se encuentran los valores reales de la clase. La clase 0 corresponde a las hojas sanas y podemos observar que es donde

el sistema tuvo el menor número de errores, la clase 1 pertenece a la hoja con roya común y es la clase en la que el modelo tuvo el mayor número de errores, al tener 8 elementos confundidos con la clase 2, la cual pertenece a la hoja con tiza foliar. Es importante notar en la matriz de confusión que la mayor parte de los datos fueron clasificados correctamente y que un porcentaje relativamente pequeño de las clases fue confundido. Finalmente, la clase 3 pertenece a la hoja con mancha foliar gris o Cercospora. El modelo clasificó correctamente en promedio 152 de 165 imágenes (92% de datos clasificados correctamente).

z/y	0	1	2	3
0	35	1	1	2
1	3	27	1	1
2	0	8	36	0
3	0	2	0	35

Cuadro 1. Matriz de confusión (z: salida deseada, y: salida de la red)

Comentarios Finales

Resumen de resultados

Se realizaron pruebas para llevar a cabo el desarrollo de un sistema que sea capaz de diagnosticar enfermedades en hojas de milpas mediante el análisis de imágenes tomadas a esta planta utilizando redes neuronales convolucionales. En las pruebas llevadas a cabo se obtuvo en promedio 92% de datos correctamente clasificados, lo que permite indicar que si es posible el desarrollo de un sistema que, de forma confiable, permita identificar entre hojas de milpa sanas y no sanas, ya que se verificó que al ir aumentando el tamaño del conjunto de entrenamiento, la precisión obtenida aumenta. En la figura 2 se muestran las salidas obtenidas al realizar pruebas con el modelo de red neuronal convolucional entrenado. Los ejemplos mostrados tuvieron una clasificación correcta, condición que se logró en el 92% de los casos.

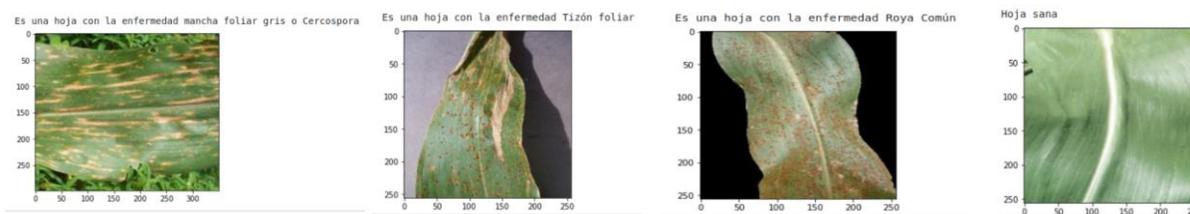


Figura 2. Salida del sistema. En las imágenes se muestran ejemplos de una detección correcta del estado de las hojas de milpa.

Conclusiones

El uso de la estrategia de Transfer Learning permitió obtener un porcentaje de imágenes correctamente clasificadas de un 92%, aún contando con un número limitado de imágenes (1653) para realizar el entrenamiento del modelo. Este resultado nos permite considerar que el desarrollo de una aplicación para la detección de enfermedades en la hoja de milpa es factible y que puede ser de gran apoyo para los trabajadores del campo.

Recomendaciones

Como siguiente etapa en el desarrollo de este proyecto, se realizarán pruebas con diferentes arquitecturas de redes neuronales para poder evaluar la que se adapta mejor al problema presentado. De igual forma, se incrementará el número de imágenes para las etapas de entrenamiento y de prueba utilizando imágenes de otras fuentes de imágenes públicas. El sistema se implementará en un dispositivo móvil para permitir realizar la clasificación de las imágenes tomadas por dicho dispositivo.

Referencias

- Fundación Produce Oaxaca, A.C. Revista Maíz. Consultado el 20 de enero de 2023. Recuperado en https://www.academia.edu/4342314/revista_maiz.
- Gardentech. Los gusanos cogolleros del maíz. Revista GardenTech. 2017. Consultado 31 20 de enero de 2023. Dirección de Internet: <https://www.gardentech.com/es/insects/corn-earworms>
- Gollapudi, S. "Learn Computer Vision Using OpenCV." Hyderabad, India. Apress. 2020.
- Herbario Virtual. Cátedra de Fitopatología. Consultado el 10 de enero de 2023. Recuperado en http://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page_id=162.
- Ian Goodfellow et al. "Deep Learning". The MIT Press. 2016.
- IBM. Metodología Fundamental para la Ciencia de Datos. Consultado el 10 de enero de 2023. Recuperado en ibm.com/downloads/cas/6RZMKDN8.
- INEGI. "Encuesta Nacional Agropecuaria 2017. Consultado el 10 de enero de 2023. Recuperado en www.inegi.org.mx7contenidos/programas/ena/2017/doc/inf_maiz17.pdf.
- Pionner. Consultado el 10 de febrero de 2023. Recuperado en pionner.com/ar/articulos/gray_leaf_spot_maiz.html.
- Plantix. Consultado el 20 de enero de 2023. Recuperado de https://plantix.net/es/library/plant-diseases/100232/leaf-blight_of_cucurbits.
- Rikita Yamashita. "Convolutional neural networks: an overview and application in radiology". Insights into imaging. 2018.
- Sam Abrahams. "TensorFlow for Machine Intelligence: A Hands-On Introduction to Learning Algorithms". Bleeding Edge Press. 2016.
- Singh D, Jain N, Jain P, Kayal P, Kumawat S, Batra N. "PlantDoc: a dataset for visual plant disease detection". InProceedings of the 7th ACM IKDS CoDS. 2020.
- TensorFlow. Consultado el 20 de enero de 2023. Recuperado en tensorflow.org/guide/keras

Extracción de Factores Principales en la Desertificación de Suelos Agrícolas en el Valle del Fuerte, Sinaloa

Omar Llanes Cárdenas^{1*}, Mariano Norzagaray Campos¹, Gabriel Eduardo González González¹, Lorenzo Cervantes Arce¹

Resumen— El objetivo fue, correlacionar los dos primeros factores (componentes) con la precipitación acumulada estacional de verano en el valle del Fuerte. Mediante datos generados por González et al. (2022), se aplicó un análisis de componentes principal para extraer las dos primeras componentes de 13 variables de suelos agrícolas. Estas dos componentes se correlacionaron con la precipitación acumulada de verano de la estación Choix (OBS) para el período 2000–2011 y 2015–2017. Los factores 1 (F1, 35.72 %) y 2 (F2, 23.01 %) suman 58.73 % de la varianza explicada. Las correlaciones de Pearson (Pe) entre F1 vs Pa fue $Pe = 0.300$ y entre F2 vs Pa fue $Pe = -0.11$. Las Pe no fueron significativamente diferentes de cero, pero se concluye que faltan por recabar más datos climatológicos más puntuales con el fin de incrementar los coeficientes. Este estudio aporta en el conocimiento de los factores principales que afectan en el avance de la desertificación, en una de las regiones agrícolas más importantes de México.

Palabras clave—extracción, componentes principales, datos climatológicos, desertificación.

Introducción

Una metodología que debe explotarse es la extracción de componentes principales (Restrepo et al., 2012), encaminada a los análisis de correlación. En este estudio se extrajeron las dos primeras componentes principales de indicadores del suelo agrícola. Después se obtuvieron datos de precipitación para correlacionar finalmente los datos de precipitación con las dos primeras componentes principales, que de ahora en adelante se le denominarán factores principales (XLstat, 2022). El objetivo de este estudio fue correlacionar las dos primeras componentes principales de las variables de suelo agrícola con la precipitación en el valle del Fuerte, Sinaloa. Este estudio aporta conocimientos en el valle del Fuerte respectivos a los factores principales (con indicadores de suelos agrícolas) que pueden asociarse con la intensidad y variación de las precipitaciones estacionales de verano (Llanes, 2023).

Materiales y método

Área de estudio

El área de estudio fue el Valle del Fuerte, Sinaloa, México (Figura 1). Este valle se ubica en la región noroeste de México y es uno de los valles agrícolas más importantes de México. El área de estudio cuenta con cultivos como maíz, ajonjolí, frijol, soya, entre otros cultivos de riego y temporal para los ciclos primavera–verano y otoño–invierno (SAGARPA, 2015).

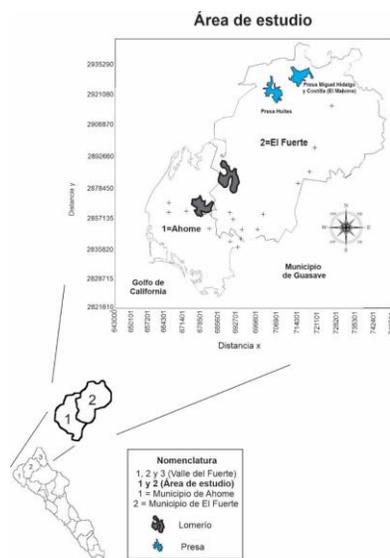


Figura 1. Área de estudio (valle del Fuerte). Tomada de González (2022).

¹ Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Sinaloa (CIIDIR–IPN–Sinaloa). *oma_llanes@hotmail.com (autor corresponsal).

Indicadores de suelos

De González (2022) se obtuvieron los datos (resultados) de 15 muestras de suelo agrícola, entre ellos, nitrógeno, fósforo, potasio, densidad aparente, densidad real, porosidad, porcentajes de arcilla, limo y arena, capacidad de campo, punto de marchitez permanente, relación agua-aire, entre otros parámetros de suelos.

Precipitación

Mediante datos del CLimate COMputing (CLICOM, 2022), de precipitación diaria en la estación meteorológica Choix (OBS) se calculó la precipitación estacional acumulada para los meses de Junio–Octubre y para el período 2000–2011 y 2015–2017, donde estos dos períodos se escogieron debido a la ausencia de datos.

Análisis estadístico

Primero se procedió a realizar una normalización estandarizada Z (Llanes et al., 2023) en todos los indicadores. Después, se procedió a realizar un análisis de componentes principales (Restrepo et al., 2012). Se extrajeron los dos primeros factores (F1 y F2) del conjunto de indicadores de suelos agrícolas. Se realizó un análisis de normalidad Shapiro Wilk. Se realizó una correlación de Pearson entre F1 y F2 y la precipitación. Se obtuvo el coeficiente de correlación crítico de Pearson. Se realizó una prueba de hipótesis para saber si los valores de Pearson fueron significativamente diferentes de cero.

Resultados y discusión

En la tabla 1 se muestran las puntuaciones para F1 y F2 que suman en conjunto 58.73 % de la varianza explicada para suelos agrícolas. En cuanto a F1 (35.72 % de la varianza explicada) las variables capacidad de campo (C.C), punto de marchitez permanente (P.M.P.) y agua aprovechable (H₂O) son las variables con mayor importancia con 13.493 cada una. De acuerdo con Chicas et al. (2014), estas variables pueden ser claves para realizar programas de producción agrícola en el valle del Fuerte. En cuanto a F2, la variable más importante es materia orgánica (M.O.) con 12.331. Este resultado está de acuerdo con Schulte et al. (2014), quienes explican que una de las variables más importantes de los suelos agrícolas es M.O.

Tabla 1. Puntuaciones de cada variable del suelo (análisis de componentes principales). Tabla generada a partir de los resultados de González (2022).

Variable	F1	F2
NO3-N (ppm)	2.234	0.832
PO4-P (ppm)	0.004	0.004
K (ppm)	0.545	6.355
M.O. (%)	2.317	12.331
pH (adimensional)	3.097	9.112
C.E. (dS m ⁻¹)	1.547	8.170
Arena AA (%)	11.994	0.869
Arcilla A (%)	2.228	7.533
Limo L (%)	6.326	4.002
D.A. (gr cm ⁻³)	3.228	10.127
D.R. (gr cm ⁻³)	0.857	4.462
Porosidad (%)	3.177	10.327
C.C. (%)	13.493	0.764
P.M.P. (%)	13.493	0.764
I.E.E. (Adimensional)	7.933	8.440
I.D.B. (Adimensional)	1.464	11.165
H ₂ O aprovechable (%)	13.493	0.764
Rel. Agua-aire (Adimensional)	12.570	3.981

Una vez extraídos los factores F1 y F2, refiriéndose específicamente a F1 vs precipitación, se puede observar que las muestras 1 (-1.24, -1.13) y 7 (2.03, 1.88) registraron las anomalías directamente proporcionales más importantes del total de las 15 muestras (Figura 2). El coeficiente de correlación de Pearson entre las 15 muestras y entre F1 vs precipitación resultó en $P_e = 0.30$. El coeficiente de correlación crítico de Pearson que fue de 0.4821 fue superior, denotando que F1 vs precipitación no es significativamente diferente de cero (Llanes et al., 2023).

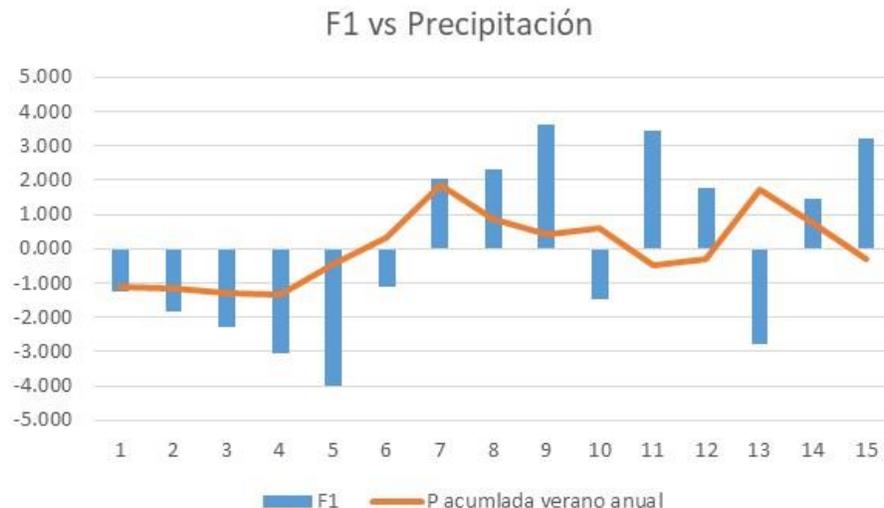


Figura 2. Variación de F1 y precipitación (valores normalizados). Figura generada a partir de los resultados de González (2022) y de CLICOM (2022).

En cuanto a la figura 3, F2 vs precipitación, mostraron que las muestras 12 (-0.41, -0.32), 13 (2.32, 1.71) y 15 (0.20, -0.32) registraron las anomalías con valores muy similares en magnitud absoluta (Figura 2). El coeficiente de correlación de Pearson en esta figura 3 (F1 vs precipitación) resultó en $P_e = -0.11$. El coeficiente de correlación crítico de Pearson que fue de 0.4821 fue superior, denotando que F2 vs precipitación no es significativamente diferente de cero (Llanes et al., 2022).

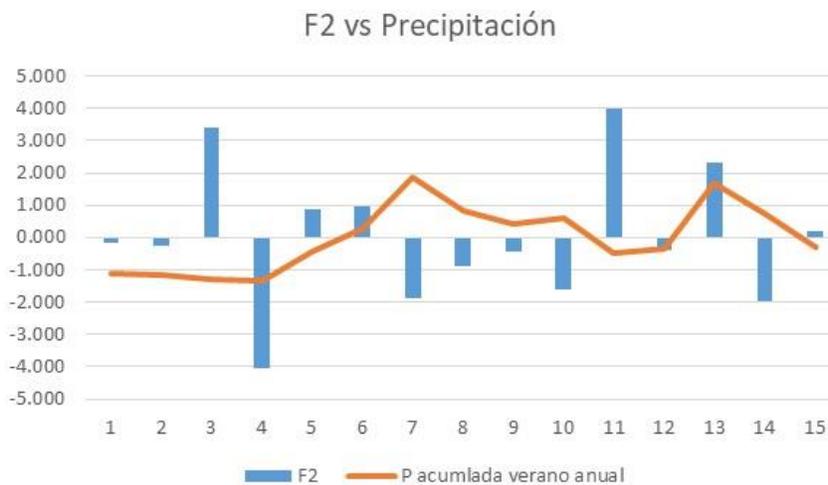


Figura 3. Variación de F2 y precipitación (valores normalizados). Figura generada a partir de los resultados de González (2022) y de CLICOM (2022).

Conclusiones

En este estudio se abordó la influencia de la precipitación estacional anual acumulada en los factores F1 y F2 de indicadores de suelos agrícolas. Aunque la influencia no fue significativa, se puede subrayar la importancia de generar planes de desarrollo de mayor número de estaciones meteorológicas con una menor separación entre sí mismas para poder observar cambios más puntuales en el valle del Fuerte. Este estudio aporta en la explicación o influencia que tiene la precipitación en los diferentes indicadores de suelos agrícolas en un área con altos volúmenes de producción o rendimientos que puedes poner en entredicho la soberanía alimentaria por la degradación de los suelos.

Referencias

- Addinsoft (2023). XLSTAT statistical and data analysis solution. New York, USA.
- Base de datos del CLimate COMputing (CLICOM). Disponible en línea: <http://clicom-mex.cicese.mx/mapa.html> (accesado el 15 de diciembre del 2022).
- Chicas S.R.A., Vanegas C.E.A., García Á.N. 2014. Determinación indirecta de la capacidad de retención de humedad en suelos de la subcuenca del río Torjá, Chiquimula, Guatemala Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, vol. 23, núm. 1, 41-46.
- González G.G.E. 2022. Huella máxima sostenible ante efectos producidos por el diverso uso del suelo para el valle del Fuerte, Sinaloa, México. Tesis de Maestría. Instituto politécnico Nacional.
- Llanes C.O. 2023. Predictive association between meteorological drought and climate indices in the state of Sinaloa, northwestern Mexico. Arabian Journal of Geosciences, 16:79.
- Llanes C.O., Norzagaray C.M., Gaxiola A., Pérez G.E., Montiel M.J., Troyo D.E. 2022. Sensitivity of Four Indices of Meteorological Drought for Rainfed Maize Yield Prediction in the State of Sinaloa, Mexico. Agriculture, 12, 525.
- Restrepo P.F.L., Noguera S.L., Ricardo R. 2012. Aplicación del análisis por componentes principales en la evaluación de tres variedades de pasto Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, vol. 25, núm. 2, abril-junio, 258-266.
- Schulte et al. 2014. Functional land management: A framework for managing soil-based ecosystem services for the sustainable intensification of agriculture, IN: Environmental Science and Policy, Vol. 38.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Agenda Técnica Agrícola de Sinaloa, Segunda Edición. 242.

Gestión Integral del Agua Aplicando Técnicas de Machine Learning (Regresión lineal)

Arlem Alejandra Lopez Carrillo

Resumen— El objetivo principal de este trabajo es estimar la demanda del agua y su situación actual en Mexico; ya que en base a ello se plantean grandes retos que debe afrontar el sector hidráulico: escasez, contaminación del recurso e impacto del cambio climático sobre el ciclo hidrológico, por ello se requiere una administración fortalecida con la participación de todo así como revisar y fortalecer el sistema de ciencia y tecnología que sustente la toma de decisiones en el tema

Palabras clave— Agua, gestión integral, Machine Learning

Introducción

Empezando por la gestión integrada de los recursos hídricos GIRH se constituye un paradigma sobre la gestión del agua a nivel global, la gestión integrada del recurso hídrico se orienta al desarrollo de políticas públicas en materia de recursos hídricos, con la unión del desarrollo económico y social para constituir una protección hacia los ecosistemas (Martínez & Villalejo, 2018).

El manejo del agua debe tomar en cuenta al conocimiento científico del comportamiento de las variables del ciclo hidrológico, así como su aprovechamiento y protección, para satisfacer las necesidades bajo un enfoque que garantice su uso sostenible (García & Gutiérrez, 2016).

Los países en búsqueda del desarrollo económico y social están crecientemente relacionados con el agua y el deterioro dentro de los principales problemas que requieren más atención, la gestión integrada es un proceso que puede asistir a los países en sus esfuerzos por tratar los asuntos del agua de una manera más sostenible y con efectividad de costos. El desarrollo sostenible de los recursos hídricos debe ser una actividad integrada que comprende acciones ingenieriles y económicas, al igual que una política de recursos la GIRH intenta asegurar la coordinación del desarrollo y la administración del agua, la tierra y de los demás recursos, así maximizando el bienestar económico y social sin comprometer la sustentabilidad de los sistemas medioambientales (Martínez & Villalejo, 2018).

Según (Griffin, 2006) la economía puede asistir en la toma de decisiones en la gestión del agua en tres niveles el análisis de políticas del agua, las cuales están relacionadas con el suministro de agua y calidad que tienen importantes consecuencias al igual que proporcionan herramientas para la priorización y selección de proyectos de infraestructura para la gestión del agua un ejemplo es el de costo-beneficio.

Menciona (UNESCO, 2019) que la productividad que genera el uso de agua genera de tres a cuatro empleos en el mundo y dependen mayormente del tratamiento del agua desde la extracción hasta su retorno a la naturaleza, pasando por su uso. La escasez limitaría el crecimiento económico y la creación de empleos en los próximos decenios.

A continuación, se muestra una gráfica con la cobertura de agua potable en México para 2015.



Fuente: elaboración propia con base en datos de CONAGUA

El agua tiene varias características y atributos según su grado de utilidad y satisfacción socio ambiental, el cual es un recurso altamente demandado y susceptible, en el caso de agua dulce es indispensable para la sobrevivencia humana, razón por la que el ser humano se ha apropiado de su existencia limitando su disposición y se ha valorado monetariamente su consumo, ya que este recurso no es tan abundante y su existencia limitada solo es aparente, de ahí

su valoración mercantil y apropiación privada sean reguladas (Iglesias, 2017).

Desde el punto de vista económico el agua es un bien con un sinnúmero de actividades económicas y productivas, el desarrollo tecnológico y la existencia de sustitutos perfectos e imperfectos que determinan el nivel de explotación del recurso, todo en función de los precios, estado ausente toda consideración intra e intergeneracional lo que rompe con los principios de sostenibilidad (Flores, 2014).

En la idea de darle un valor nominal al agua dulce, algunos países han implementado varios métodos para racionalizar su uso y poder tener la cobertura ante la creciente dinámica demográfica y el aumento de la demanda del virtual recurso sabiendo que no es renovable y lo vuelve limitado y costoso (Zegarra, 2014).

En México algunos sectores como la agricultura tiene la concesión del 77% el 14% es para el abastecimiento público como doméstico y negocios del 5% es para la generación de energía y el restante para la industria según datos de la UNAM.

La planificación hidráulica se basa en proyecciones de la población de la demanda per cápita de agua para satisfacer las necesidades de una población creciente en los diferentes sectores (Toledo, 2002).

En México la CONAGUA clasifica a los consumidores principales de agua en tres sectores que son el agrícola, abastecimiento público e industrial en 2017 el volumen que se consumió a estos usos consuntivos fue de 21% mayor al registrado en 2001 pasando de 72.7 a 87.72.7 a 87.9 kilómetros cúbicos; esta última cifra representa el 19.2% de agua renovable total 451.6 km³. En 2017 además de los 87.9 kilómetros cúbicos concesionados a los sectores antes mencionados, se concesionaron 183 kilómetros cúbicos adicionales para usos no consuntivos, en particular para la generación de electricidad en hidroeléctrica, se detalla la concesión de agua en 2017 a los tres usos consuntivos principales se observa 66.8 kilómetros cúbicos le corresponde al sector agrícola 76.3% del total concesionado, 12.6 km³ al abastecimiento público 14.4% y 8.5 km³ a la industria : 4.3 a la industria autoabastecida (4.9%) y 4.2 a energía eléctrica excluyendo hidroelectricidad 4.7% el sector que más ha crecido en cuanto al volumen concesionado entre 2001 y 2017 fue el abastecimiento público, que se incrementó 32.8% mientras que los sectores agrícolas e industrial aumentaron 18.3 y 26.9% (Gobierno de México, 2017).

En 2004, el uso de agua para fines agropecuarios representó 76% del total extraído, seguido por el uso para abastecimiento público, con 14%, mientras que el uso industrial fue 10%. La proporción de agua empleada en las diferentes actividades muestra variaciones regionales importantes. Mientras que en la región Pacífico Norte se destinó más del 94% del agua al uso agropecuario, en la Golfo Centro y en la del Valle de México y Sistema Cutzamala el volumen destinado a este uso no alcanzó el 50%. El agua que se destina al uso agropecuario e industrial proviene principalmente de fuentes superficiales, en contraste con la que se destina al abastecimiento público que proviene en mayor proporción de fuentes subterráneas

Descripción del Método

La perspectiva de la investigación cuantitativa se relaciona con el grado que apliquemos en el diseño tal como fue concebido (particularmente en el caso de los experimentos) en la investigación cuantitativa es posible encontrar diferentes tipos de metodologías del diseño (Sampieri, 2017)

El objetivo de la investigación cuantitativa es determinar la relación entre una variable dependiente y una independiente dentro de una población, al igual que clasifica las características, las cuentas y construye modelos estadísticos en un intento de explicar lo que se observa, la investigación cuantitativa se ocupa de números, lógica y una posición objetiva, se centra en la recolección de datos numéricos y de la generación de una variedad de ideas de un problema de investigación de manera espontánea (Sarduy,2007)

En este trabajo de tesis se utilizarán estudios cuantitativos con datos secundarios, ya que estos se hacen con análisis de datos ya existentes y que pueden ser verificados en las páginas de las instituciones que más adelante se mostraran.

Las fuentes secundarias pueden proceder de (Miranda, 2008)

- Fuentes oficiales: cuando los datos son suministrados por cualquier ente gubernamental
- Fuentes privadas: cuando la información es suministrada organismos no gubernamentales

Las fuentes secundarias pueden ser utilizadas deben ser analizadas bajo 4 preguntas

- ¿Es pertinente? Cuando la información se adapta a los objetivos
- ¿Es obsoleta? Cuando ha perdido actualidad
- ¿Es fidedigna? Cuando la veracidad de la fuente de origen no es cuestionada
- ¿Es confiable? Si la información ha sido obtenida con la metodología adecuada y honestidad necesaria, con objetividad, naturaleza continuidad y exactitud

Las fuentes secundarias son datos sintetizados que interpretan y analizan las fuentes secundarias como son páginas WEB, datos de instituciones como son el INEGI, CONAGUA, entre otras

En este capítulo se muestran los resultados de la regresión lineal múltiple por sector donde hace una relación de los sectores acon el tipo de consumo como es el doméstico, el comercial, industrial y el de servicios públicos y de donde es extraída subterránea o superficialmente con el volumen de agua suministrada ya que esta es la primera etapa hacerlo a nivel México para después ir desglosando hasta Zacatecas

Regresión lineal múltiple observando el consumo por sector

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1-30
Variable dependiente: Volumen del agua suministrada f

	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
const	319.963	1681.33	0.1903	0.8506	
Tipo de toma domestica	1.01528	0.0276130	36.77	<0.0001	*
Comercial	0.947429	0.0838159	11.30	<0.0001	**
Industrial	1.14744	0.157739	7.274	<0.0001	*
Servicios públicos	0.967356	0.0563267	17.17	<0.0001	**
Media de la vble. dep.	174721.0	D.T. de la vble. dep.		188419.0	
Suma de cuad. residuos	1.06e+09	D.T. de la regresión		6522.632	
R-cuadrado	0.998967	R-cuadrado corregido		0.998802	
F(4, 25)	6043.556	Valor p (de F)		6.41e-37	
Log-verosimilitud	-303.3243	Criterio de Akaike		616.6487	
Criterio de Schwarz	623.6547	Crit. de Hannan-Quinn		618.8899	

Intervalos de confianza por variable

$$t(25, 0.025) = 2.060$$

Variable	Coefficiente	Intervalo de confianza 95
const	319.963	(-3142.79, 3782.72)
Tipo de toma domestica	1.01528	(0.958414, 1.07215)
Comercial	0.947429	(0.774807, 1.12005)
Industrial	1.14744	(0.822572, 1.47231)
Servicios públicos	0.967356	(0.851349, 1.08336)

Regresión lineal múltiple observando de donde proviene la mayor cantidad de agua facturada, ya sea superficial o del subsuelo

Modelo 2: MCO, usando las observaciones 1-30
Variable dependiente: Volumen del agua suministrada f

	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
const	112650	21163.9	5.323	<0.0001	*
Mantos superficiales	3.60353	1.24079	2.904	0.0073	**
Del subsuelo	-0.593976	1.31988	-0.4500	0.6563	
Media de la vble. dep.	174721.0	D.T. de la vble. dep.		188419.0	
Suma de cuad. residuos	3.11e+11	D.T. de la regresión		107254.9	
R-cuadrado	0.698317	R-cuadrado corregido		0.675970	

F(2, 27)	31.24895	Valor p (de F)	9.42e-08
Log-verosimilitud	-388.4767	Criterio de Akaike	782.9533
Criterio de Schwarz	787.1569	Crit. de Hannan-Quinn	784.2981

Intervalos de confianza por variable

$$t(27, 0.025) = 2.052$$

Variable	Coefficiente	Intervalo de confianza 95
const	112650.	(69225.0, 156074.)
Mantossuperficiales	3.60353	(1.05764, 6.14943)
Delsubsuelo	-0.593976	(-3.30214, 2.11419)

Conclusión

Al largo de esta investigación se hace un análisis de los sectores productivos que consumen agua en México, al analizar su estructura de consumo de agua y saber su lugar de procedencia si es superficial o subterránea.

Los objetivos han sido parcialmente cumplidos al analizar los datos por sector y así analizar el que consume más agua, hasta este punto de la investigación aún no se han recabado los datos para saber el tipo de correlación del consumo de agua y los indicadores económicos que se plantean en la tesis.

La hipótesis planteada en este trabajo, se ve que si se puede obtener una respuesta favorable con el uso de estadística que ayude a saber los indicadores de consumo de agua así como otro tipo de indicadores y al final poder hacer una predicción que ayude a la resolución de algunos problemas que se tienen sobre estos temas

Referencias

- Flores, R. (2014). Los afluentes y los ríos. La construcción social del medio ambiente en la cuenca Lerma-Chapala. México: ITESO Geoforum, 40(3), 484-494. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2009.03.004>
- García J. M y Gutiérrez J. «La gestión de cuencas hidrográficas en Cuba», Ed. INRH, ISBN 978-959-300-114-4, La Habana, Cuba. (2016).
- Griffin, R.C. 2006. Water Resource Economics – The Analysis of Scarcity, Policies and Projects. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Iglesias Piña, David. (2017). La valoración económica y mercantilización del agua de consumo humano en el Estado de México. Algunos determinantes. Espiral (Guadalajara), 24(68), 79-109.
- Martínez Curbelo, Gretel, Cortés Cortés, Manuel E, & Pérez Fernández, Annia del C.. (2016). METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y CONCORDANCIA EN EQUIPOS DE MEDICIONES SIMILARES. Revista Universidad y Sociedad, 8(4), 65-70.
- Sarduy Domínguez, Yanetsys. (2007). El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa. Revista Cubana de Salud Pública, 33(3)
- Toledo, A. (2002). “El agua en México y en el mundo”. Gaceta ecológica. Instituto Nacional de Ecología, (64), 9-18.
- UNESCO . (2019). El agua, fuente de empleo y crecimiento económico, según nuevo informe de las Naciones Unidas. Londres: UNESCO.
- Zegarra, E. (2014). Economía del agua. Conceptos y aplicaciones para una mejor gestión. Lima: GRAD

Estudio de Factibilidad para la Construcción de una Planta Tratadora de Agua Residual para el Riego Agrícola en Miramar, Santa María Yucuhiti

Raquel Noemí López García¹, M.I. Daniel Carbajal Díaz²,
Arq. Levi Michael Galván Díaz³ y Arq. José Roberto Ortiz López⁴, Pedro Moisés García Lopez⁵

Resumen— La presente investigación se centra en el Municipio de Santa María Yucuhiti está conformada por 6008 habitantes de acuerdo al censo del INEGI 2022, las cuales el 55% de ellos tiene acceso a agua potable y el 45% posee agua de manantiales, la localidad de Miramar conformada por 1443 habitantes con base al censo de Población 2022, por contexto regional y geográfico un el 60 % de la población se dedica a la agricultura, debido al consumo de agua se ve mermado por el número de personas, para mejorar la necesidad de poder generar una planta tratadora de agua residual. Para la ejecución del proyecto se ocupó de la metodología PHVA, realización de encuestas, entrevistas y el diagnóstico situacional, esto para conocer el consumo actual del agua y generar acciones remediales y utilizarla para el riego agrícola, ya que es importante disponer de agua de calidad y en cantidad suficiente.

Palabras clave— Aguas residuales, Reúso, Agricultura, Educación socio ecológica.

Introducción

Estudio de factibilidad para la construcción de una planta tratadora de agua residual para riego agrícola en Miramar, Santa María Yucuhiti.

De acuerdo al estudio realizado en el mes de octubre de 2022, realizado en el municipio de Santa María Yucuhiti, se determinó que la capacidad instalada para el almacenamiento de agua por las 9 agencias es de 95,842,823,821 litros para el suministro mensualmente, en la localidad de Miramar donde se instalará una planta de tratamiento de agua residual, se destina directamente a un tanque de drenaje establecido en la comunidad, esta tiene la capacidad de 192,192.00 litros en almacenamiento de sólidos y líquidos. El principal beneficio de una planta de tratamiento es de preservar el recurso y remover materia orgánica, Miramar cuenta con recursos naturales que son beneficiosos para ella y está comprometido en mejorar la calidad de vida de los habitantes, con un enfoque de desarrollo integral y sustentable, potencializando el desarrollo local, incidiendo de manera directa y simultánea en los factores que propician el rezago de los diferentes sectores, principalmente el agua que abastece, es difícil generalizar acerca de cualquier condición en Miramar, debido a la diversidad económica, social y ambiental de la región, tanto en municipio y localidad como dentro de una misma nación. Una gran inquietud, es la gente de bajos recursos que vive en áreas urbanas y habita en colonias y áreas que no son adecuadas para el desarrollo (como laderas accidentadas, pantanos, y planicies propensas a inundaciones). Existe una división marcada entre las poblaciones de escasos recursos y las de altos ingresos, con respecto al acceso a los servicios de saneamiento, puesto que la mayoría no cuenta con regulaciones de consumo y esta tiene como defecto el consumo y desperdicio excesivo.

De acuerdo al Banco Mundial, más de 300 millones de habitantes de ciudades en Latinoamérica producen 225,000 toneladas de residuos sólidos cada día. Sin embargo, menos del 5% de las aguas de alcantarillado de las ciudades reciben tratamiento. Con la ausencia de tratamiento, las aguas negras son por lo general vertidas en aguas superficiales, creando un riesgo obvio para la salud humana, la ecología y los animales. En Latinoamérica, muchas corrientes son receptoras de descargas directas de residuos domésticos e industriales. La contaminación del suelo ocurre tanto en áreas urbanas como rurales. Conteniendo 40% de las especies tropicales de plantas y animales del mundo, y 36% de las especies cultivadas de alimentos y productos industriales, la región presenta intenso interés en la preservación y protección del medio ambiente, sin mencionar una preocupación por la salud humana. De 1950 a 1995, la población de Latinoamérica aumentó de 179 millones a 481 millones de habitantes, lo cual correspondió con una carga mayor sobre la infraestructura existente y un aumento en la producción de residuos domésticos. De igual manera, la tendencia

¹ Raquel Noemí López García es estudiante de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Tlaxiaco, Oaxaca raquelnoemi.lg@gmail.com (autor corresponsal)

² El M.I. Daniel Carbajal Díaz, es profesor del Instituto Tecnológico de Tlaxiaco, Oaxaca, cardiz_1487@gmail.com

³ El Arq. Levi Michael Galván Díaz, es asesor técnico en el Municipio de Santa María Yucuhiti, Tlaxiaco, Oaxaca, leviGALD@outlook.com

⁴ El Arq. José Roberto Ortiz López, es asesor técnico en el Municipio de Santa María Yucuhiti, Tlaxiaco, Oaxaca, rojoz.ca@gmail.com

⁵ Pedro Moisés García López, Presidente Municipal del H. Ayuntamiento de Santa María Yucuhiti, Tlaxiaco, Oaxaca municipio-446@hotmail.com

de aumento en la población seguirá durante las próximas décadas, al igual que las presiones sobre la infraestructura. Para 1995, se estimó que el porcentaje de latinoamericanos que contaban con instalaciones para el desecho de aguas residuales incluía 69% de la población total (80% urbana; 40% rural). Aunque, como promedio, 80% de la población urbana de Latinoamérica tiene acceso a servicios de recolección de aguas de alcantarillado, existe una gran variación entre los países. La mayor parte de las aguas negras no han recibido tratamiento. Aun las grandes ciudades Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica Identificación del Problema como la Ciudad de México y São Paulo-Santos se encuentran a menudo altamente contaminadas y carecen de infraestructura de saneamiento para tratar los residuos peligrosos. Aproximadamente 18% de la población de escasos recursos cuenta con agua de tubería en sus casas, comparado con 80% de la población de altos ingresos. Las personas de escasos recursos se encuentran más susceptibles a las enfermedades y potencialmente están menos conscientes de cómo mantener las condiciones salubres, lo cual lleva a una mayor propagación de enfermedades en la población general. Nuestro **objetivo** es que se adapte a la zona y que el efluente cumpla con la normatividad ambiental vigente, para que sea aprovechable con fines de riego agrícola. Esto, con el fin de no alterar negativamente las condiciones actuales que presenta el cuerpo receptor, ni la salud de los habitantes.

Descripción del Método

Tipo de investigación

Investigación cualitativa:

La investigación se centra en las opiniones y reacciones no numéricas. Este tipo de datos incluye el lenguaje, conceptos básicos sobre la sociedad, etc. Los datos se analizaron tras su recogida para entender por qué y cómo interpretan las personas los acontecimientos sociales que se tiene en cuenta y el porqué de esas respuestas. Cuenta la experiencia de las personas del estudio con base al consumo del agua y su consumo.

Los datos recogidos son para comprender un concepto en el entorno social en Miramar. Los datos cualitativos implicaron la participación activa del investigador en el entorno. **Entrevista** fue el método más sencillo y directo. Se realizaron preguntas abiertas, y de opción múltiple, se registró la mejor respuesta y reacción, y tiene en cuenta su postura y experiencia de los números en datos analizados, para la recolección de datos se eligió un número de 20 personas en el rango de edad de 40 a 80 años, para la obtención de saberes.

Investigación Cuantitativa:

El objetivo de nuestra investigación fue comprobar la relación entre personas que tiene la posibilidad de reusar el agua y personas que no le dan una segunda oportunidad. En este método como investigadores utilizamos números y gráficos para probar las teorías existentes. Nos ayudó a confirmar o negar un supuesto general en el campo de estudio o en nuestra sociedad en general.

Las variables las obtuvimos a través de encuestas con el fin de afirmar o rechazar una teoría. **Encuestas** fue método más habitual de recogida de datos en la investigación cuantitativa este utiliza preguntas para muestrear las opiniones de individuos, conjuntos de encuestados a la comunidad que entran en el ámbito de la investigación. Las preguntas de la encuesta son en su mayoría preguntas cerradas, múltiples. Se trabajó con el tema de consumo y desagüe. A continuación, se realiza la conversión.

Participantes, muestreo, recolección de datos e información

La recolección de datos adicionales dentro de la comunidad y municipio se trabajaron sobre encuestas y entrevistas, puesto que fue de manera más rápida obtener la información necesitada, del censo de población se tomó una muestra de 20 personas dentro de la comunidad de Miramar para recabar los datos necesarios acerca del consumo de agua, como se desperdicia y si le dan un segundo uso. Así mismo que piensan acerca de una planta de tratamiento y si lo utilizaran para el riego. Se trabajó sobre 12 preguntas que se muestran a continuación.



Imagen 1. Aplicación de encuestas en la comunidad

Materiales, muestreo, Recolección de Datos e Información

Para contabilizar la muestra que se trabajó sobre el censo, elaboramos un guion, es decir, el material que nos permitió como entrevistadores organizar. Las fotos se recolectaron a través de una cámara celular. Manejamos el programa de Minitab independientemente del bagaje estadístico, Minitab nos permitió predecir mejores resultados, diseñar mejores gráficos y mejorar los procesos. Nos ofrece un enfoque único e integrado al proporcionar software y servicios que impulsan la excelencia desde cualquier lugar. Trabajamos sobre lavase del paquete de office (Word, Excel, Publisher).

Metodología o procedimiento

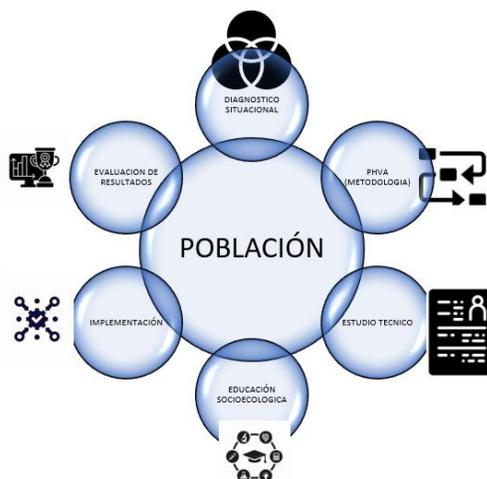
Planificar: Para recolección de datos nos basamos en la Metodología PHVA. La primera fase del ciclo los encargados del proyecto se mapeo e hizo un análisis de las posibles opciones para poder contribuir a la comunidad e introducirnos a ella para poder trabajar solo la información, lo más importante en el momento es que todas las personas nos vimos involucradas y propusimos hipótesis sobre posibles causas del problema.

Hacer: Como segunda fase, fue el momento de implementar las hipótesis que daban solución y los cuales se analizaron de manera cuidadosa.

Junto con el equipo de trabajo llegamos a un acuerdo sobre como introducir el primer experimento o entrevista, tuvo que realizarse a pequeña escala, y dentro de un ambiente controlado y sobre acciones que se deben ejecutar.

Verificar: Como tercera fase va de la mano con la etapa anterior, esta etapa consiste en revisar todo lo que salió bien y mal en el test de experimento. Se prestó atención a pequeños detalles que detecten posibles omisiones patrones que se repiten u oportunidades de mejora del entorno ambiental.

Actuar: Como punto final en el círculo del proceso y fue aquí donde se ejecutó el plan inicial al 100% y a una escala completa. Comprobamos y reconfirmamos que no hay tiempo el cual perder. Al terminar deducimos los recursos que tenemos que adquirir. Herramientas y metodologías para medir resultados. Aprendizajes que pueden aplicarse a nuevos proyectos.



Cuadro 1: Modelo educativo fuente propia.

Diagnostico situacional: Fue el que medio nos permitió realizar identificación, descripción, análisis y evaluación de la situación de la comunidad u organización en un momento determinado.

PHVA Metodología: Esta metodología de 4 etapas sirve para mejorar los procesos con el fin de ayudar a los distintos equipos y mejorar la satisfacción de las personas. En esta Metodología se trabajó el planear las encuestas y entrevistas a la comunidad, Hacer: establecimos el control de riesgos. Verificar: evaluamos el control de riesgos. Actuar: implementamos el control interno.

Estudio Técnico: Es la evaluación del mercado o comunidad donde puede realizarse con base al enfoque, el análisis técnico, este último es el más complejo de analizar. Se basa netamente en las acciones o movimientos de los valores, es decir es tratar de predecir el valor de un activo basándonos en su componente.

Educación Socio ecológica: Esto implica que los niños o personas adultas observemos y ayudemos a practicar buenos hábitos: cuidar el agua en casa, disponer de la basura apropiadamente, reducir los consumos de energía, plantar árboles, etc. ¿Esto para qué? Para determinar un cierto uso del recurso que tenemos, y así mismo darle el uso adecuado y evitar el desperdicio.

Implementación: fue la ejecución o puesta en marcha de la idea programada, ya sea, de una aplicación informática, un plan, modelo científico, diseño específico, estándar, algoritmo o política.

Evaluación de resultados: En este apartado, evaluamos los riesgos y las posibles alternativas de uso para la comunidad, y así mismo benefician el proceso de este servicio que se brinda.

La investigación se sustenta en los objetivos

Objetivo 6: Agua limpia y saneamiento

Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y saneamiento para todos.

El agua tiene que ser libre de impurezas, y este tiene que ser accesible para toda la comunidad puesto que es esencial para el vivir. La mala calidad de agua y en el saneamiento inadecuado nos influye a darle un segundo uso en el sector agrícola, esta es una manera de reutilizar en tiempos de sequía ya que somos familias de bajos recursos, y este es beneficio alguno de ello. Con la instalación de planta de tratamiento estamos garantizando un porcentaje de agua útil, para riego y así mismo una producción generadora. Se plantea en unos años lograr un acceso de agua para riego. Se le estará proporcionando a la población que utiliza los servicios de suministros de agua gestionados sin riesgos. Se tiende a apoyar y fortalecer la participación de las comunidades en la mejora de la gestión del agua y saneamiento. Esto nos proporciona dependencias administrativas locales que han establecido políticas y procedimientos operacionales para la participación de las comunidades locales en la gestión del agua y saneamiento.

Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles

Lograr que las ciudades y asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

La comunidad es hervidero de ideas, comercio, cultura, ciencia, productividad, desarrollo social y mucho más. En el mejor de los casos, ha permitido a las personas progresar social y económicamente los problemas comunes, la falta de fondos para prestar servicios básicos, la escasez de viviendas adecuadas y el deterioro de la infraestructura, se tiende asegurar el acceso de todas las personas servicios básicos, seguros y mejorar los barrios marginales. Una proporción urbana que viven en barrios marginales, asentamientos informales o viviendas inadecuadas, pueden redoblar los esfuerzos para proteger y salvaguardar el agua que es el patrimonio cultural y natural del mundo. Reducir significativamente el número de muertes causadas por los desastres, incluidos lo relacionado con el agua y de personas afectadas por ellos, y reducir considerablemente las pérdidas económicas directas haciendo especial la protección de las personas en situaciones de vulnerabilidad.

Objetivo 12: Producción y consumo responsable

Garantizar modalidades de consumo y producción sostenible.

El consumo y la producción sostenibles consisten en fomentar el uso eficiente de los recursos y la eficiencia energética, infraestructuras sostenibles y facilitar el acceso a los servicios básicos. Su aplicación ayuda a lograr los planes generales de desarrollo, reducir los futuros costos económicos, ambientales y sociales, aumentar la competitividad económica y reducir la pobreza. Lograr la gestión sostenible y uso eficiente de los recursos naturales, reducir a mitad el desperdicio de alimentos en venta al por menor y a nivel de los consumidores lo cual permita reducir pérdidas de alimentos en cadenas de producción y suministro, incluidas las pérdidas posteriores a la cosecha, podemos tener acuerdos ambientales sobre los desechos peligrosos y otros productos químicos que cumplen sus compromisos y obligaciones de transmitir información. De aquí a años siguientes reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización. Promover prácticas de adquisición que sean sostenibles. Asegurar que las personas tengan información y los conocimientos pertinentes para el desarrollo sostenible y un estilo de vida en armonía con la naturaleza.

Objetivo 13: Acción por el clima

Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

El cambio climático afecta a todos puesto que es un problema general, tiene un impacto negativo en la economía y en vida de las personas en las comunidades. El cambio climático es un reto global que no respeta, las emisiones en un punto afectan a lugares lejanos. Es un problema que requiere que la comunidad trabaje de forma coordinada y precisa de la cooperación para que se desarrolle una economía baja. Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a riesgos en el clima y los desastres naturales. Se puede incorporar medidas relativas al cambio climático, político, estrategias y planes de solución. Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y una alerta temprana. Promover mecanismos para aumentar la capacidad de planificación y gestión en relación al cambio para desarrollar conciencia en jóvenes y comunidades locales y marginadas.

Objetivo 14: Vida submarina

Conservar y utilizar sosteniblemente los ríos, los ojos de agua, arroyos y los recursos para el desarrollo. Los océanos del mundo, su temperatura, química, corrientes y vida, mueven sistemas que hacen que la tierra sea habitable. Prevenir y reducir significativamente la contaminación de agua de todo tipo, en particular la producida por actividades realizadas en tierra, incluido la polución por nutrientes. Reglamentar eficazmente la explotación de pescas, y aplicar

planes de gestión con fundamentos científicos a fin de reestablecer las poblaciones en un plazo breve posible y alcanzando niveles con un máximo rendimiento sostenible de acuerdo a características biológicas. Conservar al menos un % de zonas costeras y marinas de conformidad, y sobre la base de la mejor información científica disponible.

Comentarios Finales

Resumen de resultados

En el análisis de los resultados tomamos los datos recabados sobre encuestas y entrevistas. Los resultados obtenidos al aplicar el método descrito respondieron a la pregunta de investigación, misma que dio coherencia con los objetivos. Los organizamos claramente y con la abundancia necesaria. El proceso de construcción en general fue participativo y con trabajo constante. Se realizó de forma democrática y participativa, no obstante, del contenido que influenció en la selección de la temática y argumentar las ventajas que éste tenía. El equipo de trabajo se construyó equilibradamente con el campo multidisciplinario.

Tamaño de la muestra

$$N = N / (1 + N * e^2)$$

N: Tamaño de la muestra

e: Margen de error

$$N = 50 \quad e = 0.04$$

$$n = 50 / (1 + 50 * (0.04)^2)$$

$$n = 50 / (1 + 50 * (0.0016))$$

$$n = 50 / (1 + 0.384)$$

$$n = 50 / 1.384$$

$$n = 36$$

Se trabajó con una población de 50 individuos, con una confianza del 96% de efectividad y un margen de error de 0.04. teniendo como resultado a encuestar a 36 personas, del cual se analizaron las respuestas y se tienden a estar en relación, sobre el constante consumo de agua.

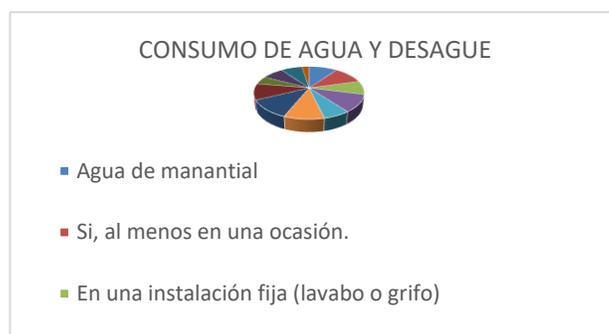


Imagen 1. Aplicación de encuestas en la comunidad

1. De acuerdo al censo de población se obtuvo como resultado que la mayoría de personas tiene acceso al agua potable, y un 35% tiene acceso a agua de manantiales. Por lo cual es importante administrar los recursos naturales y seguir cuidando de ellos para su conservación.
2. Como determinación se tiene que un 68.8% de la población, el cual se ha quedado sin recurso al menos una vez al mes y un 18.8% tiende a adaptarse a manantiales cercanos, el 12.5% indicó no saber la cantidad de agua que consume.
3. La mayoría de habitantes cuenta con el servicio para lavado de manos en instalaciones fijas, y un 25% indicó el uso de recipientes.
4. De acuerdo al estudio se tuvo un punto de alto nivel de interés, pues este permitió deducir que el 50% de la población dispone de agua la mayor parte del tiempo, el 25% siempre dispone de este recurso gracias a los manantiales que hay en la comunidad y un 25% no dispone de agua en ciertas ocasiones.
5. Se hizo un análisis sobre consumo de agua en el espacio situacional, brindó la facilidad de comprender la capacidad que se tienen y en su totalidad la mayoría consume de 30-50 litros diarios.
6. Un 87.5% de la población reutiliza el agua, para áreas determinadas así mismo el reúso de este recurso y un 12.5% no lo hace.
7. En conclusión, se obtuvo que la mayoría de los usuarios desecha el agua que consumen, las aguas grises se vierten a campo abierto. Y un 43.8% la desecha a la red de drenaje con destino a fosas sépticas.

8. El 50% de la población está interesada, por riego que es beneficio para la agricultura, se evita un desgaste de consumo mayor. El 37.5% de la población opta por darle segunda opción en sanitarios. 6.25% opta por lavado de calles y 6.25% no la reutilizaría.
9. Dentro de los estatus de segundo uso del agua, muestra parte de alternativas para lavar autos, consumo humano en caso de ser agua tratada de ríos. Instalación de sistemas de riego para hortalizas o floricultura.
10. Dentro de la comunidad se trabajó sobre los aspectos de instalaciones sanitarias y habitualmente se tiene que el 50% ocupa letrinas de fosa, y un 43.8% inodoros o descargas y el 6.02% usa letrina de compostaje.
11. Se obtuvo como dato en un porcentaje el 50% de población descarga su tanque séptico en drenaje abierto y 505 en pozo de absorción.

Conclusiones

El uso de aguas residuales para riego con los efluentes de la Planta de Tratamiento de Miramar Santa María Yucuhiti, no representó para el suelo variaciones significativas en sus características físicas evaluadas. El desarrollo del cultivo regado con agua residual tratada es normal y los rendimientos para el cultivo pueden superar hasta en un 60 % con respecto a los rendimientos medios tradicionales en la zona donde se realizó el estudio. El contenido de nutrientes de los efluentes garantizó el no uso de fertilizantes significando con ello, un ahorro sustancial en comparación con el manejo tradicional de este cultivo en la zona sin el uso de aguas residuales. La práctica del riego con aguas residuales tratadas es aceptada por los agricultores de la zona por sus bondades visibles, sin embargo, hay aspectos negativos como la inexperiencia en el riego y resistencia por la implementación de esta nueva práctica, por lo que el reúso de aguas debe considerarse como un proceso beneficioso y con un impacto integral, los aspectos vertidos en las entrevistas y encuestas deben de tomarse en cuenta para poder educar a los usuarios de este vital líquido y fomentar la práctica de reúso del agua.

Referencias

Referencias bibliográficas

1. Julia Martins. (4 de Noviembre 2022). ¿Qué es el Ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA)?. 4 de noviembre 2022, de asana. Sitio web: <https://asana.com/es/resources/pdca-cycle>
2. Kelly A. Reynolds, MSPH, Ph.D.. (septiembre-octubre 2002). *Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica..* De la Llave Recuperado de https://cida.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/documentos_nuevos/DeLaLlaveSepOct02.pdf
3. Lahera, Ramón, Virginia. (2010). INFRAESTRUCTURA SUSTENTABLE: LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. *Quivera*, (12), 58-59
4. Naciones Unidas (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago.

Notas Biográficas

Audel Rolando Pérez García, Omar Jiménez Márquez, Daniel Carbajal Díaz, Dolores Ramos Salazar. (26 de febrero de 2019). *EL INGENIERO COMO PROMOTOR VINCULATORIO DEL DESARROLLO TURÍSTICO EN LA MIXTECA DE OAXACA.* . ANFI DIGITAL Recuperado de <https://anfi.mx/revista/index.php/revista/article/view/507>

Apéndice

Cuestionario utilizado en la investigación

Agregar enlace de la encuesta.

https://docs.google.com/forms/u/0/d/e/1FAIpQLSdLY_CA7mS9MgTZgTTn7j9kioYVsobuMrDcM311VFICTQ6qQg/viewform?vc=0&c=0&w=1&flr=0&usp=already_responded&urp=gmail_link&edit2=2_ABaOnuf3nyugesImBFA LiyQYkUrJxoWBeuwydavHTLwEi8k-EHe4tPKHTJr1nitBng

Agregar el enlace del Tríptico.

https://drive.google.com/drive/u/0/mobile/folders/1CKpXQpYPUkyJdXdG1mVeVXDPJxhP1YID?usp=sharing_eip_se_dm&ts=63ece146

Aplicación de Líquido Iónico en la Tintura de Algodón 100% con Colorante Negro Reactivo 5

Carlos Alberto López Gómez MTA¹, Josefina Graciela Contreras García MC², Samantha Esmeralda Bravo Campos³

Resumen— En este artículo se presentan los resultados del análisis de la tintura realizada con colorante negro reactivo 5 y líquido iónico metil carbonato de tri hexil metil amonio (MCTXMA) para evaluar las interacciones químicas existentes al introducir un agente que modifica el equilibrio tintóreo de las fases presentes. El proceso de tintura del algodón requiere innovación que nos lleve a mejorar la eficiencia de los enlaces químicos formados, para disminuir el impacto ambiental reduciendo residuos.

Motivo por el cual es necesario implementar nuevas estrategias que nos permitan reducir el consumo de auxiliares dentro del proceso de tintura textil. Con la aplicación de líquidos iónicos se promueve la formación de enlaces químicos más fuertes, presentes en la tintura y con ello se mejora un 50 % el mecanismo de la aplicación del electrolito durante la tintura textil.

Los líquidos iónicos son conocidos por su comportamiento como química verde, debido a sus características químicas sustentables, lo que representa un gran potencial en el ámbito textil.

Palabras clave— Líquido iónico, negro reactivo 5, tintura, tejido algodón 100%.

Introducción

De acuerdo a Moore (2004) la industria textil tiene el reto de satisfacer los requerimientos cada vez más exigentes de las legislaciones y controles impuestos por los gobiernos y las agencias reguladoras para asegurar el cumplimiento de los términos medio-ambientales. Durante todo el proceso se usan altos volúmenes de agua para los términos de tintura, enjuague y lavado posterior. Los efluentes producidos de la tintura del algodón son altamente contaminados principalmente con sales y colorantes reactivos, reportan altos niveles de DQO, por lo que es necesario reducir los niveles del consumo de los componentes del proceso. Castillo (2019)

En las últimas décadas con el fin de desarrollar los procesos en industria de textil más compatibles con el medio ambiente, comúnmente llamado "textil verde" se observa una tendencia creciente para la aplicación de nuevos fluidos tecnológicos alternativos al agua, DyeCoo Textile Systems (2010) tradicionalmente utilizado como un medio para la transformación de un textil. Este enfoque ofrece una serie de ventajas en comparación con los procesos actuales, Gao, D. (2015) que requieren un gran volumen de agua, más productos químicos, auxiliares, que necesitan etapas adicionales de secado y tratamiento de aguas residuales textiles. Welton, T. (1999). Durante inicios del año 2000, surgió una nueva clase de solventes verdes, denominados líquidos iónicos. Estos compuestos comenzaron a atraer la atención de los investigadores en todo el mundo, teniendo perspectivas ecológicas e industriales muy prometedoras. Fischer, T (1999) Los líquidos iónicos actúan como muchos solventes orgánicos, disuelven especies polares y no-polares, Cevasco, G (2014) a veces actúan mucho mejor que los solventes comunes.

A pesar de su potencial, el uso de líquidos iónicos en la industria textil sigue siendo extremadamente limitada. Wassercheid, P. (2008). Esto puede explicarse en primer lugar por el costo de los líquidos iónicos que limita aplicaciones a gran escala. La segunda razón está relacionada probablemente con la falta de información científica sobre la mayoría de estos solventes. Los estudios de la aplicación de líquidos iónicos en los procesos textiles se realizan con miras a mejorar las actividades de investigación y las aplicaciones industriales. Stasiewicz, M (2008).

Cabe recalcar, que es crucial la elección de los cationes y aniones que forman el líquido iónico. En general, los líquidos iónicos están compuestos por un catión orgánico grande y un anión orgánico o inorgánico. El anión tiende a ser deslocalizado con el fin de reducir las interacciones interiónicas y puede ser pequeño o grande molecularmente. Liqiang, T. (2011). Algunos de los cationes más comunes son los siguientes: a base de Piridinio, Pirazol, Imidazol, Fosfonio, Sulfonio o aminas cuaternarias. De acuerdo con las consideraciones anteriores, se decidió experimentar con un líquido iónico, Metil Carbonato de Tri Hexil Metil Amonio (MCTXMA) en un proceso de tintura con el fin

¹ Carlos Alberto López Gómez MTA es Profesor de Acabados Textiles en la Escuela Superior de Ingeniería Textil del Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México. calopezgo@ipn.mx

² Josefina Graciela Contreras García MC es Profesora de Fibras Químicas en la Escuela Superior de Ingeniería Textil del Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México. jcontrerasg@ipn.mx

³ Estudiante de la licenciatura en Ingeniería Textil de la Escuela Superior de Ingeniería Textil del Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México

de evaluar el comportamiento en la absorción y fijación de los colorantes azo de tipo reactivo vinilsulfona para determinar la factibilidad de su aplicación a nivel industrial para coadyuvar en la eficiencia del 30 % de los colorantes en el proceso de tintura.

Métodos

Metodología experimental de tintura textil

Materiales

El sustrato textil es tela tejido plano 100% algodón de 180 g/cm, producido por Kaltex con engomante de almidón de maíz en los hilos de urdimbre. Las enzimas α -amilasa bacteriana modificada, celulasa neutra, pectinasa y lacasa fueron proporcionadas por MyM Consultores químicos, los reactivos químicos acetato de amonio y ácido acético fueron proporcionados por J.T Baker grado analítico, el colorante NR-5 o Reactive Black 5 es de Sigma Aldrich de grado analítico y los fijadores epiclorhidrina y melamina son de Sigma-Aldrich grado analítico.

Líquidos iónicos sintetizados (MCTXMA) según el procedimiento. Valdez, M. et al (2014).

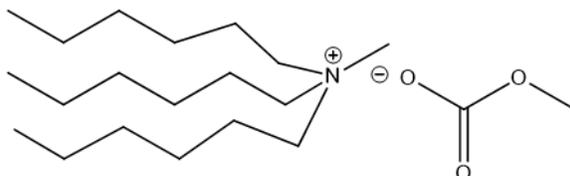


Figura 1. Líquido iónico metil carbonato de tri hexil metil amonio (MCTXMA)

Equipos utilizados

Espectrofotómetro de UV Visible Perkin-Elmer Lambda Bio 20 (100-240 V, 50/60 Hz, 3.15 A) se utilizó para caracterización de concentración (mg/L) de colorante en el baño residual. Colorímetro CR-410 d/0 Konica Minolta con la iluminación difusa/ángulo de visión 0°; componente especular incluido detector fotoceldas de silicio, fuente de iluminación lámpara de xenón pulsada se utilizó para caracterización de reflectancia en tela. Launderómetro M228AA marca SDL-Atlas de 20 vasos metálicos de acero inoxidable se utilizó para aplicación de norma solidez al lavado. LABOMAT Tipo BFA de la marca Mathis/Suiza con 24 vasos metálicos de acero inoxidable se utilizó para teñido.

Preparación del tejido

El sustrato textil fue desengomado, descruado y blanqueado por proceso de agotamiento en equipo Labomat de la marca Mathis/Suiza. El **desengomado** se realizó con enzima α -amilasa en relación 0.5% spm con una relación de baño de 1:20, temperatura de 60°C y tiempo de 45 min, terminado el proceso se drenó el baño, se enjuagó. El **descruado** se realizó con enzimas celulasa neutra en relación 3% y pectinasa 6% con una relación de baño de 1:20, temperatura de 60°C y tiempo de 30 min, terminado el proceso se drenó el baño, se enjuagó. En el **blanqueo** se utilizó la otra enzima (Lacase) y peróxido de hidrógeno (H₂O₂), basándose en la metodología de Liqiang Tian (2011). Ver resultados en tabla 1.

Tabla 1. Resultados pre tratamiento enzimático

	Inicial	Final	Método
Desengomado	6 % solidos de almidón	0.1 % solidos de almidón	Escala Tegewa
Descruado	4 % de grasas	0.6 % de grasas	Extracción Soxhlet
Blanqueo	L=79.96,a=0.91,b=9.70	L=86.04,a=0.27,b=8.34	Espectrometro de reflectancia

El pretratamiento enzimático no dañó la fibra, confirmado con las pruebas cualitativas de tintura diferencial. En la figura 1 se puede observar el teñido uniforme del tejido sin formación de los complejos de álcali-celulosa y oxixelulosa. Después de los procesos de preparación por medios biológicos se evaluó, la hidrofiliidad y humectación del sustrato textil, presentando resultados favorables. En la figura 2 se comparan las pruebas de humectación de los sustratos tratados y no tratados por diferentes aplicaciones de gota o vertical.



a) Tejido con álcali celulosa Tejido sin álcali-celulosa b) Tejido con oxixelulosa Tejido sin oxixelulosa
Figura 1. Fotos de tejido con tintura diferencial para determinar depolimerización química



a) pretratamiento oxidativo b) pretratamiento enzimático c) pretratamiento oxidativo d) pretratamiento enzimático

Figura 2. a) hidrofiliidad irregular del tejido no-tratado aplicación por gota; b) hidrofiliidad regular del tejido tratado, aplicación por gota; c) hidrofiliidad irregular del tejido no-tratado, aplicación vertical; d) hidrofiliidad regular del tejido tratado, aplicación vertical

Las moléculas de agua tienen influencia sobre la humectación de las fibras de algodón, en la solubilidad de los colorantes y reactivos, determinando la difusión de estos dentro de la fibra. En la tintura del algodón con colorantes reactivos, los grupos hidroxilos del agua y de la celulosa pueden actuar como componentes nucleofílicos para formar enlaces covalentes con los colorantes reactivos, sin embargo, sin las condiciones adecuadas este procedimiento puede lograr la hidrólisis del colorante reduciendo la fijación del mismo. Amit, Madhu (2017)

Tintura

Se calculó para el proceso de tintura concentraciones equimolares de colorante y líquido iónico correspondiente al 5% spm al momento de encontrarse en el medio acuoso con la fibra celulósica, obteniéndose los siguientes resultados: (Negro reactivo 5 = 991.82 g/mol y MCTXMA = 359.59 g/mol).

En una primera instancia se diseñó el proceso experimental con una concentración de 5% de colorante reactivo debido a que se busca comparar el uso de los líquidos iónicos en condiciones iguales a los procesos de tintura comerciales, pero los primeros resultados mostraron tinturas no uniformes, lo cual no permitía evaluar la cantidad de color absorbido y fijado por el tejido, debido a esto se procedió a disminuir la concentración del colorante hasta obtener un color uniforme. Esto se logró con una nueva experimentación que consistió en variar la concentración de colorante (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0 y 4.5%) manteniendo como constantes la cantidad de agua de ionizada (100 ml), la cantidad de electrolito (60 g/L), el pH (10), el tiempo de tintura 45 min y la temperatura 60°C. Posterior a la tintura se enjuagó y se secó a temperatura ambiente, material se evaluó visualmente la uniformidad del colorante absorbido y también se midió la cantidad de colorante absorbido por el tejido por medio del espectrofotómetro de reflectancia de Colorimetría CR-410. De estas evaluaciones se determinó que a una concentración de 1.5 % la uniformidad del color fue mejor, así como la cantidad de color. El proceso de tintura se aplicó en 5 diferentes diseños experimentales A-1 al A-5, que se describen en la tabla 2, esto con el fin de evaluar diferentes variables de proceso de acuerdo a la afinidad del colorante por la fibra con auxiliar, sin auxiliar, con líquido iónico aplicado por impregnación y por proceso tradicional.

Tabla 2. Descripción de experimentos.

Experimento	Abreviatura	Descripción
1	A-1	Método tradicional de tintura con Negro Reactivo 5 (NR-5) con auxiliares (Na ₂ SO ₄)(NaOH) y con fijador (epiclorhidrina y/o melamina).
2	A-2	Método nuevo de tintura Negro Reactivo 5 (NR-5) con auxiliares (Na ₂ SO ₄)(NaOH) y con líquido iónico (MCTXMA) aplicado como fijador.
3	A-3	Método nuevo de tintura con Negro Reactivo 5 (NR-5) con auxiliares (Na ₂ SO ₄)(NaOH) y con líquido iónico (MCTXMA) antes de la tintura.
4	A-4	Método nuevo de tintura Negro Reactivo 5 (NR-5) con líquido iónico como fijador, sin auxiliares.
5	A-5	Método nuevo de tintura Negro Reactivo 5 (NR-5) al 1.5 % de concentración con 30 g/L de electrolito.



Figura 3. Vasos metálicos para tintura



Figura 4. Aplicación de fijadores

Evaluación de cantidad de color fijado

En lo referente a la cantidad de color fijado por el tejido se realizaron mediciones con el colorímetro de reflectancia CR-400 de Konica Minolta. Se colocó el colorímetro sobre el tejido en el sentido del pie (hilos) realizando un disparo, se toma la lectura de medición, anotando los parámetros de L, a, b, así como de % reflectancia, posteriormente se mueve el aparato ahora en el sentido de la trama (pasadas) y se repite la operación. Estas dos operaciones se repiten en ambos sentidos del tejido para posteriormente establecer un promedio de las lecturas obtenidas. Los resultados obtenidos se reportan en la tabla 3.

Tabla 3. Evaluación reflectancia procesos de tintura A-1, A-2, A-3 y A-4

Muestra	Tintura			Lavado			ΔE
	L	a	b	L	a	b	
A-1 NR-5	26.5%	-0.72	-11.36	34.770	1.410	-16.890	9.97
A-2 MCTXMA	28.6%	-1.1	-11.81	36.660	0.730	-16.990	9.61
A-2 EPICLORHIDRINA	26.8%	-0.66	-11.40	35.090	0.850	-16.350	9.68
A-2 MELAMINA	27.8%	-1.04	-11.24	36.230	0.510	-16.680	10.05
A-3 MCTXMA	25.9%	-0.58	-11.05	34.000	1.480	-16.670	9.89
A-4 MCTXMA	49.2%	-4.64	-9.50	64.620	-2.220	-10.390	15.67
A-5 MCTXMA	40.89 %	-1.42	-15.90	45.64	-1.60	-16.04	5.63

Evaluación de presencias de colorantes en soluciones acuosas.

Para determinar las partes ppm de colorantes en las diferentes etapas del proceso se realizaron mediciones con el Espectrofotómetro de UV Visible Perkin-Elmer Lambda Bio 20, de características 100-240 voltios, 50/60 Hz, 3.15 A. En el caso de los residuales de tintura se llevan a dilución solo una vez tomando 1 mL del residual y mezclándolo con 10 mL de agua de ionizada, para su posterior medición, en el caso de los residuales de enjuague, así como los residuales del proceso de lavado para determinar la solidez se midieron de forma directa, sin dilución. Para determinar la cantidad de colorante que absorbió y fijó cada proceso, se realizó por la medición de la concentración inicial de los mg/L, posteriormente se restaron las concentraciones de la sumatoria del residual de tintura, el residual de enjuague y el residual de lavado y así tener la concentración del colorante retenido por el tejido en cada variante aplicada. Los resultados obtenidos se encuentran en la tabla 4.

Tabla 4. Evaluación de colorante residual procesos A-1, A-2, A-3 y A-4

Experimento	Tintura mg/L	Residual tintura mg/L	Residual enjuague mg/L	Residual lavado mg/L	Fijado mg/L	No absorbido mg/L
A-1 NR-5	871.98	491.33	14.75	11.80	354.09	517.89
A-2 MCTXMA	779.75	468.92	27.27	13.56	269.99	509.77
A-2 EPICLORHIDRINA	856.32	435.15	40.56	14.52	366.08	490.24
A-2 MELAMINA	875.23	427.21	41.23	14.87	391.91	483.32
A-3 MCTXMA	780.75	438.84	26.27	14.56	301.07	479.68
A-4 MCTXMA	781.75	485.86	37.27	15.56	243.05	538.70
A-5 MCTXMA	819.94	477.68	46.22	11.31	284.73	535.21

Evaluación de solidez del color al lavado y frote.

En el caso de la AATCC Test Method 61-2007 Colorfastness to Laundering: Accelerated, se aplicó para evaluar la solidez del color a los textiles que serán susceptibles de lavados constantes. En el caso de la AATCC Test Method 8-2007 Colorfastness to Crocking, se aplicó para evaluar la solidez del color a los textiles que serán susceptibles a la fricción en seco y húmedo. La pérdida de color en el tejido así, como la transferencia, a multifibras se evalúa

mediante la escala de grises para manchado de color AATCC Evaluation Procedure 1-2007 para manchado y AATCC Evaluation Procedure 2-2007 para transferencia de color, según la escala de 1 a 5 donde escala 5 representa ningún color transferido al testigo y la 1 mayor cantidad de color transferido. Los resultados se observan en la tabla 5

Tabla 5. Evaluación Solidez al lavado y al frote seco-húmedo

Muestra	SOLIDEZ AL LAVADO						SOLIDEZ AL FROTE	
	CA	CO	PA	PES	VI	PAN	SECO	HÚMEDO
A-1 NR-5	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4
A-1 NR-5 EPICLORHIDRINA	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
A-1 NR-5 MELAMINA	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
A-2 NR-5	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4
A-2 NR-5 MCTXMA	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
A-3 NR-5 MCTXMA	5	5	5	5	5	5	5	5
A-4 NR-5 MCTXMA	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4
A-5 NR-5 MCTXMA	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5

Comentarios Finales

Resumen de resultados

Una parte importante para realizar los experimentos exitosamente es la preparación de sustratos, que se utilizaron durante la investigación. Por esa razón, se utilizaron procesos de desengomado, descrude y blanqueo biológico, que no generan de-polimerización. Los colorantes utilizados en esta investigación pertenecen al grupo de los colorantes reactivos. La estructura de este tipo de sustancias contiene los grupos auxocromos con el carácter hidrofílico, capaces de formar enlaces con los grupos funcionales del tejido de celulosa. En la figura 6 se observa la estructura de colorante Reactive Black 5 o NR5, donde los hidroxilos, aminas y sulfonil de sodio representan los grupos auxocromos y los grupos azo (N=N) son los cromóforos de la molécula.

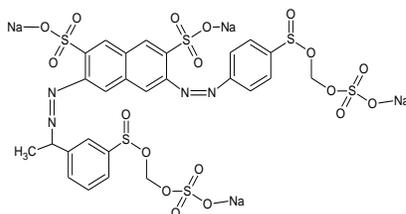


Figura 6. Estructura química de colorante Reactive Black 5 o NR5.

Por los valores obtenidos en la solidez al lavado y al frote, se demostró, que el líquido iónico hace la misma función de los fijadores convencionales, de acuerdo a los resultados obtenidos en los experimentos A-1 y A-2, donde la variación presentada entre el colorante NR-5 por el líquido iónico fue de 1.51 % de reflectancia. En el experimento (A-3) se aplicó el líquido iónico antes de la tincura, en este caso, según los resultados obtenidos por reflectancia la mejora fue del 10 %, la fijación y la solidez de los colorantes reactivos de tipo azo NR-5 se mejoró con un 10 %. En la parte experimental A-4 se procedió a medir la absorción de color en un proceso de tincura, donde solo estaba presente el líquido iónico, el colorante y la fibra textil. El colorante NR-5 demostró una pérdida de color del 50%, aproximadamente, sin el uso de los auxiliares de tincura. Los líquidos iónicos necesitan auxiliares convencionales.

Conclusiones

Esta línea de investigación abre un panorama importante, en la forma en cómo se realiza la tincura de fibras con líquidos iónicos. Los líquidos iónicos presentan una reacción similar al uso de electrolitos, pero con mayor eficiencia y menor impacto ambiental al ser biodegradables. El líquido iónico MCTXMA, presenta afinidad por la fibra y colorante en diferentes proporciones, sin la adición de auxiliar o el cambio de niveles de pH, y dependiendo del largo de las cadenas alifáticas hidrofóbicas, influyen en el grado de fijación del colorante, por si solo no tiene suficiente afinidad que lo hace no apto de forma unitaria. De acuerdo a esto concluimos:

1. Experimentar con otros líquidos iónicos, que aumenten la cantidad de líquido iónico absorbido por la fibra, ya que el MCTXMA con valores cercanos al 50%.
2. El MCTXMA presenta una mayor afinidad por el colorante, disminuyendo la formación de puentes de H del colorante y el agua, logrando con esto una mayor agregación del colorante hacia la fibra. El mejor método de aplicación de los LI para el proceso de tincura es por impregnación antes de realizar la tincura, de acuerdo a los

resultados obtenidos por el método A-3 comprado contra el A-2. El experimento A-3 presentó una mejor absorción de colorante del 30% más, con respecto a la tintura convencional.

3. La aplicación de líquido iónico al final de la tintura presentó una menor pérdida de colorante con valores del 25%. Probablemente, el LI presentó una atracción tipo dipolo-dipolo con los grupos OH de la celulosa, modificándolos electrostáticamente para atraer colorante hacia la fibra.
4. Al modificar el pH de la solución por adición de álcali, los grupos NH₂ y COOH o OH pueden ser desprotonados, y entonces el colorante busca fijarse por enlace covalente a la celulosa debido a las interacciones de las cargas electrostáticas entre el catión del LI y los grupos sulfonato de los colorantes.
5. El uso de líquidos iónicos durante la tintura aumentó la absorción y fijación de colorantes en 10%, y mostró una tendencia a poder reducir el uso de electrolitos, ya que en el experimento A-4 presentó un cambio en la absorción-fijación del colorante, por lo que podemos suponer que se ve afectado por la presencia del electrolito.

Recomendaciones

Los investigadores interesados en continuar nuestra investigación podrían concentrarse en el factor selección de líquido iónico y su influencia en la tintura textil. Podríamos sugerir que hay un abundante campo todavía por explorarse en lo que se refiere a la selección de líquidos iónicos para la tintura de acuerdo al comportamiento de los colorantes reactivos, ya que pueden formar enlaces débiles tipo puente de hidrógeno y/o ion-dipolo con el agua, por eso, en el baño de tintura el colorante hidrolizado deja interactuar con la superficie de la fibra. La estructura de los colorantes reactivos tiene carácter aniónico, por eso ellos solubilizan en el agua o en los solventes polares y/o proticos; y por esa razón, son repelidos por la superficie de la fibra de algodón, cargada negativamente. Los auxiliares tendrán que promover la migración de colorante hacia la fibra y ayudar a la penetración del colorante hacia el interior de la fibra. La cantidad del electrolito depende del tipo de estructura del colorante, tonalidad requerida y método de su aplicación.

Referencias

- AATCC, Test Method 61-2007 Colorfastness to Laundering: Accelerated, *American Association of Textile Chemists and Colorists*(2007)
- AATCC Test Method 8-2007 Colorfastness to Crocking, *American Association of Textile Chemists and Colorists*(2007)
- AATCC Evaluation Procedure 1-2007, *American Association of Textile Chemists and Colorists*(2007)
- AATCC Evaluation Procedure 2-2007, *American Association of Textile Chemists and Colorists*(2007)
- Amit Madhu, J.N. Chakraborty, Developments in application of enzymes for textile processing, 117-122 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.013>, 2017.
- Castillo, J. Extraction of reactive dyes from aqueous solutions by halogen-free ionic liquids, 417-418 [https:// DOI: 10.1111/cote.12429](https://doi.org/10.1111/cote.12429), 2019.
- Cevasco, G.; Chiappe, C. Are ionic liquids a proper solution to current environmental challenges?, *Green Chem.* 2014.
- DyeCoo Textile Systems B.V., 2010. CO 2 Dyeing Gets Commercial Rollout, Available from: <http://www.dyecoo.com/pdfs/DyeCoo-stroy.pdf> (accessed May 18), 2019.
- Fischer, T., Sethi, A., Welton, T., Woolf, J., Diels-Alder reactions in roomtemperature ionic liquids, *Tetrahedron Lett.* 40, 793e796, 1999.
- Gao, D.; Yang, D. Cui, H.; Huang, T. Lin J. Supercritical carbon dioxide dyeing for PET and cotton fabric with synthesized dyes by a modified apparatus, *ACS Sustainable Chem. Eng.*, 2015.
- Liqiang Tian, Laccase-mediated system pretreatment to enhance the effect of hydrogen peroxide bleaching of cotton fabric, 782-783, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2011.11.025>, 2011.
- Moore, S. B.; Ausley, L. W. Systems thinking and green chemistry in the textile industry: concepts, technologies and benefits, *J.Cleaner Prod.* 2004.
- Stasiewicz, M., Mulkiwicz, E., Tomczak-Wandzel, R., Kumirska, J., Siedlecka, E.M., Gołębowski, M., Gajdus, J., Czerwicka, M., Stepnowski, P., Assessing toxicity and biodegradation of novel, environmentally benign ionic liquids (1-alkoxymethyl-3-hydroxypyridinium chlorides, saccharinates and acesulfamates on cellular and molecular level, *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 71, 157e165, 2008.
- Valdez Vergara, María Antonieta and et al. "The removal of heavy metal cations from an aqueous solution using ionic liquids", *Canadian Journal of Chemical Engineering* 2014 92(11) 1875-1883, <https://doi.org/10.1002/cjce-22053>, 2014.
- Wasserscheid, P.; Welton, T. *Ionic Liquids in Synthesis*, 2nd ed; Wiley-VCH: Weinheim, Germany, 2008.
- Welton, T. Room-temperature ionic liquids. Solvents for synthesis and catalysis, *Chem. Rev.* 99, 2071e2084, 1999.

Notas Biográficas

El MTA. **Carlos Alberto López Gómez** es profesor en la *Escuela Superior de Ingeniería Textil del Instituto Politécnico Nacional*. Su maestría en Tecnología Avanzada por el Centro de Investigación e Innovación Tecnológica del IPN. Cuenta con una experiencia de 20 años en la industria textil desempeñando diversos puestos de ingeniería en acabados.

La M.C. **Josefina Graciela Contreras García** es profesora en la *Escuela Superior de Ingeniería Textil del Instituto Politécnico Nacional*. Su maestría en Ciencias en Ingeniería Textil en la misma institución. Ha estado trabajando en la industria textil por 20 años. Imparte seminarios de Lean y Control Total de la Calidad. Es experto técnico ante la EMA.

Nuevos Sistemas Económicos para un Nuevo Mundo

Brian Jovany Lopez Pérez^[1] ; Juan David Martínez García^[2] ; José David López Santiago^[3];
Sandra Magali García García^[4] ; María Eugenia Ruano Mendoza^[5].

Resumen — La principal dificultad de los sistemas económicos Web3 en tiempos modernos es la falta de comprensión y conocimiento sobre tecnología blockchain y criptomonedas entre la población general. Muchas personas todavía ven estas tecnologías como complejas y difíciles de entender, lo que dificulta su adopción a gran escala. Además, la falta de regulación y seguridad en el mercado de criptomonedas todavía es un obstáculo importante para su adopción generalizada. También existe la falta de infraestructura y servicios en línea que faciliten el uso y el acceso a estos sistemas económicos, lo que los hace aún más difíciles de usar para el público en general. Sin embargo, a medida que la tecnología avanza y se desarrollan soluciones más accesibles y seguras, se espera que la adopción de sistemas económicos Web3 aumente en el futuro.

Palabras clave—Criptomonedas, Economía, Metaverso, Estructura Educativa, Sistemas Comercio.

Introducción

A lo largo del tiempo los seres humanos hemos tenido diferentes desarrollos como sociales, tecnológicos y culturales implicando así un crecimiento en las implicaciones de la vida cotidiana siendo estos uno de los factores indispensable para lo que en día es el mundo actual. Durante diferentes etapas los seres humanos han tenido que desarrollar ciertas formas de comercio implicando diferentes formas de intercambios, los cuales consistían en obtener productos que son necesarios para ellos cambiándolos por productos que no tienden a tener tanta relevancia en esos momentos dando a si un paso para el bien común de las dos partes implicadas siendo estos las primeras formas de economía de la humanidad. A continuación, se describen algunos de los períodos y eventos más importantes en el desarrollo de la economía humana.

Economía primitiva: La economía primitiva fue la forma en que los primeros humanos se organizaron para satisfacer sus necesidades básicas. Esta economía era basada en la subsistencia y el intercambio directo de bienes y servicios, y no existía un sistema monetario formal.

Economía socialista: El socialismo surgió como una respuesta al capitalismo y a la explotación laboral en el siglo XIX. En una economía socialista, el Estado es responsable de la planificación y la producción de bienes y servicios, y la propiedad se encuentra en manos del Estado o de la sociedad en su conjunto.

El inicio de la economía trajo diferentes enfoques y avances siendo el caso de la tecnología una rama fundamental para el mundo actual, llegando a tener demasiada relevancia en las acciones de los seres humanos en vida cotidiana como son los sistemas de comunicación dando inicio con la creación del papel pasando a un punto crucial con la imprenta y actualmente llegando a desarrollar distintos tipos de tecnologías como es el caso de las telecomunicaciones factor fundamental para distintos avances de la sociedad implicando una fuerte adopción de las tecnologías para el mejoramiento en los procesos que las personas realizan en su vida cotidiana ocupando las tecnologías como herramientas de apoyo para sus respectivas áreas de interés implicando una mejora en los procesos que se generan día con día .

Dichas adopciones por la tecnología implicó un crecimiento en diferentes tipos de tecnologías las cuales han ayudado a crecer en diferentes ámbitos siendo el caso de esta investigación las tecnologías web3 llegando así a tener una nueva herramienta para el mejoramiento de los procesos que se generan día con día para el mejor desarrollo de las tareas que llegan a tener sea en el mundo laboral como también siendo en la vida cotidiana de estudiantes, alumnos, trabajadores, etc.

Las tecnologías web3 se rigen a partir de diferentes conceptos fundamentales para la interacción de dicha tecnología siendo el caso de algunos ejemplos a continuación:

¹ ^[1] Brian Jovany López Pérez, Estudiante de Ingeniería Informática en el TecNM Campus Iztapalapa III brayan002150@gmail.com

² ^[2] Juan David Martínez García, Estudiante de Ingeniería Informática en el TecNM Campus Iztapalapa III juandavidpc@outlook.es

³ ^[3] José David Lopez Santiago, Estudiante de Ingeniería Informática en el TecNM Campus Iztapalapa III lopezjosedavid953@gmail.com

⁴ ^[4] Ing. Sandra Magali García García, TecNM Campus Tlaxcala sandra.tecinfo@gmail.com

⁵ ^[5] Dr. María Eugenia Ruano Mendoza, TecNM Campus Puebla rmen_maru@gmail.com

- **Blockchain:** Blockchain es una tecnología de registro distribuido que permite el registro y la validación de transacciones en una base de datos descentralizada y segura. La base de datos está compuesta por bloques que contienen información sobre las transacciones y están conectados en una cadena, por lo que se le llama "blockchain".
- **Criptomonedas:** Las criptomonedas son monedas descentralizadas siendo su mayor virtud que ninguna institución o gobierno la rige dividiéndose de tal manera en que existen tres tipos los cuales son criptomonedas de uso comercial o común meme-coins y estable-coins
- **NFT:** Los NFT son sistemas de arte digital no fungibles es decir que todo tipo de arte sea música imagen o video entre algunas otras son una forma de arte irrepetible y única, de tal manera existen diferentes Exchange para la compra y venta de este nuevo tipo de arte
- **Daos:** Una DAO es una organización descentralizada autónoma, son una nueva forma de organización que utiliza la tecnología blockchain para eliminar la necesidad de intermediarios centralizados, como bancos, compañías o gobiernos. En su lugar, se rigen a través de reglas y procesos codificados en contratos inteligentes que se ejecutan de manera automatizada pueden ser utilizadas para una variedad de propósitos, como la gestión de fondos de inversión, la toma de decisiones colectivas, la votación en línea, la provisión de servicios en línea, entre otros.
- **PoaPs:** Los PoA son sistemas de asistencia descentralizados generando una función similar a sistema de tickets tradicionales, implicando una mayor seguridad de información dado a que ocupa tecnología web 3 por lo cual son descentralizados y únicos
- **Metaverso:** El metaverso es un mundo virtual donde las personas pueden interactuar ir y recrear actividades de la vida cotidiana en una forma digital de tal manera que trasladan sus necesidades al mundo virtual con las mismas capacidades que se tienen en la vida cotidiana

El inicio de la creación de herramientas que ocupan tecnología web3 es cada vez mayor determinado un crecimiento en todas las áreas de las cuales se puede sacar provecho con ello migrando de la información como los servicios que en la actualidad se ocupan están ocupando herramientas de trabajo acorde a estas nuevas tecnologías, implicando un incremento en el conocimiento como también siendo las buenas practicas que se llegan hacer gracias a esta tecnología.

La nueva generación de tecnologías implicando desarrollo más específico como en el área de Economía determinado una nueva forma de poder apreciar la información dando diferentes modos de pensamiento siendo un impacto en la forma de poder desarrollarse en el área dado a la introducción de sistemas descentralizados de economía como también se le llama Criptomonedas las cuales tienen a representar una forma de dinero digital descentralizado partiendo de la función determinante del área la cual es que ninguna institución o gobierno puede determinar de una forma directa el valor de los activos digitales, dando inicio a una moneda única en su tipo ocupándolas en diferentes áreas siendo el caso de los NFT, POAPS entre algunas otras formas de intercambios.

Al realizar esta investigación queremos proponer que con ayuda de tecnología web3 se puede mejorar distintos procesos en el área de economía como áreas aledañas a la misma, mejorando las formas como interactúan con sus herramientas de trabajo como también en el desempeño de estas dando más facilidades tecnologías actuales como herramientas de apoyo para distintas áreas a comparación de tecnología que son obsoletas a comparación de los nuevos desarrollos tecnológicos.

Descripción del Método

El desarrollo de esta investigación consiste en analizar futuras tecnologías y como están van a estar adaptándose a las diferentes áreas de desarrollo de la sociedad siendo un punto crucial para nuestro día destinando estas herramientas para una nueva forma de economía de la sociedad implicando varios cambios de pensamiento como también siendo la forma de ver de la vida cotidiana.

Una de las partes en desarrollo es la economía siendo este uno de los pilares más importantes de la sociedad humana desarrollando así una de las áreas con gran número de avances a lo largo de la historia. A continuación, se describen algunos de los avances más significativos en la economía humana.

1. **Desarrollo de la teoría económica:** La teoría económica ha sido un factor clave en el avance de la economía humana. Desde la Revolución Industrial, los economistas han desarrollado una amplia variedad de teorías económicas, incluyendo el liberalismo, el keynesianismo y el marxismo, que han ayudado a entender cómo funciona la economía y a informar la política económica.

2. Avances en la producción y tecnología: La producción y la tecnología son dos áreas en las que la economía humana ha experimentado grandes avances. La Revolución Industrial fue un período clave en el desarrollo de la producción y la tecnología, y desde entonces, la economía ha sido impulsada por una serie de innovaciones tecnológicas que han aumentado la eficiencia y la capacidad productiva.
3. Globalización y comercio internacional: La globalización y el comercio internacional son dos de los avances más importantes en la economía humana. La globalización ha permitido a los países intercambiar bienes y servicios a nivel mundial, lo que ha aumentado la eficiencia y la productividad a nivel global. El comercio internacional también ha permitido a los países especializarse en aquellos productos en los que tienen una ventaja comparativa, lo que ha aumentado la eficiencia y la productividad a nivel nacional.
4. Desarrollo de la banca y el sistema financiero: La banca y el sistema financiero son dos áreas clave en la economía humana que han experimentado importantes avances. La creación de bancos centrales y la regulación del sistema financiero han permitido una mayor estabilidad en los mercados financieros, lo que ha aumentado la confianza de los inversores y ha facilitado la inversión en la economía.
5. Avances en la política económica: La política económica ha sido un factor clave en el avance de la economía humana. Los gobiernos han utilizado una amplia variedad de instrumentos, incluyendo el gasto público, los impuestos y las regulaciones, para influir en la economía y lograr objetivos económicos, como el crecimiento económico, la estabilidad precio y la reducción del desempleo.

Todos estos avances anterior mente mencionado hacen noción del crecimiento que se tiene formando distintas ideologías de pensamiento para la economía y que conllevaron aun crecimiento en el área dando paso al inicio de los sistemas económicos descentralizados iniciando así con un nuevo enfoque en la parte económica de países, instituciones y grupos de personas capaces de poder visualizar el futuro de las herramientas que se tiene para el desarrollo hoy en día, de tal maneta las nuevas formas económicas descentralizadas, como las criptomonedas y los sistemas de intercambio de igual a igual (P2P), tienen el potencial de revolucionar el mundo financiero y económico. Estas tecnologías ofrecen la posibilidad de un sistema financiero más inclusivo, transparente y justo al permitir que las personas realicen transacciones sin la necesidad de intermediarios o terceros confiables, como los bancos o las instituciones financieras.

Por ejemplo, las criptomonedas como Bitcoin y Ethereum son monedas digitales descentralizadas que se basan en la tecnología blockchain, que registra todas las transacciones en una base de datos distribuida y segura. Esto significa que no hay necesidad de un intermediario centralizado para verificar las transacciones, lo que reduce los costos y los tiempos de transacción.

Las distintas áreas de oportunidad que se puede manejar dentro del mundo Descentralizado son cada vez mayor y la adopción de la misma es cada vez mayor enfocando a la sociedad a implementarlas en casos en la vida cotidiana llevando los estos sistemas a comercios y economías locales como es el caso de restaurantes , centros comerciales , adquisición de artículos de primera necesidad entre algunos otros pasando a una nueva revolución en la economía de las familias como también de las futuras empresas. La adopción de la economía descentralizada en el mundo está en constante evolución y todavía es difícil de predecir con exactitud cómo se desarrollará en el futuro. Sin embargo, hay algunas tendencias que indican cómo podría ser esta adopción:

1. Mayor uso de criptomonedas: La criptomoneda es una parte importante de la economía descentralizada, y su uso está aumentando a medida que más personas se sienten cómodas con la tecnología. Se espera que el uso de criptomonedas siga creciendo, lo que podría llevar a una mayor adopción de la economía descentralizada.
2. Mayor adopción de la tecnología blockchain: La tecnología blockchain es la base de la economía descentralizada, y su uso se está extendiendo rápidamente.
3. Mayor importancia de la privacidad: A medida que más personas utilizan la tecnología descentralizada, es probable que la privacidad y la seguridad se conviertan en una preocupación aún mayor. La adopción de la economía descentralizada podría aumentar la demanda de soluciones que protejan la privacidad y la seguridad de los usuarios.
4. Mayor poder de los individuos: La economía descentralizada permite que los individuos tengan un mayor control sobre sus activos y su información. Esto podría llevar a un aumento del poder de los individuos en comparación con las grandes corporaciones y los gobiernos.

En general, la adopción de la economía descentralizada probablemente se acelerará a medida que más personas se sientan cómodas con la tecnología y vean los beneficios de la descentralización.

Comentarios Finales

Resumen de resultados

La existencia de los sistemas descentralizados abre un nuevo panorama para la sociedad implicando un incremento en las tecnologías así mismo avanzando en distintas áreas que la sociedad, determinando una implementando de diferentes sistemas blockchain impactando en distintas áreas llegando a poder desarrollarse en áreas comerciales para la población adoptando estas tecnologías en la vida cotidiana de las personas.

Conclusiones

Determinar que los sistemas económicos pueden mejorar con el uso de tecnologías enfocadas en la descentralización de datos de manera que exista un uso más común y comercial para el público en general. Las economías descentralizadas tienen varias ventajas en comparación con las economías centralizadas. Algunas de las ventajas más importantes incluyen:

1. Mayor transparencia: En una economía descentralizada, la información es pública y accesible a todos los participantes, lo que reduce la posibilidad de manipulación y fraude.
2. Eliminación de intermediarios: En una economía descentralizada, los intermediarios no son necesarios para realizar transacciones, lo que reduce los costos y aumenta la eficiencia.
3. Mayor seguridad: La descentralización permite a los usuarios tener el control total de sus activos y transacciones, lo que reduce el riesgo de hackeos y fraudes.

Recomendaciones

Difusión del conocimiento acerca de las tecnologías Blockchain y como estas serán un impacto fundamental para el crecimiento no solamente económico, pudiendo enfocarse en el ámbito social, cultural y estudiantil de manera que la información de un paso fundamente para el crecimiento de nuevas tecnologías implicadas a un futuro con inteligencia artificial u otro tipo de tecnologías

Referencias

Bonilla Durán, Virginia. "El avatar la representation grafica del usuario en internet," Tesis para Licenciatura en Artes Visuales, Escuela Nacional de Artes Plásticas, UNAM, consultada por internet. Dirección de internet: https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000650488
Ramos Cristina Rodrigues dos Santos, Queiroz Maciel M., "Blockchain in education: the influence of trust on adoption and implementation" *SciELO*, Volume 57, 2022-08-29, Pages 316-331, consultada por internet. Dirección de internet: <https://doi.org/10.1108/RAUSP-06-2021-0097>

Jimenez Pacheco, Nieves Maria., "De la tecnología blockchain a la economía del token", *Derecho PUCP*, 00/2019, Pages 61-87, ISSN 0251-3420, consultada por internet. Dirección de internet: <https://doi.org/10.18800/derechopucp.201902.003>

Chirino Gabriel Alejandro, "Regulación y tributación en el mercado de criptoactivos, una perspectiva de derecho comparado", publicación *Revista de la Facultad de Derecho*, 06/2020, Pages 40, ISSN 2301-0665, consultada por internet. Dirección de internet: <https://doi.org/10.22187/rfd2020n48a12>

Carvalho Carlos Eduardo, Artioli Marcel, Pires Desiree Almeida., "Cryptocurrencies: technology, initiatives of banks and central banks, and regulatory challenges", publicación *Economía e Sociedade*, 2021-07-16, Pages 467-496, ISSN 0104-0618, 1982-3533, consultada por internet. Dirección de internet: <https://doi.org/10.1590/1982-3533.2021v30n2art08>

Sanchez Cano, Julieta Evangelina., "The technological innovation of the blockchain and its impact on the energy sector", *Publicacion Panorama económico (Ciudad de México)*, 12/2020, Pages 157-178, ISSN 1870-2171, consultada por internet. Dirección de internet: <https://doi.org/10.29201/pe-ipn.v16i31.267>

Análisis de las Variables de Calidad en el Proceso de Empaque en una Empresa Agrícola Productora de Tomate por Invernadero

Dra. Miriam Silvia López Vigil¹, Ing. Isamar C. Flora Márquez²,
M.I.I. Héctor Santos Alvarado³, M.C. Héctor Islas Torres⁴ y M.C. Lorena Santos Espinosa⁵

Resumen—El tomate (*Lycopersicon esculentum*) es una hortaliza con un creciente consumo, estimándose el incremento mundial de su demanda para el 2030 de 8.02 a 11.78 MMT (SAGARPA, 2017), que deberá cubrirse bajo un esquema de calidad fitosanitaria.

Este proyecto es realizado en una Empresa Agroproductora de Tomate (Jitomate) con producción bajo sistemas de cultivos protegidos de alta y media tecnología, establecida en la Región de Tehuacán, Puebla, México, en donde se aplicó el análisis de tres variables de calidad del proceso de empaque del tomate, las cuales son: la presencia de defectos, el color del producto y su firmeza, en función del cumplimiento del sistema de calidad SQF (Safe Quality Food) para producto de exportación y con ello conocer la variabilidad del proceso y el comportamiento de la calidad del producto y así poder proponer a la empresa las acciones para corregir las afectaciones y dar seguimiento para preservar y/o mejorar la calidad del producto.

Palabras clave—Tomate de Invernadero, Calidad, Proceso de Empaque.

Introducción

De acuerdo con el Informe “Planeación Agrícola Nacional 2017-2030 Jitomate Mexicano” de la SAGARPA, México es el principal proveedor a nivel mundial de jitomate (o tomate), satisface el total de los requerimientos nacionales y las importaciones mundiales han aumentado 39.41% en la última década, lo que ha generado un incremento en las exportaciones mexicanas principalmente con destino a Estados Unidos.

La productividad del cultivo de tomate (o jitomate) en condiciones de invernadero se ve influenciada por la interacción de diferentes factores tanto fisiológicos como ambientales y del manejo del cultivo, de los cuales el productor puede tener diferente grado de control sobre ellos. El efecto de la densidad de plantación, las condiciones ambientales, el proceso de poda de frutos, las características de coloración y la presencia de defectos son factores que determinan tanto la productividad como la calidad.

Los problemas de calidad se presentan principalmente cuando el producto no cumple con los estándares, en el caso de la empresa en estudio, de exportación al extranjero que se piden en el código de calidad SQF (Safe Quality Food), donde establece la necesidad de utilizar métodos de control para vigilar y optimizar efectivamente los procesos de producción con el fin de mejorar la eficiencia del proceso, la calidad del producto y la reducción de desperdicios.

En el proceso de empaquetado de jitomate se determina la calidad de éste de acuerdo a las especificaciones de la USDA y se separan para empacarlos según su clasificación.

Entre los problemas que afectan la productividad y costos de la empresa se encuentran los defectos de calidad, color y firmeza del producto.

El análisis de las variables de calidad en el proceso de empaque de la Empresa Agrícola Productora de Tomate por Invernadero en estudio y mejorar sus sistemas de control permitirá reducir los costos de la no calidad del tomate debido a los procesos de recolección, inspección de calidad y defectos, así como disminuir la variabilidad del proceso de empaque para que este sea estable y repetible, cumpliendo estándares de calidad.

El Código SQF es un estándar de certificación de procesos y productos específico para la planta, que hace hincapié en la aplicación sistemática de los lineamientos y principios HACCP de la Comisión del CODEX Alimentarius para el control de los peligros para la calidad e inocuidad alimentaria.

La certificación conforme al Código SQF respalda los productos de marca de empresas o de la industria y ofrece beneficios a plantas certificadas y a sus clientes. La implementación de un Sistema SQF aborda los requisitos de

¹ Dra. Miriam Silvia López Vigil, Doctora en Ingeniería, Docente de la División de Estudios de Posgrado e Investigación y de Ingeniería Bioquímica en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tehuacán. miriamsilvia.lv@tehuacan.tecnm.mx (**autor correspondiente**).

² Ing. Isamar Cristel Flora Márquez alumna de la carrera de Ingeniería Bioquímica del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tehuacán.

³ M.I.I. Héctor Santos Alvarado, Maestro en Ingeniería Industrial, Profesor y Coordinador de la Maestría en Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tehuacán. hector.sa@tehuacan.tecnm.mx

⁴ M.C. Héctor Islas Torres, Académico de la División de Estudios de Posgrado e Investigación en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tehuacán. hector.it@tehuacan.tecnm.mx

⁵ M.C. Lorena Santos Espinosa, Académica en Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan. lorenasantosespinosa@ajalpan.tecnm.mx

calidad e inocuidad alimentaria de un comprador, y proporciona la solución para las compañías que abastecen a los mercados con alimentos locales y globales. Los productos producidos y fabricados conforme a la certificación del Código SQF mantienen un alto grado de aceptación en los mercados globales.

El programa SQF, desarrollado por primera vez en Australia, en 1994, que el Instituto de comercialización de alimentos (Food Marketing Institute, FMI) posee y administra desde 2003, fue reconocido en 2004 por la Iniciativa Global de inocuidad de los Alimentos (Global Food Safety Initiative, GFSI)* como un estándar que cumple con sus requisitos de referencia.

La certificación de los Sistemas SQF otorgada por un organismo de certificación autorizado por el Instituto de alimentos inocuos y de calidad (SafeQuality Food Institute, SQFI) no es una declaración de garantía de la inocuidad alimentaria de una planta ni una garantía de que cumple con todas las regulaciones de inocuidad de alimentos en todo momento. Sin embargo, es una garantía de que los planes de inocuidad de alimentos de la planta han sido implementados de acuerdo con el método HACCP del CODEX y los requisitos regulatorios correspondientes, y de que el Sistema se ha verificado y se ha determinado que es eficaz para gestionar la inocuidad alimentaria. Además, es una declaración del compromiso de la planta:

- De producir alimentos inocuos y de calidad.
- De cumplir con los requisitos del Código SQF.

De cumplir con la legislación alimentaria pertinente (© Food Marketing Institute, 2017).

Los estándares de calidad para exportación al extranjero de acuerdo al código de calidad SQF (Safe Quality Food) aplicados en la empresa en estudio, proponen el uso de métodos de control estadístico de procesos para controlar y optimizar efectivamente los procesos de producción con el fin de mejorar la eficiencia del proceso y la calidad del producto, y reducir los desperdicios, teniendo la siguiente clasificación:

- U.S. 1: Consiste en tomates de características varietales similares que están maduros, pero no sobremaduros o suaves; en condiciones limpias y bastante bien formados; que están libres de pudrición, quemaduras de sol y daño por congelación, y libre de daños causados por golpes, cortes, marchitamiento, cara de gato, reventado de proceso, cicatrices, enfermedades, daños por insectos, tallos mohosos y daños en la piel (United States Department of Agriculture, 2007).
- U.S.2: Consiste en tomates de características varietales similares que son maduros pero no sobremaduros o suaves; en condiciones limpias, razonablemente bien formados; que están libres de pudrición, quemaduras de sol y daño por congelación, y sin daños graves causados por cortes, marchitamiento, cara de gato, cicatrices, enfermedades, insectos, tallos mohosos y daños en la piel (United States Department of Agriculture, 2007).
- U.S. Combinación: Combinación de U.S. 1 y U.S. 2 provista de por lo menos 60% por conteo, cumpliendo los requerimientos de U.S. 1.

Cuando el producto no cumple con las condiciones SQF para exportación, se le efectúa, en la empresa en estudio, otra evaluación para ver en qué clasificación aplica:

- Nacional: consiste en aquellos tomates que cumplen con los siguientes requerimientos: características varietales similares, maduro, no sobremaduro o suave, limpio, bien desarrollado, puede estar deforme, libre de pudrición y daño por congelación, daños no muy serios por quemadura de sol, sin daño por alguna otra causa.
- Tercera: tomate arriñonado (el que tiene un mal cierre), tomate con picado seco, russeting severo.
- Merma: tomate aplastado, con virus, picado severo, golpe severo, muy suave y mallugado.

Esta merma deberá ser evitada ya que afecta gravemente en la productividad, calidad, costos y tiempos de entrega.

Descripción del Método

El proyecto se llevó a cabo en una empresa productora de tomate de la Región de Tehuacán en el área de empaque, la cual cuenta con dos líneas de producción, Línea A de Jitomate TOV (racimo) y Línea B Jitomate BEEF (bola), en las cuales se realizó el estudio en sitio de su proceso de empaque de jitomate y su sistema de control de calidad, para generar registros de control de las tres variables que más impactan su proceso: la presencia de defectos, el color y la firmeza basándose en las especificaciones dadas por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), que es de interés de la empresa cumplir para el mercado de exportación, donde la clasificación y estándares de Tomate en Estados Unidos incluye:

- USDA – United States Department of Agriculture
- AMS – Agricultural Marketing Service
- FVP – Fruit and Vegetable Program

- FPB – Fresh Products Branch
- SCI – Specialty Crop Inspection

Estos estándares y la clasificación acorde a la USDA son voluntarios y proveen a la industria de las frutas, verduras y cultivos especiales con un lenguaje uniforme para describir la calidad y condición del producto en el mercado.

A partir del registro se realizó el análisis estadístico de los datos para conocer su variabilidad, generar los gráficos de control y proponer acciones ante las afectaciones, mismas que permitan disminuir la cantidad de productos rechazados para exportación, y acomodarlos dentro de los límites de calidad para tener un mayor control y mantener la producción.

Resumen de Resultados

En la empresa agrícola *en estudio*, después de que la planta da su primer fruto se lleva a cabo una serie de pasos que va desde la recolección del fruto hasta que es enviado a su destino final.

- Recolección

Durante la recolección los tomates son separados de la planta en forma manual o con el uso de tijeras por los trabajadores y colocados en contenedores generalmente de plástico o bien de metal. Este proceso se realiza cuando el fruto alcanza la madurez mínima requerida para cosecha.

- Poscosecha

Una vez hecha la recolección, se deberá depositar en contenedores o en cajas de cosecha. No debe asolearse y debe llevarse al área de selección y empaque, cuidando que el tamaño y el peso de la caja no sean demasiado grandes para no dañar el fruto (Ortiz y Moctezuma, 2011).

- Proceso de Empaque de Tomate

En la figura 1 se muestra en proceso de empaque que va desde la recepción del producto hasta su carga y envío.



Figura 1. Diagrama de Bloques del Proceso de Empaque de Tomate.

Las condiciones y características que deben cubrir los empaques son:

- El acomodo de los tomates dentro de cada envase, debe hacerse de tal manera que asegure su protección durante el transporte.
- El producto no debe sobresalir del nivel superior de la caja.
- Los envases deben reunir la calidad y resistencia que garanticen el estibado y la transportación.
- El contenido de cada empaque debe ser homogéneo, compuesto por tomates del mismo origen, grado de calidad, tamaño, madurez, color, variedad y/o tipo comercial.
- Los empaques utilizados deberán estar exentos de cualquier material y olor extraño, como pegamento, tintas, leyendas ajenas al etiquetado, humedad, y/o producto diferente al que se va a empacar.
- Los empaques utilizados deben satisfacer las características de calidad, higiene y ventilación para asegurar la manipulación, el aislamiento, el transporte y conservación adecuada del producto.
- Los envases deben estar diseñados con ventilas verticales no mayores de 2.5 cm de ancho y 10 cm de largo y con un mínimo del 6% de ventilación del área superficial de la caja.

En la figura 2 se muestra el porcentaje de defectos presentes en tomate BEEF durante un periodo de producción de 7 meses con 3 días, que corresponde a un ciclo de producción, tomando en cuenta las 5 zonas de producción de la empresa. Cada valor porcentual de la tabla representa el promedio de los datos obtenidos de cada defecto durante cada una de las 30 semanas en las que diariamente (de lunes a sábado) se muestreó el producto.

Considerando el porcentaje de defectos, se destacan durante ese periodo dos: “picado” y “cicatriz daño mecánico”, para los cuales se proponen mejoras para su control.

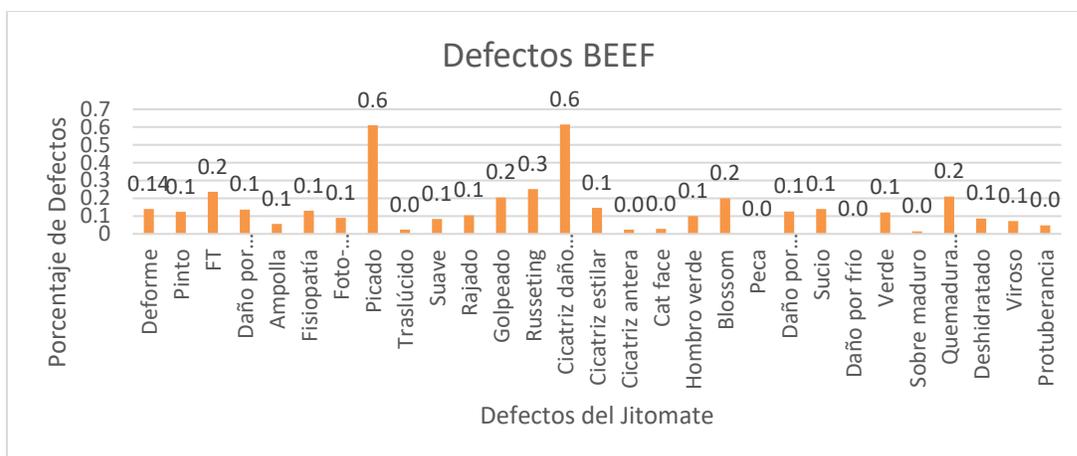


Figura 2. Gráfico de defectos en Tomate BEEF.

En la figura 3 se muestra el porcentaje de defectos presentes en tomate TOV durante un periodo de producción de 3 meses con 6 días, tomando en cuenta las 5 zonas de producción de la empresa. Cada valor porcentual de la tabla representa el promedio de los datos obtenidos de cada defecto durante cada una de las 14 semanas en las que diariamente (de lunes a sábado) se muestreó el producto.

Considerando el porcentaje de defectos presentes, el más común durante ese periodo es “cicatriz daño mecánico”, coincidente con uno de los dos defectos de mayor presencia en la producción de tomate BEEF.

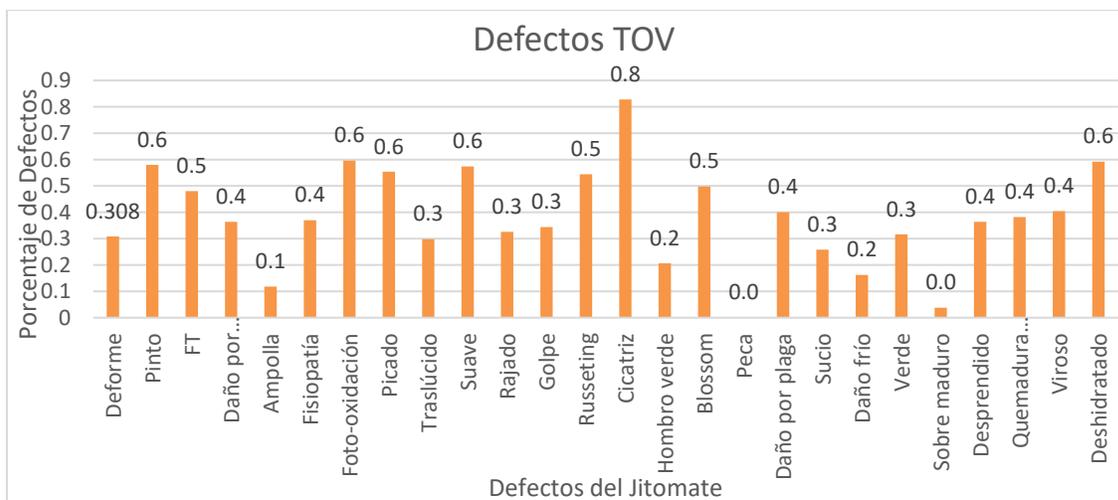


Figura 3. Gráfico de defectos en tomate TOV.

Propuestas para evitar los defectos de “Picado” en la producción del tomate:

- Capacitación inductiva del cuidado y preservado del producto al personal nuevo.
- Capacitación especializada en la manipulación, cuidado y preservado de tomate tipo BEEF dirigido directamente al personal de planta de las diferentes áreas de la empresa.
- Estudio e implementación de estudio de movimientos, estandarizando procesos adecuados y correctos para personal del área de empaque de jitomate tipo BEEF.
- Creación de regla obligatoria de higiene personal, implementando constantes revisiones de uñas ya que pueden comprometer al producto, dirigido a todo el personal de la empresa que mantenga contacto con el producto, en especial al personal de campo y empaque.

Propuestas para evitar los defectos de “Cicatriz por Daño Mecánico” en la producción del tomate:

- Capacitación inductiva del cuidado y preservado del producto al personal nuevo.
- Capacitación especializada en la manipulación, cuidado y preservado de tomate tipo BEEF dirigido directamente al personal de campo.

- Estudio e implementación de estudio de movimientos, estandarizando procesos adecuados y correctos para personal del área de campo.
- Realización de catálogo de defectos de cada una de las dos variedades del tomate. Con la finalidad de que el personal nuevo del área de empaque pueda determinar cuándo es aceptable o no el defecto.

La Figura 4 muestra el porcentaje de color para grado de madurez durante el ciclo de producción de jitomate BEEF. Tomando en cuenta el grado de madurez del jitomate respecto al porcentaje de color se puede observar que el color más común durante ese periodo es un “tono 4” lo cual nos indica que entre el 30 y el 60% de la superficie del tomate tiene color rosa o rojo, coincidiendo en esta variable con de jitomate TOV.

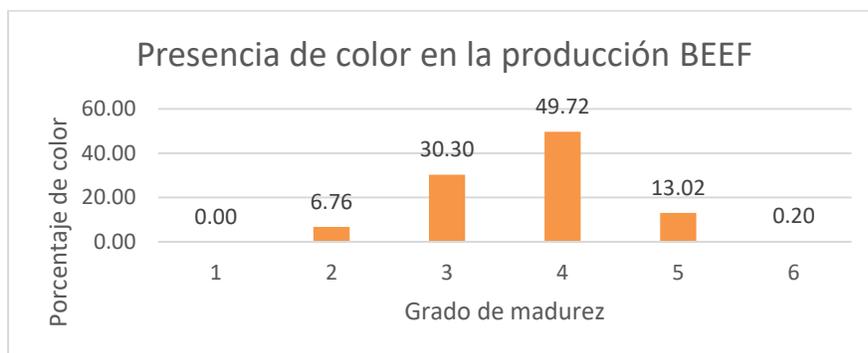


Figura 4. Grado de madurez en tomate BEEF.

En la figura 5 se muestra el gráfico de vida de anaquel del tomate BEEF. La gráfica muestra en el eje vertical los días en que la muestra estuvo en observación en cámara fría, y en el eje horizontal se muestra el número de muestras que hubo. El % de deshidratación nos indica el porcentaje de peso que perdió la muestra a los 21 días con respecto al peso inicial. El plus (min) y plus (máx) es el peso que se le dá adicional a la caja, en los días en que se asegura ese peso para su transportación y llegada a su destino, donde la firmeza nos indica los días en los cuales el producto nos asegura el 80% de firmeza, que es la requerida.

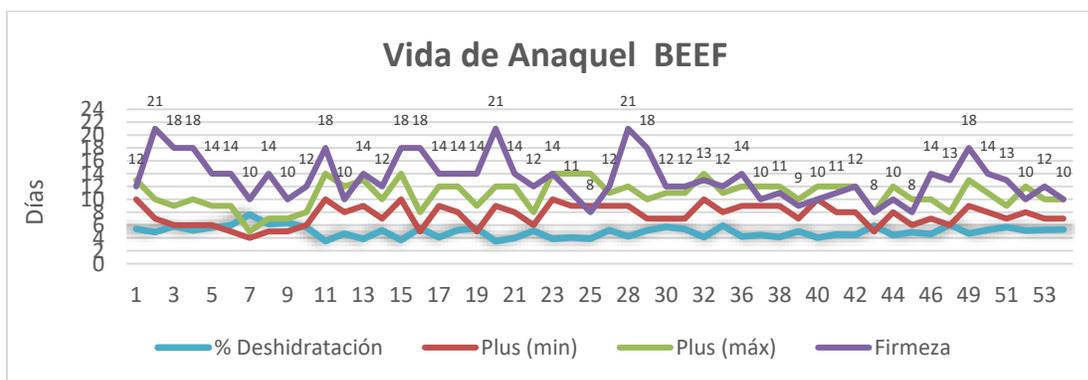


Figura 5. Gráfico de vida de anaquel del tomate BEEF.

Conclusiones

El análisis del actual proceso de empaque en la empresa en estudio, desde su recolección hasta que es enviado a su destino final, permitió examinar las principales variables que definen la calidad del tomate y los controles en el proceso de empaque. Estas variables son: la presencia de defectos, el color y la firmeza del producto.

El presente estudio pone de manifiesto la importancia de que se implementen los métodos de control estadístico para poder así examinar y optimizar efectivamente los procesos de empaque con el fin de mejorar la eficiencia del proceso y la calidad del producto, reducir los desperdicios y mejorar la competitividad de la empresa.

Se propusieron acciones para evitar los defectos de mayor frecuencia en las variedades de tomate BEEF y TOV. Se analizó la presencia de color en la producción de jitomate lo cual nos mostró que el color más predominante para ambas variedades fue el grado de madurez en tono 4, lo cual nos indica que entre el 30 y el 60% de la superficie del tomate tiene color rosa o rojo. Del análisis de la firmeza de la producción, se observó que en el día 14 el 60% del

producto cumple con el 80% de firmeza para el BEEF y en el día 14 el 57% del producto cumple con el 80% de firmeza para el TOV.

Recomendaciones

Es muy importante que se sigan los lineamientos planteados para limpieza y desinfección, higiene del personal, control de plagas para que el funcionamiento de las BPM sea eficaz.

De la misma forma es vital que se trabaje constantemente con la dirección, el personal de calidad y trabajadores, para una capacitación especializada en la manipulación, cuidado y preservado de tomate dirigido directamente al personal de campo y con una realización de un catálogo de defectos de cada una de las dos variedades del tomate, con la finalidad de que el personal nuevo o no del área de empaque (colocados por necesidad de rotación de personal) pueda determinar cuándo es aceptable o no el defecto, y cumplir con las exigencias del mercado y los requisitos de instituciones certificadoras.

Cabe resaltar que es muy importante que se implementen los métodos de control estadístico para poder así controlar y optimizar efectivamente los procesos de producción con el fin de mejorar la eficiencia del proceso y la calidad del producto, y reducir los desperdicios.

Referencias

© Food Marketing Institute (2017), Código SQF, edición 8, Fundamentos de la Inocuidad de los Alimentos SQF, consultado por Internet en la dirección: chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://www.sqfi.com/wp-content/uploads/2018/08/SQF-Code_Ed8FoodFundamentalsFinal_ESLA_Updated-min.pdf

Ortiz, Z. y Moctezuma, E. (2011) Manual de buenas prácticas de manejo para el empaque de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). De la comercializadora de hortalizas finas de hidalgo los altos SPR de RI. Recuperado de https://issuu.com/edmocmar/docs/manual_de_buenas_prcticas_de_mane

SAGARPA (2017), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, "Planeación Agrícola Nacional 2017-2030 Jitomate Mexicano" consultada por Internet en la Dirección: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257077/Potencial-Jitomate.pdf>

United States Department of Agriculture (2007) United States Standards for Grades of Greenhouse Tomatoes.

API en una Apps que Favorece el Control de Inventario y Logística en Agencias Automotrices

M. I. Teresa Luciano Machorro¹, Dra. Lorena Elizabeth Balandra Aguilar², M. C. Juan Gonzalo Alarcón Xicotencatl³, Lic. Héctor Cuanalo Bautista⁴, Dra. Violeta Martínez Ramírez⁵ y Rolando Flores Meza⁶

Resumen—En almacenes de vehículos a distribuir de agencias de ventas automotrices mejor posicionadas en Puebla, la información se registra digitalmente por medio de hojas de cálculo en Microsoft Excel, en ellas, la búsqueda de datos sobre las unidades almacenadas se vuelve ineficientes; además, no existe comunicación entre clientes sobre los puntos de paso y tiempos en las trayectorias para su entrega. Al no existir un sistema de información que agilice el control de entradas y salidas del servicio logístico para transporte de unidades y oportuna distribución hacia las diferentes agencias locales, es imprescindible crear una API dentro de una aplicación móvil Android e iOS dirigida al área de inventarios que, por medio del ingreso de las unidades con un QR, se obtiene los datos completos acerca del automóvil y su seguimiento en tiempo real de cada unidad: dónde se encuentra, si está en tránsito o en alguno de sus almacenes.

Palabras clave—Android, API, Apps, automotriz, iOS. QR.

Introducción

Hoy en día el uso de las nuevas tecnologías en la vida diaria se ha normalizado, facilitan diversas tareas del trabajo en el ser humano y globalizado, convirtiéndose en un lindo desafío o asombroso reto en los desarrolladores de tecnologías. En el sector automotriz se emplea la robótica dedicada a procesos de suma dificultad, de alguna tarea repetitiva o riesgosa para los empleados; en consecuencia, el área de TI constantemente busca la automatización de los procesos informáticos.

La transformación digital que vivimos ha permitido que individuos y empresas tengan acceso a miles de aplicaciones e interfaces con el propósito de simplificar sus rutinas y procesos diarios incluso de forma integrada. Y las APIs están diseñadas justamente para integrar las diferentes aplicaciones. (Sydle, 2022)

¿Qué es una API y cómo funciona?

RedHat (2023) define a la API (interfaz de programación de aplicaciones) como un conjunto de definiciones y protocolos codificados que se usa para diseñar e integrar el software de las aplicaciones.

Las API permiten que sus productos y servicios se comuniquen con otros, sin necesidad de saber cómo están implementados, simplificando el desarrollo de las aplicaciones y ahorro de tiempo e inversión. Las API ofrecen flexibilidad; ayudan en el diseño, la administración y el uso de las aplicaciones; y ofrecen oportunidades de innovación. Las API pueden ser usadas solo internamente, así las empresas tendrán mayor control sobre ellas. RedHat (2023).

Estado del Arte

Las APIs han sido bien recibidas en los modelos de innovación sobre plataformas fuertemente establecidas. Un trabajo como ese, es el intitulado “API Cliente Bajo Tecnología Visual Studio .NET para Eficientizar la Intercomunicación y Unificación entre InterERP y Moodle” de Martínez (2022), en él se constata la proactiva intervención como herramienta entre un ERP y Moodle facilitado enormemente el desarrollo de módulos personalizados en Moodle donde aumentó significativamente la conexión interna de la institución educativa.

¹ La M. I. Teresa Luciano Machorro es Profesora en la Ingeniería en Tecnológicas de la Información y Comunicaciones del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Puebla, Puebla, México. teresa.luciano@puebla.tecnm.mx

²La Dra. Lorena Elizabeth Balandra Aguilar, es Profesora del Departamento de Sistemas y Computación del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Comitán, Chiapas, México. lorena.ba@comitan.tecnm.mx

³M.C. Juan Gonzalo Alarcón Xicotencatl, es Profesor del Departamento de Eléctrica y Electrónica del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Puebla, Puebla. juan.alarcon@puebla.tecnm.mx

⁴ El Lic Héctor Cuanalo Bautista es Profesor del Departamento de Sistemas y Computación del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Puebla, Puebla, México. hector.cuanalo@puebla.tecnm.mx.

⁵ La Dra. Violeta Martínez Ramírez es Profesora de la Ingeniería en Tecnológicas de la Información y Comunicaciones del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Puebla, Puebla, México. violeta.martinez@puebla.tecnm.mx (**autor correspondiente**).

⁶Rolando Flores Meza, es estudiante del 10 semestre de la carrera de Ingeniería de Ingeniería en Tecnológicas de la Información y Comunicaciones del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Puebla, Puebla, México. i17221385.19@puebla.tecnm.mx

Planteamiento del problema

Agencias automotrices de ventas de mayor influencia en Puebla requieren un software que supla el uso de Excel o algún documento y que la aplicación realice en pocos pasos, la obtención del registro completo de ubicación, kilometraje y hora en la que ingresa o egresa del almacén el automóvil por medio de un QR desde la aplicación móvil; posteriormente, a través de un sistema web remoto localice las unidades y conocer si sufrió modificaciones en los parámetros mientras se trasladaba a otro almacén.

Los QR Codes pueden ser una herramienta muy poderosa de marketing, ya que son fáciles de crear, de implementar y sencillos de escanear. Los códigos QR, (en inglés QR Code) son un tipo de códigos de barras bidimensionales. A diferencia de un código de barras convencional, la información está codificada dentro de un cuadrado, almacenando gran cantidad de información de diversos tipos. Su primer uso en Japón para el registro de repuestos en fábricas de automóviles y hoy se usan masivamente en todo tipo de industrias para gestión del inventario, al igual que en programas de marketing, etc. (muycomputer.com, 2021)

Justificación

Desarrollar una aplicación móvil para sistemas operativos Android y iOS se torna necesario crear una API que pueda ser utilizada en ambas plataformas y así, llevar un control exacto de los parámetros imprescindibles de ubicación del inventario de los automóviles de agencias automotrices y que el personal de vigilancia haga uso de la herramienta de registro y las diferentes actividades de los automóviles: ubicación en tiempo real, actualizaciones en el kilometraje y egreso en almacenes, visualizando el estatus real del tránsito a un nuevo almacén. La información sería reflejada en la base de datos para ser consultada al instante.

Objetivo general

Desarrollar aplicación móvil por medio de REACT para control de entradas y salidas del almacén dentro de la empresa dedica al sector automotriz.

Objetivos específicos

- Codificar una API *rest* para obtener información completa de las unidades automotrices según requerimientos de área de Almacén.
- Validar información de usuarios del sistema de información a elaborar.
- Diseñar la base de datos local y las relaciones de las tablas normalizadas dentro de ella.
- Crear un servicio de seguridad de transacciones a la base de datos remota.
- Desplegar aplicación por medio de Expo de REACT Native.

¿Qué es REACT?

React ayuda a crear interfaces de usuario interactivas de forma sencilla. Diseña vistas simples para cada estado en tu aplicación, y React se encargará de actualizar y renderizar de manera eficiente los componentes correctos cuando los datos cambien. Las vistas declarativas hacen que el código sea más predecible, por lo tanto, fácil de depurar (REACT.org, 2023)

¿Qué es Expo?

Expo es un ecosistema de herramientas que simplifican el uso de React Native. Apoyan el desarrollo, construcción (build) e incluso publicación a las tiendas online de descarga. El proceso de build genera la aplicación nativa en iOS (.ipa) o Android (.apk o .aab). (Expo.dev, 2023)

Enunciado de investigación.

La API en una Apps para sistema operativo iOS y Android favorece el Control de Inventario y Logística en Agencias Automotrices

Descripción del Método

Metodología de desarrollo para la solución

1. Elaborar la función asíncrona para almacenar datos con la cámara al capturar el código QR, tendrá la función depositar los ID, nombre del almacén, ID del vehículo, kilometraje, hora en la que se registra el código QR.
2. Codificar la función para capturar el QR o un código de barras, se requiere de usar permisos de las cámaras, así como obtener permisos de almacenamiento de la aplicación, también se necesita permiso de acceder a archivos del dispositivo, una vez que capture el QR es enviado a la base de datos.
3. Desarrollar la API *rest* en *laravel* para guardar los datos que se envían desde la captura del código QR. La API tiene que ser muy rápida y también segura, por lo tanto, se validará cada dato recibido que coincida con los datos ingresados por los usuarios, también incluye una validación *https* por métodos de seguridad con el protocolo en el Back-End de la aplicación.
4. Diseñar el método que verifique si la aplicación tiene acceso a internet o no, de esa manera la aplicación automáticamente dirigirá la información a la base de datos remota, de no enlazarse exitosamente a internet la información se almacenará en la base de datos local, además se deberá incluir asincronismo y programas para ofrecer seguridad al almacenamiento de datos.

5. Crear un API *rest* que obtenga información completa de los vehículos en cada uno de los almacenes. Es necesario que la API localice el nombre de almacén específico del cual se desea conocer la información, que servirá para visualizar el total de vehículos en existencia por almacén y mostrar de forma animada el listado de automóviles.
6. Desarrollar la API *rest* para actualizar la ubicación del vehículo, para ello se ingresa el ID del vehículo. La API procesará y validará su existencia, posteriormente actualizará el lugar actual de “transito”.
7. Crear un servicio de obtención de hora, debe capturar la hora y fecha específica para identificar el momento de ingreso del automóvil o salida del almacén; la función arroja una cadena de texto que requerirá aplicar una función de JavaScript de conversión a un tipo de dato Date (tiempo).
8. Codificar la API *rest* para obtener los estatus de los vehículos y utilizarlo para el desarrollo del sitio web en el que el usuario cliente consulte todos los almacenes y sus automóviles.

Pasos para creación de la aplicación con las API propuestas, ver figura 1.

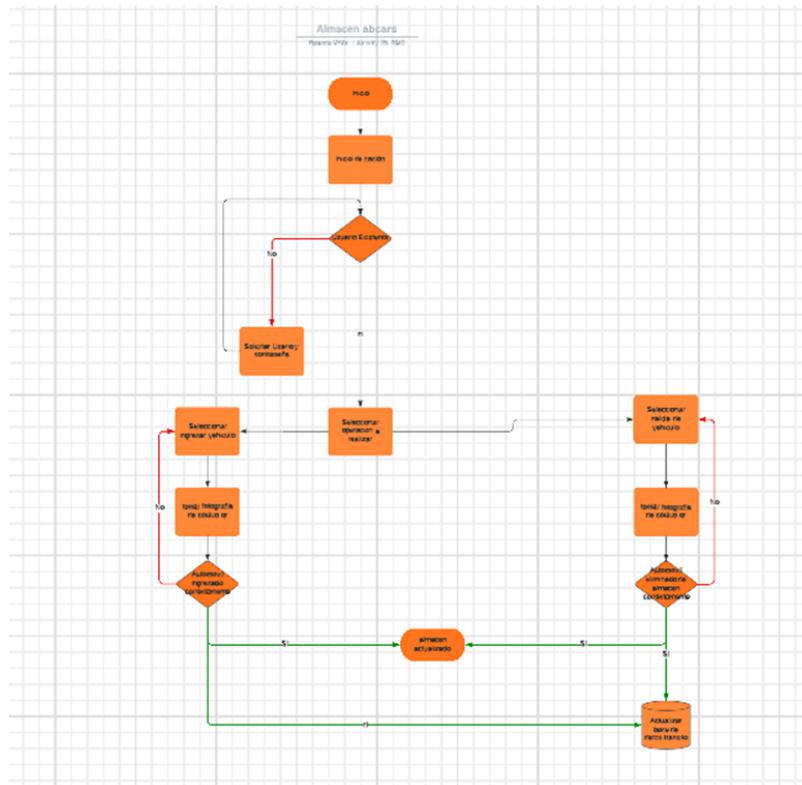


Figura 1. Diagrama de flujo de la API a desarrollar.

Dos procesos que son muy importantes: la entrada y salida de vehículos de los almacenes de vehículos. Para el primero de ellos se escanea el QR para enviar el ID del vehículo y se almacenan en la tabla *location_vehicles* el automóvil con su ID. El segundo proceso es la salida del vehículo, se escanea el QR del vehículo por medio del usuario responsable de almacén y se proporciona una respuesta en forma de alerta de que el envío de información fue correcto, a continuación, se actualiza la ubicación del vehículo a en tránsito.

En este componente se encuentran las API *rest* donde se obtiene y se interactúa con el servidor remoto desarrollado en *laravel*. Ver figura 2.

```

utils > JS constants.js > ...
export const API_HOST = "https://sandbox.abcars.mx/abcars-backend/api/vehicle_location";
// export const API_HOST = "http://127.0.0.1:8000/api/api/transito/";
export const API_Transito = "https://sandbox.abcars.mx/abcars-backend/api/transito/";
    
```

Figura 2. API rest.

Creación del método post del API *rest locaton_vehicles*, quien guardará la información que se le envié por medio de la aplicación móvil.

Creación del método *storage* quien valida información del envío de datos por medio del API *Location_vehicles*, se requiere que todos los valores que contenidos en la tabla se envíen y que el ID del vehículo exista en la tabla de *vehicles*, para ello se tiene que hacer una búsqueda y que ella resulte exitosa, inmediatamente almacenará la información subida y actualizada.

El método *getVehiclesNotTransit* recibe un nombre de la ubicación de un almacén y obtener todos los datos de los vehículos a resguardo.

Método *Transito* es creado para actualizar la ubicación del vehículo a en tránsito. Ver Figura 3.

```

public function getVehiclesNotTransit($name_location){
    $vehicle_location = Location_vehicle::where('name',$name_location)->get();
    return response()->json(["data" => $vehicle_location], 200);
}
public function transito($vehicle_id)
{
    $location_vehicle = Location_vehicle::where('vehicle_id',$vehicle_id)->first();

    try{
        if(is_object($location_vehicle)){
            $location_vehicle = Location_vehicle::where('vehicle_id',$vehicle_id)->first();
            $location_vehicle->name = "transito";
            $location_vehicle->save();
            $data = array(
                'status' => 'success',
                'code' => '200',
                'message' => 'Vehicle update success '
            );
        }
        else{
            $data = array(
                'status' => 'error',
                'code' => '200',
                'message' => 'No existe Vehicle'
            );
        }
    }catch(Exception $e){
        $data = array(
            'status' => 'error',
            'code' => '200',
            'message' => 'Error al enviar, '. $e
        );
    }
    return response()->json($data, $data['code']);
}
    
```

Figura 3. Controlador de base de datos función *Obtener*.

Se sube al servidor *Laravel* para consumir la API rest: *Location_vehicles*, *Storage*, *GetVehiclesNotTransit*, *Save_information* y *Transito*. Ver figura 4.

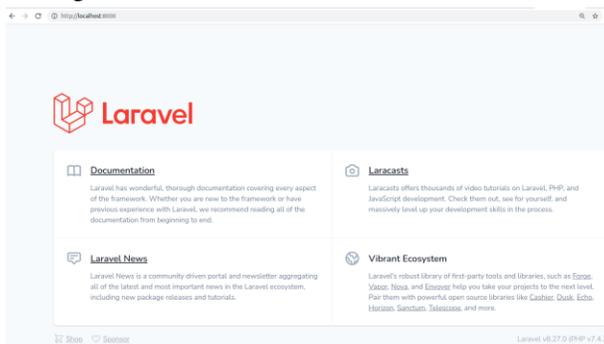


Figura 4. Servidor *Laravel*

```

import { API_HOST, API_Transito } from '../utils/constants';
export async function getVehicles() {
  try {
    const url = API_HOST;
    console.log(url);
    const response = await fetch(url);
    const result = await response.json();
    return result;
  } catch (e) {
    console.log(e);
  }
}

export async function updateVehicles(id) {
  try {
    const url = API_Transito;
    const response = await fetch(`${url}/${id}`);
    const result = await response.json();
    return result;
  } catch (e) {
    console.log(e);
  }
}

export async function postVehicles(name, name_guard, mileage, reception, vehicle_id) {
  console.log('nombre: ', name);
  console.log('Nombre Guardia : name_guard');
  console.log('kilometraje : mileage');
  console.log('hora : reception');
  console.log('vehicle id : vehicle_id');
  try {
    const url = API_HOST;
    const response = await fetch(url, {method: 'POST', headers: {Accept: 'application/json', 'Content-Type': 'application/json'}, body: JSON.stringify({name: name, name_guard: name_guard, mileage: mileage, reception: reception, vehicle_id: vehicle_id})});
    // console.log(response);
    const result = await response.json();
    return result;
  } catch (e) {
    console.log('error al mandar post: ', e);
  }
}

```

Figura 5. Componente base de datos

El componente *vehicles* (Figura 5), tiene todos los métodos de funcionalidad para recibir y enviar datos del servidor remoto, se conecta con las API rest y se puede enviar los datos de *Qrscanner* y *QrSalida*, también para actualizar los *vehicles_location* y conocer la ubicación de los vehículos.

Las siguientes pruebas son con conexión WiFi para añadir un *vehicle_location*, para ello se usará la aplicación en modo WiFi, se ingresa el nombre de ejemplo *Rolando Flores* contraseña *Rolax12345* y como ubicación *Zacatelco*. El ID del vehículo será el *514*. Ver figura 6.

Se selecciona la opción ingresar Automóvil, se captura el QR y se obtiene una respuesta del API rest *Success* "code" 200 (figura 7). Como significado de la respuesta confirma que el proceso de registro fue correcto. Desde el servidor se ve puede ver una vista previa con la aplicación *postman*. Ver figura 8.

Pruebas



Figura 6. Vista de la interfaz de la aplicación, componente login



Figura 7. Interfaz de Componente Menú

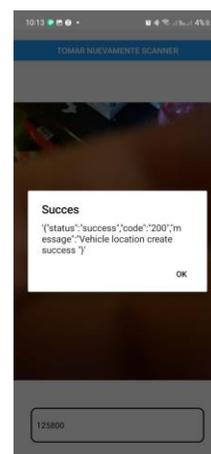


Figura 8. Respuesta del API

Se captura el QR y se obtiene una respuesta de API rest *Success* "code" 200. Como significado de la respuesta da que el registro fue correcto. Desde el servidor se puede desplegar un *Preview* con la aplicación *Postman*.

Comentarios Finales

Las Apis deben de validar los tipos de datos ingresados; por ejemplo, cuando un usuario no ingresa correctamente el kilometraje, hay que verificar que sea un tipo de dato entero. Al enviar el ID debe de confirmar que el vehículo existe y que no estar creado entonces se debe de mencionar en el mensaje que se muestra al enviar los

datos. La localización ya está registrada, no debe ser errónea y se ha previsto una previsualización de lo capturado ofreciendo realizar una revisión antes de confirmar la lectura. El nombre del usuario de almacén se captura manualmente al iniciar la sesión en la aplicación, se valida que sea el usuario de almacén correcto. La API está diseñada para validar existencias de unidades y su localización exacta, sin embargo, pueden presentarse errores de captura o al crear el QR; si un vehículo tiene un QR incorrecto, hace referencia a un vehículo diferente y producirse una falla del inventario, o cuando un vehículo es sacado de algún almacén, la API también valida si el vehículo existe o se encuentra en el estatus de que está en algún otro almacén.

Resumen de resultados

Los 10 usuarios de la Apps de quienes se recibió una evaluación con un alto porcentaje de Muy Satisfecho de las 3 principales características (confiabilidad, facilidad de uso e Integración con otras aplicaciones) de desempeño de la API en la aplicación móvil implementada a solicitud del cliente se muestra a continuación en las figuras 9, 10 y 11.

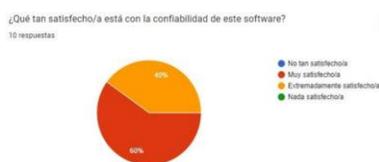


Figura 9. Confiabilidad

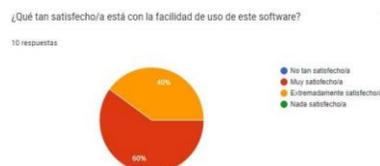


Figura 10. Facilidad

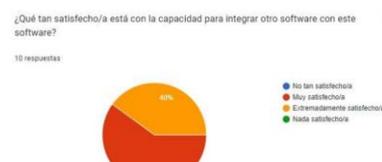


Figura 11. Capacidad de Integración con otras aplicaciones

Conclusiones

La aplicación móvil tiene la ventaja de funcionar en todas vicisitudes probables: sin internet, con conexión WiFi y con conexión de datos móviles. Es muy fácil de utilizar, para realizar el proceso completo solo se requiere 4 clic.

El código QR debe generarse con el ID del vehículo de manualmente, buscando el vehículo en la base de datos y buscando el *vin* de cada vehículo para posterior encontrar el ID e ingresarlo al QR en una etiqueta adherible la cual se imprimirá y pegará en el vehículo correspondiente. la captura del QR es inmediata y toma menos de 1.5 segundos en enviar o guardar los datos en la base de datos.

Recomendaciones

La descarga de la aplicación se hace de forma externa para dispositivos Android ya que proporciona la opción de subirla a un servidor y evitar pagar permisos de la Play Store de Google, el trámite de licencia es un proceso lento, puede transcurrir varios meses en otorgarla, provocando una demora considerable la prueba e implementación de esta. Asimismo, en el sistema operativo iOS no se puede publicar la aplicación para ser instalada en otro sitio que no sea la tienda oficial de Apple, requiere de solicitud de licencia y cumplir con un proceso muy robusto y complejo de validación. Por último, en dispositivos de escritorio es más simple ya que no se requiere permisos y ni descargar algún complemento especial o pago por publicación en servidores externos y de alto costo para interactuar con ella.

Es de suma importancia que antes de capturar el código QR, también se proporcione el tiempo necesario para ingresar el kilometraje actual del vehículo que entrará a almacén;

El uso de la base datos local tiene limitaciones de espacio para almacenar imágenes y videos, si son demasiados grandes, entonces se almacenarán en la memoria del equipo móvil; al momento de enviar a la base de datos remota, requerirá del suficiente tiempo en espera para que las imágenes o videos se guarden de forma correcta, de lo contrario, se deberá desarrollar un método de compresión de imágenes y videos, intentando lograr disminuir su tamaño.

Referencias

- La guía Platanus (2023). Crea aplicaciones increíbles en tiempo record. Consultada por internet 6 de febrero de 2023. Dirección en internet: <https://la-guia.platan.us/stack/mobile/expo>
- Martínez Rabanales, Susana; López Aburto, Jose Edgar; Martínez Ramírez, Violeta y Fortis Flores Erika (2022). API Cliente Bajo Tecnología Visual Studio .NET para Eficientizar la Intercomunicación y Unificación entre InterERP y Moodle. Consultada por internet 10 de febrero de 2023. Dirección de internet: <https://static1.squarespace.com/static/55564587e4b0d1d3fb1eda6b/t/63265da8b150c5655765435e/1663458733004/Tomo+03+-+Art%C3%ADculos+del+Congreso+AJ+CDMX+2022.pdf>
- muycomputer (2021). Códigos QR: ¿Qué son, para qué se usan y cómo trabajan? Consultada por internet 6 de febrero de 2023. Dirección en internet: <https://www.muycomputer.com/2021/06/07/codigos-qr/>
- REACT.org (2023). React. Una biblioteca de JavaScript para construir interfaces de usuario. Consultada por internet 5 de febrero de 2023. Dirección de internet: <https://es.reactjs.org/>
- RedHat.com (2023). El concepto de las interfaces de programación de aplicaciones. Consultada por internet 6 de febrero de 2023. Dirección en internet: <https://www.redhat.com/es/topics/api/what-are-application-programming-interfaces>

Modelo Estratégico para la Gestión Integrada de Riesgos en el Procesamiento de Información Digital en el Sector Educativo en Base a Blockchain

MC Fued Alejandro Majul Ramírez¹, MC Christian Ríos Chavarría², MTI Félix Acosta Hernández³

Resumen— La siguiente investigación pretende la aplicación de un modelo de gestión integrada en riesgos dentro del procesamiento de la información digital en las instituciones de carácter educativo. Se desarrollará la estructura para codificar una aplicación de procesamiento de la información y resguardo de la misma en base a la integración de tecnologías como lo es blockchain. Como fin principal se busca proponer un modelo de seguridad para evitar la alteración de información en cuanto a calificaciones y/o venta de títulos educativos. La elaboración de la investigación se hará en base a los datos obtenidos en los análisis de campo y bibliográficos, por lo anterior mencionado, se pretende encontrar como producto de la investigación una propuesta de solución para la problemática de alteración de información, más ahora que se integran las tecnologías digitales de manera indirecta por causa de la pandemia Covid 19.

Palabras clave— Seguridad educativa, Blockchain, Seguridad informática, Software.

Introducción

La siguiente investigación tiene como fin el conocer y comparar los estados de seguridad informática en el sector educativo público y privado a la hora de procesar información, en especial calificaciones de grado, con el fin de analizar y comprender su estructura para encontrar vulnerabilidades, entenderlas y proponer parches para reforzar su integridad y confidencialidad en el sistema propuesto. El producto final de la investigación será proponer un sistema que contemple las más comunes vulnerabilidades en los sistemas del sector educativo en cuanto al procesamiento de calificaciones, esto para afrontar la problemática con respecto a la venta y/o alteración de las mismas, mediante el análisis de los procesos en instituciones de giro educativo, en especial el sector superior; entendiendo los posibles riesgos que surgen durante los procesos en los sistemas de ofimática y en el tratamiento de las calificaciones, con ayuda de herramientas de software se maquetará una aplicación la cual prevendrá la alteración de calificaciones o expedición de títulos de grado, haciendo un listado de las vulnerabilidades expuestas en las instituciones del sector educativo y proponiendo una alternativa de mitigación de las mismas mediante un software de prevención de seguridad informática. Se dará una ligera introducción a los antecedentes similares a esta investigación, así como su fundamentación, el soporte legal correspondiente dentro de México al igual que los estándares o normativas que rigen la Gestión en riesgos, la seguridad informática y la integración de redes blockchain.

Descripción del Método

Con el fin de aportar a las teorías y conocimientos afines a la investigación, se utilizarán métodos de gestión de riesgos; se diseñará un modelo de software, que cumpla con evitar la alteración o inserción de información para emitir calificaciones y/o certificados de grado. Se planteará una arquitectura que adopte el modelo de NFT propio de redes blockchain que permitan contratos inteligentes, los cuales permiten crear obras únicas e irrepetibles, aunado de una serie de reglas operacionales de negocio que eviten la inserción de datos por terceros al sistema. El producto de la investigación propone un sistema el cual proteja la integridad de la información respecto a calificaciones en las instituciones del sector educativo tomando en cuenta que con lo propuesto la única persona que tendrá la posibilidad de alterar la información sería el profesor o quien la capture en el sistema, evitando así la venta de títulos/certificados por directivos de instituciones de educación.

Comentarios

El humano dentro de su naturaleza tiende a errar, errores que provocan acciones o hechos inesperadas y/o perjudiciales, dentro de la vida diaria de las personas pueden presentarse dichos errores, los cuales pueden ser o no

¹ Fued Alejandro Majul Ramírez MC es Profesor en la academia de Ingeniería en software en la Universidad Politécnica de Durango, Durango. fued.majul@unipolidgo.edu.mx (autor corresponsal)

² Christian Ríos Chavarría MC es Profesor en la academia de Ingeniería en software en la Universidad Politécnica de Durango, Durango. christian.rios@unipolidgo.edu.mx

³ Félix Acosta Hernández MTI es Profesor en la academia de Ingeniería en software en la Universidad Politécnica de Durango, Durango. felix.acosta@unipolidgo.edu.mx

esperados por quien los comete, dentro del ámbito laboral los errores también suelen ocurrir por lo cual las empresas intentan prevenir o mitigar los factores que pueden generar los errores. En consecuencia a lo anterior existe la acción dolosa en cuanto a la venta de títulos y/o certificados de estudio solicitados por particulares con posibles carreras truncas o sin conocimiento de las mismas, lo cual impacta posteriormente en lo laboral siendo este uno de los principales puntos a cubrir con el modelo a proponer. Con el paso del tiempo los sistemas que se desarrollan por el humano han sufrido cambios de adaptación y cambios producidos por avances contemporáneos (económicos, tecnológicos, sociales o demográficos); han avanzado para eliminar inconsistencias que surgen en los mismos, ya que éstos suelen generar costos adicionales a los esperados que se generan por errores humanos, los cuales dan pie a que surjan problemáticas dentro de los sistemas. Cadavid-Aguirre (2013) declara que:

Las empresas invierten grandes cantidades de dinero en estrategias de seguridad en el control tecnológico: Antivirus, programas anti espías, cifrados de archivos, entre otros, pero a pesar de todos esos esfuerzos siguen siendo vulneradas. El problema radica en que dichas tecnologías no cubren el activo más interactúa con la información. (p. 1) Con base en lo anterior se puede deducir el activo que interactúa más en los procesos de la información es "el humano", de esta forma los filtros o estándares principales para conformar un modelo íntegro y seguro en el procesamiento de información comienza por la capacitación y ética de los usuarios. La implementación de un sistema de gestión de información puede eliminar riesgos generados en el procesamiento de la misma; con la ayuda de software especial que procese y evite ataques, peligros, vulnerabilidades, riesgos en general en los métodos de captura, procesamiento, análisis y administración de información digital. La investigación va dirigida a empresas de servicios educativos, por lo cual es susceptible a desarrollarse en los sectores privado y público, de esta forma, se podrá hacer una comparativa de discrepancias que hay entre sus activos de seguridad y procesamiento de información digital. Uno de los propósitos de la implementación del sistema es evitar la creación de riesgos en los procesos de información con la ayuda de diversos métodos, técnicas y el uso de software y blockchain para contribuir al control de los documentos generados a partir del proceso de implantación de un SGSI; Con base en la opinión de Martelo, R.(2015), el programa de aplicación (software) tendrá las funciones de recolectar, administrar y organizar la documentación generada en el proceso de implantación de la GSI.

Se pretende estructurar posibles riesgos que se sufren dentro de los procesos de información en las empresas, de una forma general y proponer soluciones o prevenciones a éstos, incluso antes de que sean tomados como peligros. Esto quiere decir que el sistema intervendrá en la prevención tanto de protocolos, metodologías, sistemas y activos humanos, ya que el humano es uno de los recursos más importante dentro de dichos procesos, por el hecho de que son los usuarios los que procesan la información y es en su ética donde recae la seguridad de la institución.

En proyectos similares se puede contemplar que la implementación de sistemas de gestión de riesgos es dirigida hacia los trabajadores, procesos que estos cumplen al desarrollar su trabajo y el cómo evitar las problemáticas resultantes, en otros estudios similares se puede encontrar el desarrollo de software para cumplir con estándares de seguridad; a diferencia de los estudios anteriores, se buscará innovar con la implementación de sistemas de gestión de riesgos apoyados en software que facilitara el acceso y tratamiento de información digital y de certificados de grado. La principal diferencia a modelos actuales propuestos como lo es la cédula digital en México, el sistema se diferenciará por integrar codificación NFT o token no fungible propio de una red de blockchain como lo es Ethereum o Binance, ambas criptodivisas, sin embargo, la investigación no busca el lucrar con criptodivisas; se quiere adoptar el modelo de base descentralizada y contable de tipo P2P (Peer-to-Peer) más su codificación propia e irreplicable de sus contratos inteligentes en base a NFT. Se agregan algunos conceptos novedosos de la GIR adaptados al objeto de estudio, tales como el uso de sistemas de cómputo dentro de las empresas, los cuales desarrollan tareas de administración de datos de oficina, empleados, procesos, información sensible, entre otra información que la empresa maneje electrónicamente y considere importante.

Resultados esperados

Con el uso de la planeación estratégica, se detectan riesgos y evitando que éstos se incrementen hasta llegar a ser peligros; se construirán estrategias de solución para el desarrollo de un software que mantenga los tres preceptos de la seguridad de la información; confidencialidad, integridad y disponibilidad basando esto en la tecnología de BD distribuida P2P en el modelo blockchain. La propuesta para desarrollo de un sistema innovador para tratamiento de información, además de aplicar buenos principios de gestión integral de riesgos y elaborar soluciones más robustas en base a nuevas tecnologías, que nos permitiría "entender mejor cómo gestionar los riesgos emergentes en un mundo incierto y complejo". (Jovanovic, A., Balos, D. & Quintero, F. A., 2012). Se propone un modelo de software el cual integre el tratamiento de información sensible como calificaciones y expedición de certificados para las mismas, más una base en cuanto a reglas operativas de negocio lo cual servirá para crear candados para evitar la inyección o alteración de la información capturada evitando así la alteración de la misma por

terceros. La idea de realizar el Software nace para resolver las necesidades de seguridad que pueden llegar a darse en el tratamiento de información adoptando plataformas tecnológicas divergentes como lo son las redes de blockchain que permitan NFT. De esta manera el desarrollo de la aplicación se tiene pensado para que cualquier sistema externo pueda consumirlo de manera no intrusiva por parte de servicios en la nube los cuales tomarían los datos de sus actuales sistemas. La aplicación trata de cubrir todos los procesos detectados en el procesamiento de información, por lo cual para cumplir con el desarrollo se crearán los siguientes documentos:

- i. Documento de arquitectura de sistema.
- ii. Planeación funcional y ventanas de tiempo.

Los alcances que tiene planeado el proyecto es cubrir los procesos que se llevan en el tratamiento de información por medio de los actuales sistemas escolares mediante el consumo de un servicio web el cual consume una serie de parámetros predefinidos de la BD (Base de Datos) actual de las instituciones. Las limitaciones del proyecto están basadas en la disponibilidad de los encargados de sistemas computacionales, para llegar a usar el software propuesto y/o la falta de recursos por parte de las instituciones para el desarrollo del mismo.

Conclusiones

La recolección de información se basa en las anteriores investigaciones que analizan las vulnerabilidades en sistemas de educación, por lo cual se propone el modelo de un sistema que adopte las tecnologías emergentes de

NFT blockchain para evitar alteración de datos. La aplicación desarrollada tiene como fin ser una herramienta que sirva a los diferentes usuarios que forman parte del ecosistema académico para poder evitar y solucionar algunos de los virus, ataques y errores más comunes que estos causan, también ayudará a resolver problemas como archivos maliciosos, links rotos, archivos ocultos, archivos .bat, registros de sistema entre otros, esto gracias a la aplicación de código .NET en entorno Visual Studio el cual hace llamado a los procesos de usuarios avanzados en el sistema Windows, los cuales suelen usarse para solucionar problemáticas, esto da como producto final una aplicación portable (sin requerimiento de instalación) con entorno amigable para usuarios de computadoras.

Referencias

- Cadavid-Aguirre, J. M. "Seguridad en activos de información humanos". Editorial Lampsakos, (10), 17-19, 2013
- Martelo, R. J., Madera, J. E., & Betín, A. D. . "Software para Gestión Documental, un Componente Modular del Sistema de Gestión de Seguridad de la Información (SGSI)". (Spanish). Información Tecnológica, 26(2), 129-134. doi:10.4067/S0718-07642015000200015, 2015
- Jovanovic, A., Balos, D., & Quintero, F. A. "The European Emerging Risk", 2012
- Clark, Q. L.. "Security Intelligence a Practitioner's Guide to Solving Enterprise Security Challenges". O'Reilly Media, 2015
- Columbia EDU. (s.f.). "SQLrand: Preventing SQL Injection Attacks". Consultada por internet el 10 de febrero de 2023. Dirección de internet <https://www.cs.columbia.edu/~angelos/Papers/sqlrand.pdf>
- "National Institute of Standards and Technology. (2017). National Institute of Standards and Technology". Consultada por internet el 20 de enero de 2023. Dirección de internet: https://samate.nist.gov/index.php/Source_Code_Security_Analyzers.html
- "Information Security Management System: Refinement Integrated Solution's Six Domains. Journal of Computer, Asian Transaction". 2011.

La Pertinencia de la Innovación Tecnológica en los Procesos Productivos Artesanales

Ing. Joally Yanelly Maldonado López, Dra. Lénica Valeria Sánchez López, M.M. Aarón Rosales Díaz e Ing. María Griselda Jiménez Domínguez

Resumen—Los procesos productivos artesanales se basan en el conjunto de saberes que por generaciones han acumulado y transmitido, esto sin modificar o mejorar de forma sustancial los métodos o herramientas para obtener los productos, lo que ha llevado a presentar problemas como una baja producción, mermas, retrabajos, etc. El presente documento trata sobre la pertinencia de incorporar innovaciones tecnológicas en dichos procesos y el impacto que tendría según los artesanos.

Palabras clave—Procesos, productivos, artesanales, innovación, tecnológica.

Introducción

De acuerdo con la Encuesta Nacional de Consumo Cultural en México -ENCCUM-, realizada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información -INEGI- en 2012 habían 7,533,943 personas de 12 y más años que produjeron artesanías en localidades de 15 mil y más habitantes a nivel nacional. Se estima que, en el 2021 en el Estado de Puebla, lugar donde se desarrolló este estudio, existen más de 50,000 personas que viven de las artesanías como primera o segunda fuente de ingresos, de acuerdo con la Unión de Artesanos del Estado de Puebla. Derivado de la pandemia de Covid-19, este fue uno de los sectores más castigado ya que las ventas en general cayeron un 95% (Hernández, 2021); aunado a eso, los artesanos se enfrentan a productos generados industrialmente o de importación que cuentan con un mayor volumen, mejor distribución, calidad, publicidad, empaque y marca. De igual forma, los pequeños productores artesanales llevan a cabo procesos basados en conocimientos ancestrales, que se han mantenido a través de las generaciones sin modificar de forma sustancial sus métodos o herramientas de trabajo esto repercute, además, en una baja producción, mermas, retrabajos, calidad deficiente, exceso de tiempo y desperdicio de recursos. De acuerdo con los autores Diaz Pichardo, Sánchez Medina y Hernández (2017), los artesanos carecen de habilidades técnicas suficientes para obtener productos de buena calidad, de inversión necesaria para incrementar sus volúmenes de producción y de la capacidad de reaccionar adecuadamente a los cambios en las preferencias del consumidor. De acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Social, en 2012 se estimaba que 565 mil artesanos vivían en situación de pobreza (Hernández, 2021).

Por lo anterior, y a modo de contribuir a la mejora de las condiciones de producción así como de vida, se planteó, a través de un equipo multidisciplinario de investigación conformado por tecnólogos, generar en primera instancia estrategias tecnológicas que permitan responder a las necesidades de este grupo de pequeños productores; sin embargo, surgieron algunas dudas al respecto, las cuales llevaron al planteamiento de este estudio: *¿es pertinente la incorporación de innovaciones tecnológicas en los procesos productivos artesanales? y ¿se pueden compaginar o se contraponen los conceptos innovación tecnológica y proceso artesanal?*

Marco Teórico

Partiendo de una revisión literaria, se define al proceso productivo artesanal como aquel que se caracteriza por ser realizado mediante un trabajo manual, empleando herramientas de trabajo básicas y simples, sin utilizar tecnologías avanzadas o procesos industriales. Estos procesos se identifican por producir a pequeña escala, requieren de un mayor tiempo de elaboración, las piezas o productos generados son únicos, o bien tienen un sello particular y necesitan de una menor inversión para su generación. El valor de una artesanía radica en la identidad cultural, ya sea del artesano o a nivel comunidad, que imprime su conocimiento, personalidad, valores simbólicos e ideológicos en cada uno de los productos que fabrica.

En ese sentido, la principal preocupación que surgió al proponer estrategias tecnológicas que permitan mejorar la producción de los pequeños productores artesanos fue si los conceptos "artesanal" e "innovación tecnológica" se contraponían o podían coexistir en un mismo entorno y para un mismo fin. Para Koskien y Vanharanta (2002) la innovación es la introducción de nuevas y mejores formas de hacer las cosas en el trabajo; por su parte, Weerawardena (2003) la define como la aplicación de ideas que generan valor agregado para la empresa o para sus clientes, impactando en productos, procesos, servicios, o en la organización del trabajo, dirección o sistemas de comercialización (Díaz et al., 2017). Por otro lado, la palabra "tecnología" proviene del griego τέχνη que quiere decir arte, oficio o destreza. Si bien, este concepto está relacionado con el conocimiento científico y su aplicación, a través de instrumentos, métodos y técnicas para la resolución de un problema en particular, la tecnología en el sentido más amplio es toda noción que permita resolver las necesidades o bien mejorar las

condiciones de vida en una sociedad.

Desde el punto de vista del equipo investigador, la pertinencia de la innovación tecnológica depende directamente de los propios artesanos, de su capacidad y disponibilidad para llevar a cabo los cambios necesarios que permitan mejorar las condiciones antes señaladas, ya que de acuerdo con los conceptos teóricos revisados no hay nada que pueda sugerir la no coexistencia.

Descripción del Método

Como se señaló en el apartado anterior, el estudio se integra por el sentir de los artesanos respecto a la tecnología, la innovación y su pertinencia. Por lo que, se requirió de la encuesta para conocer la postura ante tal planteamiento. Para dicho fin, se diseñó un instrumento de encuesta que consta de 7 preguntas, 1 abierta y 6 cerradas. El instrumento fue aplicado a una muestra 357 productores artesanales del Estado de Puebla, partiendo de una población objetivo de 5,000 artesanos integrantes de la Unión de Artesanos del Estado de Puebla, se procedió a la selección de la muestra de un universo finito y de forma aleatoria considerado un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. La fórmula aplicada, así como el cálculo para determinar la muestra, se presenta en la figura 1.

Fórmula para determinar la muestra de un universo finito

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

Donde:

n	Tamaño de muestra
N	Tamaño de la población
z	Parámetro estadístico que depende del Nivel de Confianza
e	Error de estimación máximo aceptado
p	Probabilidad de que ocurra el evento estudiado
q=(1-p)	Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

Se toman los siguientes valores

Parámetro	Valor
N	5000
z	2
p	50%
q	50%
e	5%

Al sustituir se tiene:

$$n = \frac{N * z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + z_{\alpha}^2 * p * q} = \frac{13 * (14 * 14) * 15 * 16}{13 * 17} = 4802$$

$$n = \frac{N * z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + z_{\alpha}^2 * p * q} = \frac{((17 * 17) * (13 - 1)) + ((14 * 14) * 15 * 16)}{13.4579} = 13.4579$$

$$n = 4802 / 13.4579 = 357$$

Figura 1. Fórmula y cálculo para determinar la muestra a encuestar.

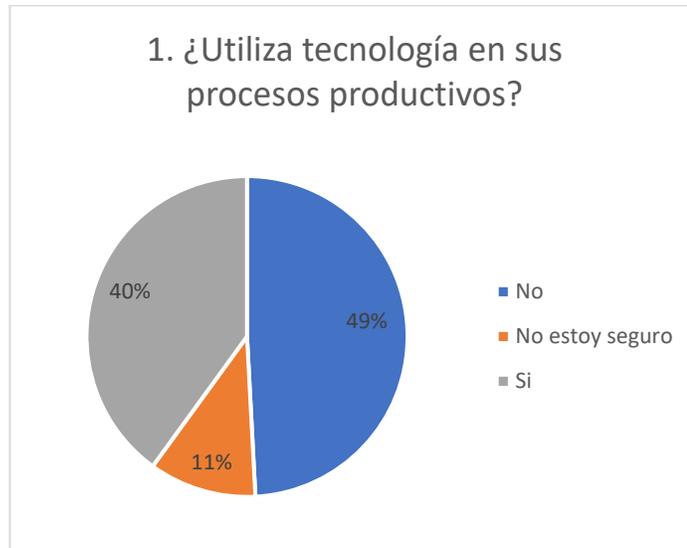
Las 357 encuestas requeridas se aplicaron a productores artesanales ubicados en la ciudad de Puebla durante los meses de enero y febrero de 2023.

Resultados

Como primer apartado se encuentran los datos que permiten describir el grupo muestra de la población. A modo de resumen, el 57% de la población corresponde a mujeres y un 43% a hombres. Asimismo, se encontró que la mayoría se encuentra en el rango entre los 18 a 30 años con un 33%, seguido de 41 a 50 años con 31% y en tercer lugar de 31 a 40 años con un 24%. En relación con el producto que se trabaja, un 33% se dedica a la elaboración de Productos alimenticios artesanales, el 20% al Arte, diseño, decoración de artesanías, el 17% Ropa, calzado y accesorios, así como Dulces típicos y comida regional, igual con un 17%, un 6% Artículos artesanales para fiestas, y en un porcentaje mínimo Cosméticos o higiene personal 3%, Juguetes artesanales 3%, Utensilios de cocina 2% y Artículos de temporada 1%. En cuanto a la experiencia que tienen realizando artesanías, los principales resultados fueron que el 30% tiene de 1 a 5 años, el 18% de 6 a 10 años, el 17% de 11 a 15 años y 16 a 20 años un 13%. Los estados del país del cual provienen los entrevistados corresponden a Puebla en un 65%, siendo Tlaxcala el segundo lugar con 7% y Oaxaca y el Estado de México el tercer lugar con 4% cada uno, entre otros. Al cuestionar sobre el número de personas que participan en proceso, el 71% realiza el proceso de producción de artesanías de forma conjunta y solo un 26% lo realiza de manera individual. Del total de artesanos que trabajan en forma conjunta, el 60.8% está a cargo de la Segunda generación: Padres y un 27.5% de la Primera Generación: abuelos o anteriores, siguiendo a los Hijos: Tercera generación en un 23.3%, siendo muy pequeña la participación de Nietos en dichas

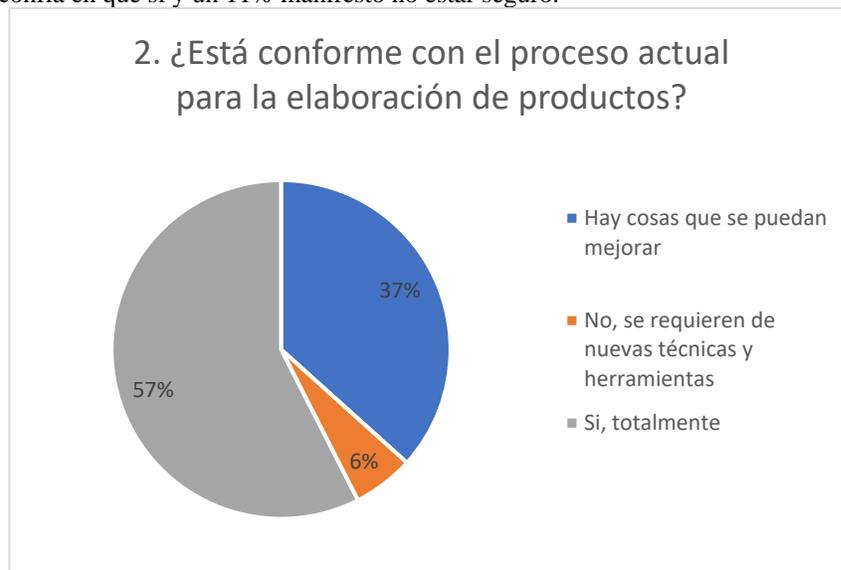
actividades. En cuanto al nivel de instrucción el 42% cuenta con Educación Media Superior, un 31% solo cuenta con Educación Básica, el 26% con Educación Superior y apenas un 1% cuenta con estudios de Posgrado.

En el segundo apartado, se plantearon preguntas enfocadas en conocer aspectos de los procesos productivos artesanales; así como su disposición a incorporar innovación tecnológica en los mismos.



Gráfica 1. Tecnología en los procesos productivos artesanales

Como se puede observar en la gráfica 1, el 49% de los entrevistados considera que no utiliza tecnología en sus procesos, un 40% confía en que sí y un 11% manifestó no estar seguro.

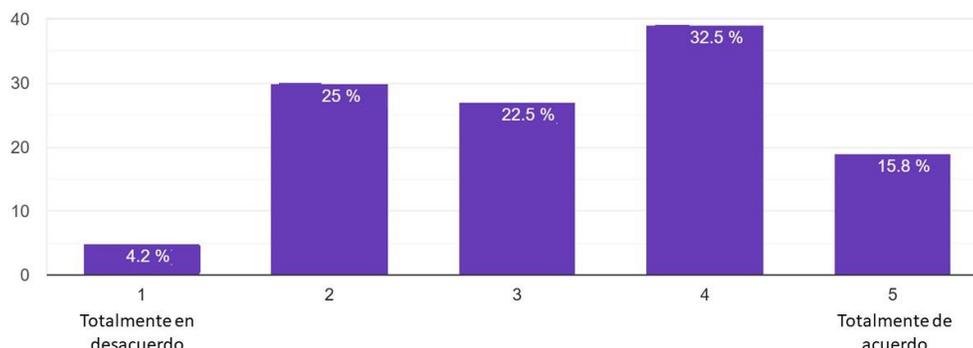


Gráfica 2. Grado de conformidad respecto a su proceso actual

En la gráfica 2. Se observa que el 57% de los artesanos entrevistados están totalmente conformes con el proceso actual de elaboración de productos, un 37% considera que hay cosas que mejorar y solo un 6% manifestó necesitar nuevas técnicas y herramientas en sus procesos de fabricación.

3. En la siguiente escala que tanto se identifica con la siguiente afirmación: Estoy dispuesto a incorporar innovaciones en los procesos de producción de mi producto

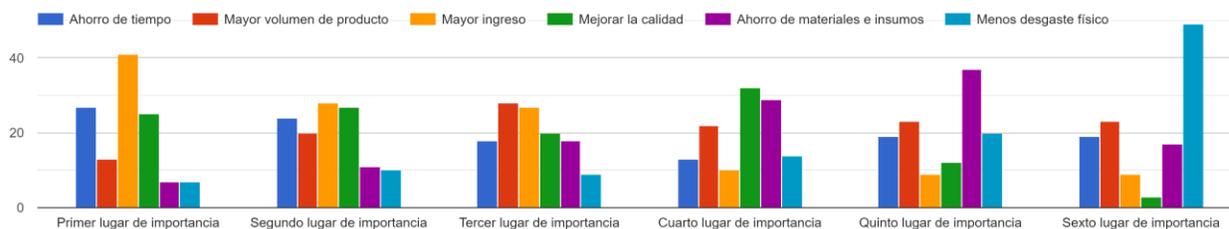
120 respuestas



Gráfica 3. Grado de aceptación para incorporar innovaciones en la elaboración de productos artesanales

En relación con el grado de aceptación para incorporar innovaciones en sus procesos productivos, un 32,5% manifestó estar De acuerdo y un 15.8% Totalmente de acuerdo -en suma 48.3%- lo que representa casi la mitad de la muestra. Asimismo, un 22.5% es indiferente a la afirmación. La Gráfica 4 señala que las razones por las que incorporarían innovación tecnológica en sus procesos serían principalmente por un mayor ingreso. En segundo lugar, el ahorro de tiempo y mejorar la calidad de sus productos; en tercer lugar, el incremento de volumen de producción y en último lugar con el mismo número de menciones, el ahorro de materiales e insumos, así como menos desgaste físico.

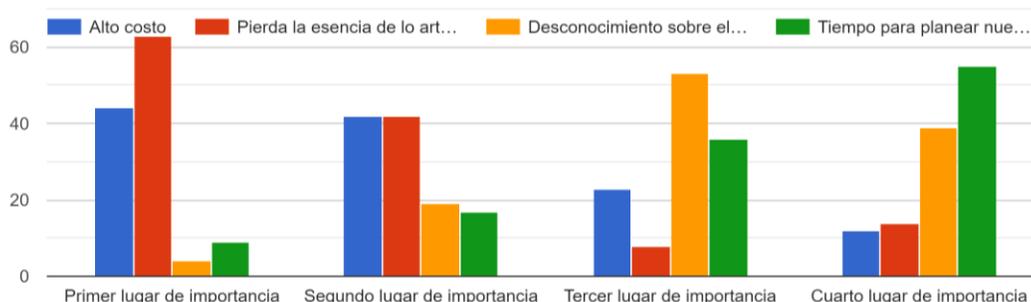
4. ¿Por qué incorporaría innovación tecnológica a sus procesos o productos?



Gráfica 4. Razones para incorporar innovación tecnológica en procesos artesanales

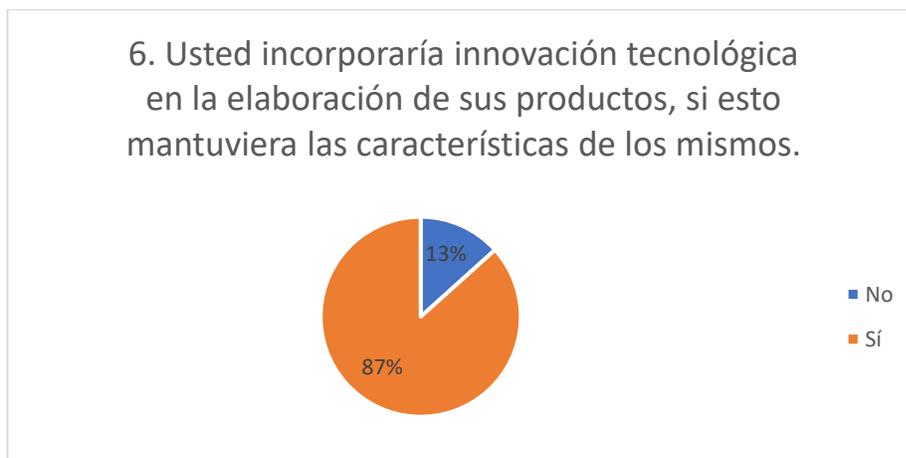
La siguiente gráfica, muestra las razones por las cuales los artesanos no estarían dispuestos a incorporar tecnología innovadora en sus procesos, obteniéndose lo siguiente:

5. ¿Por qué no incorporaría innovación tecnológica en sus procesos o productos?



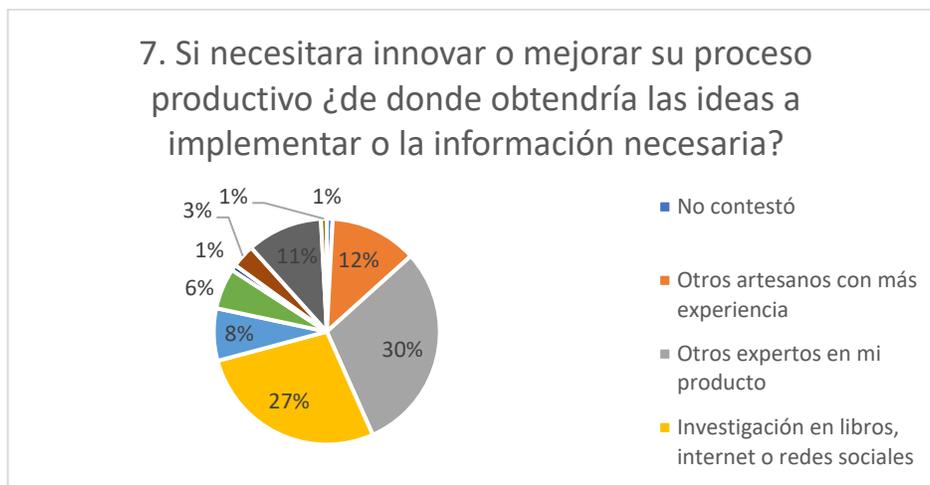
Gráfica 5. Razones para no incorporar innovación tecnológica

Como primer lugar se identifica la pérdida sobre la esencia de lo artesanal, en segundo lugar, el alto costo que podría representar, en un tercer lugar el tiempo que se requiere para planear nuevas formas y métodos, así como el aprendizaje de uso de nuevos dispositivos y en último lugar el desconocimiento de las nuevas tecnologías.



Gráfica 6. Incorporación de innovación tecnológica con mismas características de producto

La Gráfica número 6 señala que, de mantenerse las características de los productos sí estarían dispuestos a incorporar innovación tecnológica. Finalmente, la Gráfica 7, muestra que la principal fuente de información serían otros expertos con 30%, y la investigación en libros, internet o redes sociales en un 27%.



Comentarios finales

En conclusión, el sector de producción artesanal requiere de la incorporación de innovaciones tecnológicas, ya que esto permitirá facilitar su elaboración, elevar la calidad del producto y agregar valor a las propuestas de los artesanos; esto permitirá también mejorar su calidad de vida al incrementar sus ingresos por venta de producto. Se determina que el concepto “artesanal” no se contrapone con la “innovación tecnológica”, siempre y cuando esta permita mantener la esencia y sello distintivo del rasgo artesanía; por lo que, más allá de modificar el proceso o las herramientas empleadas, se deben generar estrategias tecnológicas que complementen sus herramientas de trabajo o que apoyen el proceso, sin intervenir directamente para que permanezca su distintivo artesanal. Como se observa en los resultados, el grupo de artesanos entrevistados se componen de primeras o segundas generaciones dentro de la familia, en rangos de edad a partir de los 18 años y con un nivel de instrucción de educación media y aunque están conformes en su mayoría con su proceso actual de producción, estarían dispuestos a incorporar innovaciones si esto les generará más ingreso, se mantuvieran las características del producto y no fuera costoso. El 49% de los entrevistados considera que no hay tecnología en sus procesos; lo anterior, debido a que relacionamos el concepto a aparatos y/o dispositivos complejos que parecen futuristas; las técnicas y herramientas que actualmente se emplean forma parte de la tecnología de cada actividad, como toda invención es posible mejorarla y/o perfeccionarla para tener un mayor beneficio, ese debiera ser el punto de partida de las estrategias tecnológicas que demanda el sector.

Referencias

- Díaz-Pichardo, René, Sánchez-Medina Patricia, y Henríquez Tatiana (2017). « Innovación y Competitividad en el Sector Artesanal », *Recherches en Sciences de Gestion*, vol. 121, no. 4, 2017, pp. 41-66.
- Hernández, Miguel (2021). Ventas de artesanías en Puebla se desplomaron 95% por la pandemia. El Economista disponible en <https://www.economista.com.mx/estados/Ventas-de-artesantias-en-Puebla-se-desplomaron-95-por-la-pandemia---20210225-0130.html> consultado el 17 de febrero de 2023.
- INEGI (2021). Las artesanías en la ENCUUM. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/201779/Las_artsanias_en_la_ENCCUM_coni_magen.pdf consultado el 10 de febrero de 2023.

Macros en Excel y su Presencia en una Aplicación para una MPYMES como Solución al Control Financiero de Servicios para la Salud

M.D.U. Susana Martínez Rabanales¹, M.C. Josefina Porras Aguirre²,
M.L.C.S. Venecia María de Lourdes Ramos Incháustegui³, M. I. Teresa Luciano Machorro⁴, Dra. Violeta Martínez
Ramírez⁵ y Anne Michelle Cruz Pano⁶

Resumen—El presente trabajo, describe el diseño a bajo costo de un sistema de información basado en Microsoft Visual Basic Applications que registra datos del paciente, genera su comprobante de pago digital en formato PDF y respectivo envío al email del interesado, así como, la obtención de reportes de ventas acumuladas periódicamente en clínica de Fisioterapia FITLIB que, por su número de empleados, se clasifica como una Microempresa en el área de la salud y bienestar físico. Como micronegocio, no cuenta con sistema computacional alguno, quedando desprovisto de datos concretos sobre el volumen real financiero de entradas por servicios prestados. El objetivo principal del proyecto radica en, controlar con exactitud el monto de ingresos provenientes por consulta realizada por semana y acumulado mensual, por medio de gráficas dinámicas integradas al sistema que incluyen, interfaces gráficas amigables e informes financieros generados para su impresión en Microsoft Word.

Palabras clave— fisioterapia, interfaz, macros, VBA, ventas.

Introducción

Fue a partir de la Segunda Guerra Mundial que, en Europa, surgen pequeñas unidades económicas para producir, comercializar y otorgar servicios con el afán de recuperarse de los estragos financieros resultantes del conflicto bélico.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2011), las micro, pequeñas y medianas empresas (MPYMES), figuran a nivel mundial siendo su participación de gran relevancia a nivel económico de todos los estados nacionales e internacionales en los diferentes sectores, a saber, industrial, comercial y de servicios, importancia misma que ha resultado en diferentes clasificaciones conforme a la región o dimensión según el total de personal empleado, ventas y producción anual.

Así pues, en México, la Secretaría de Economía (Secretaría de Economía, 2010) define las microempresas como:

“todos aquellos negocios que tienen menos de 10 trabajadores generan anualmente ventas hasta por 4 millones de pesos y representan el 95 por ciento del total de las empresas y el 40 por ciento del empleo en el país; además, producen el 15 por ciento del Producto Interno Bruto”. Ver Fig. 1.

SECTOR			
Clasificación según el número de empleados			
Tamaño	Industria	Comercio	Servicios
Micro	de 0 a 10	de 0 a 10	de 0 a 10
Pequeña	de 11 a 50	de 11 a 50	de 11 a 50
Mediana	de 51 a 250	de 51 a 250	de 51 a 250

Fig. 1 Clasificación de MiPYME'S. Fuente: INEGI

¹ M. D. U. Susana Martínez Rabanales es Profesora en la Ingeniería en Tecnológicas de la Información y Comunicaciones del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Puebla, Puebla, México. susana.martinez@puebla.tecnm.mx

² La M.C. Josefina Porras Aguirre es Profesora de la Ingeniería en Tecnológicas de la Información y Comunicaciones del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Puebla, Puebla, México. josefina.porras@puebla.tecnm.mx

³ M. L. C.S. Venecia María de Lourdes Ramos Incháustegui es Profesora adscrita al departamento de ciencias económicas administrativas del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Puebla, Puebla, México venecia.ramos@puebla.tecnm.mx

⁴ La M. I. Teresa Luciano Machorro es Profesora en la Ingeniería en Tecnológicas de la Información y Comunicaciones del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Puebla, Puebla, México. teresa.luciano@puebla.tecnm.mx

⁵ La Dra. Violeta Martínez Ramírez es Profesora de la Ingeniería en Tecnológicas de la Información y Comunicaciones del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Puebla, Puebla, México. violeta.martinez@puebla.tecnm.mx (**autor corresponsal**)

⁶ Anne Michelle Cruz Pano, es estudiante del 9 semestre de la carrera de Ingeniería de Ingeniería en Tecnológicas de la Información y Comunicaciones del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Puebla, Puebla, México. i17221144.19@puebla.tecnm.mx

En México el grupo de MiPYME's "está compuesto por 4 millones 170,755 unidades económicas; la microempresa constituye 97% del total, con 4 millones 057,719 unidades, la pequeña empresa, con 94,513 unidades, mientras que la mediana empresa suma 18,523 unidades" (Castellanos, 2020).

De acuerdo con la información de la institución financiera BBVA (2022), las pymes agrupan a las micro pequeñas y medianas empresas y son fundamentales en México, se estima que son abarcan el 72% de los empleos. El INEGI, según información reciente, se tiene registradas más de 4 millones de pymes en el país, que contribuyen aproximadamente al 52% del PIB anual. Las microempresas cuyo número de empleados es menor de 10, les dificulta invertir fuertes cantidades en un software que gestione la información financiera, inventarios o de personal para el control en tiempo real del negocio ya que implica gastos altos comprar o rentar aplicaciones y/o hardware. Así que, una transformación computacional en un negocio pequeño debe ir de la mano de sus ingresos. Es innegable que la visión de automatización en el negocio permea en la competitividad y crecimiento económico sostenido de cualquier empresa, sin importar su tamaño puede ser favorecida al elegir opciones de bajo costo en la implementación de software con herramientas de desarrollo gratuitas, como las macros en VBA incluido en la suite de Microsoft Office. Las aplicaciones en VBA han facilitado enormemente a aquellos negocios cuya información pueda ser controlada desde una sola computadora con un ambiente gráfico versátil para no expertos computacionales.

Objetivo General

Diseñar sistema de información desarrollado en Visual Basic for Applications con una conexión de base de datos que gestione la información de ventas registradas y emisión de comprobantes de pago por servicios de atención fisioterapéuticos.

Objetivos específicos:

1. Capturar datos del paciente como nombre, diagnóstico, edad, sexo, email, teléfono, descripción del servicio médico aplicado, fecha, monto parcial y total de la consulta generada por paciente por medio de un formulario.
2. Crear comprobante de pago con un número consecutivo en el que se registre el pago por sesión en unidades moneda de pesos por la atención médica ofrecida en el consultorio, el cual deberá ser enviado por email en PDF al paciente con información detallada del servicio en esa cita.
3. Crear la hoja de cálculo con las ventas con periodos semanales para obtener los resultados mensuales y la gráfica de resultados de ventas acumuladas que serán enviadas como Informe a Word listos para su impresión.

Justificación

Visual Basic for Applications (VBA) está integrado como parte de Microsoft Excel, con el cual se puede crear aplicaciones para negocios. VBA es un lenguaje de programación que permite escribir programas los cuales se le conoce como macros. Algunas de las tareas que pueden generarse con VBA son: creación de gráficos, de interfaces visuales, comunicación entre Microsoft Excel y las bases de datos, visualizar datos usando celdas, etc.

Es importante mencionar que Microsoft Excel es una hoja de cálculo con gran aceptación de su uso en empresas de diferentes giros en el cálculo y tratamiento de sus datos.

Estado del arte

En el proyecto de Juárez & Álvarez (2022) intitulado "Excel Visual Basic for applications como herramienta estratégica para el registro, organización y manejo de la información de las micro y pequeñas empresas de Chalco", se desarrolló a un micronegocio de giro papelería denominado "Ave Copias, papelería", ubicado en la colonia Unión de Guadalupe en Chalco, donde se implementó de exitosamente el sistema gestor de análisis que permite manipular, ahorrar y permanecer competitivo en la ámbito comercial del área, haciendo uso del IDE de Microsoft VBA de Excel sin invertir dinero en el mismo.

Otro trabajo de diseño como prototipo de software en VBA es el de Camacho & Vázquez (2022) que, mediante la metodología SCRUM controla la información recabada de las ventas e inventarios de comerciantes minoristas de Mercaneiva de la ciudad de Neiva (Huila) Colombia, cuya dinámica administrativa en los negocios les ha generado un descontrol de sus finanzas. Por lo tanto, atendiendo a sus requerimientos, se diseñó un prototipo con VBA que ofrece sistematizar el registro y control de inventarios y ventas de manera fácil, ágil y segura. Su desarrollo se realizó mediante la programación de macros en Excel, con ello brinda la facilidad de ejecutarse en un computadora o dispositivo móvil. En este trabajo se entrega un modelo de inventario, registra diariamente los movimientos que registra en cada establecimiento, lo que genera una base de datos de productos y arroja como resultado los promedios de la semana requeridos para empezar un nuevo ciclo. El resultado es sin duda alguna, una administración eficiente de la información y oportuna la toma de decisiones.

Por último, el proyecto más robusto de Mancipe y Castellanos (2022) denominado "Propuesta de mejora en el software de control de inventarios desarrollado por la empresa Logistics Hernandez S.A.S.". El software diseñado se desarrolló mediante el IDE de VBA de Excel. En él, se integran un total de 5 módulos que incluyen proveedores, clientes, compras, ventas e inventarios, además considera espacios en las hojas para Registros de Proveedores, de Clientes, de Compras y de Ventas.

Es irrelevante el tamaño comercial de la microempresa, los diversos desarrollos en VBA para Excel demuestran proveer de eficiencia el tratamiento de la información y control de ésta en forma económica y segura.

Descripción del Método

El proceso para administrar es el control de servicios mediante una aplicación que contiene registro de pacientes, registro de pagos, envío de correos y reporte mensual de ventas para la microempresa clínica de fisioterapia.

Para la elaboración de este proyecto se eligió el modelo espiral propuesto por Barry Boehm, que es un modelo evolutivo de proceso del software y se acopla con la naturaleza iterativa de hacer prototipos con aspectos controlados y sistémicos del modelo de cascada, tiene el potencial para hacer un desarrollo rápido de versiones tomando en cuenta cada una de las etapas para concluir con un módulo en cada una de ellas y así tener resultados más completos (Pressman, 2010).

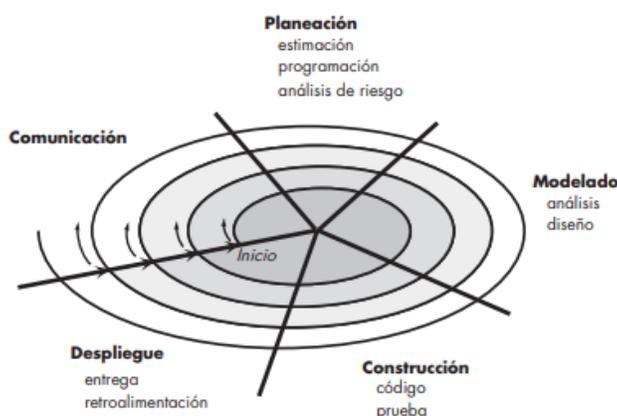


Figura 1. Modelo de espiral. Fuente: Pressman, 2010.

Técnicas de investigación y diseño metodológico

La aplicación fue diseñada para una clínica de fisioterapia, mediante el modelo en espiral tomando en cuenta que la microempresa puede crecer o expandirse y así tener que agregar nuevos módulos a la aplicación.

Realización de la aplicación mediante el modelo espiral

Comunicación. - Para esta primera actividad se analizó el problema expuesto por el cliente y la documentación presentada que sirvieron como base para decidir la factibilidad de automatizar los procesos de registro de pacientes, registro de pagos, envío de correos y reporte mensual y así cumplir con los requisitos del cliente y aumentar la agilidad en los procesos.

Planeación. - Para el seguimiento de control de servicios, se plantea manejar tres estatus dentro de la planeación acciones-detectadas, acciones-en-proceso y acciones-concluidas. Se trabajó con la definición de actividades y diagramas de flujo.

Modelado. - Para tener un panorama general de la aplicación se construyó el diagrama entidad-relación y diagrama de secuencia.

Construcción. - Una vez que se tomó en cuenta los principios de codificación que incluye a su vez los principios de preparación, programación y validación se programó el código en Visual Basic Application en Excel para la utilización de macros, Access para la base de datos y Word para visualización del informe mensual. Dando como resultado la aplicación con la ventana principal donde se muestran registros con datos personales de pacientes y botones para acceso a los servicios como de muestra en la figura 2.

ID	NOMBRE	EDAD	CORREO ELECTRONICO	TELÉFONO	CANTIDAD	DIAGNÓSTICO	SERVICIO	SEXO	MONTO PARCIAL	MONTO TOTAL	FECHA	FECHA DE CONSULTA
2	Anne Michelle Cruz Pano	22	michelcruz@hotmail.com	222564844	3	Molestia en la espalda	Masaje terapéutico	Femenino	\$ 1,050.00	\$ 3,150.00	21/05/2022	23/05/2022
3	Gustavo Angel Aguirre Arellano	23	agustavoa@hotmail.com	222648744	4	Requiere masaje en zona lumbar	Masaje terapéutico	Masculino	\$ 1,400.00	\$ 5,600.00	21/05/2022	23/05/2022
4	Jesus Cruz Hernandez	49	jesus-cruz@hotmail.com	2221144541	4	Molestia en el tobillo	Esguinces	Masculino	\$ 800.00	\$ 3,200.00	21/05/2022	24/05/2022
5	Andra Rosas Leonar	22	andri@hotmail.com	222595544	4	Molestia de pecho	Cardio Respiratorio	Femenino	\$ 1,200.00	\$ 4,800.00	21/05/2022	25/05/2022
6	Lizbeth Ortega Muñoz	23	litz@hotmail.com	2224425844	3	Requiere estimulación del rostro	Parálisis Facial	Femenino	\$ 1,800.00	\$ 5,400.00	21/05/2022	26/05/2022
7	Isaac Gutierrez Hernandez	23	isag@hotmail.com	2223437438	2	Molestia de los pies	Traumatología y ortopedia	Masculino	\$ 1,000.00	\$ 2,000.00	21/05/2022	27/05/2022
8	Ricardo Hernandez Ramos	23	rcru@hotmail.com	2227984555	3	Requiere masaje para molestia de espalda	Masajes relajantes	Masculino	\$ 600.00	\$ 1,800.00	21/05/2022	28/05/2022
9	Jonathan Dominguez Cruz	30	jdny@hotmail.com	2224568744	2	dolor muscular	Biomagnetismo (Imanes)	Masculino	\$ 400.00	\$ 800.00	21/05/2022	29/05/2022

Figura 2. Página principal de ingreso a servicios, fuente: Elaboración Propia.

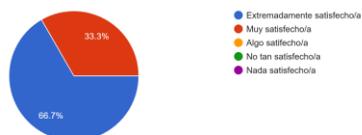
El registro de pacientes se realiza mediante un formulario que permite ingresar datos a la base de datos realizada en Access, reflejar el registro en Excel y asignar una clave única al paciente, como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Registro de pacientes, fuente: Elaboración Propia.

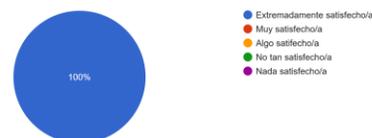
Para obtener el comprobante de pago del paciente, deberá dar clic en el botón COMPROBANTE DE PAGO, el cual lo dirigirá al formulario que permitirá ingresar datos para este registro, el comprobante se genera en formato .PDF y se puede enviar por correo, como se muestra en la figura 4.

De acuerdo con la encuesta de Evaluación del software y satisfacción del cliente sobre el sistema relacionado a los rubros de: facilidad para su uso, confiabilidad y apariencia del software; el mejor calificado fue la relación precio-calidad, donde todos los usuarios coincidieron que la inversión financiera fue mínima ya que contaban con un equipo y el IDE de desarrollo para su implementación, la aplicación instalada cubre los requerimientos inicialmente planteados por el cliente. Ver figuras 8 y 9.

3. ¿Qué tan satisfecho/a está con la facilidad de uso del software?
3 respuestas



5. ¿Qué tan satisfecho/a está con la relación precio-calidad de este software?
3 respuestas



Conclusiones

Los resultados demuestran que es viable satisfacer clientes creando software que abraque los diferentes procesos realizados del diario gracias a la memoria o manualmente, solo con la oportuna intervención con tecnologías computacionales y muy económicas al alcance de la mano, sin demeritar en ningún instante su calidad de desempeño.

La creación del sistema con macros Excel y la conexión con la base de datos provee un control exacto en tiempo real de las entradas económicas por cada servicio a pacientes, emisión de comprobantes digitales a los interesados e informes financieros a los propietarios de la Clínica FITLIB, de manera oportuna y eficientemente a muy bajo costo.

Es indispensable que las microempresas no limiten su inversión en la implementación de tecnología para que así, obtengan destacar, insertándose como grupo de negocios de vanguardia, inmersos en la mejora continua y competitividad de su segmento dentro del mercado de valores, ya que la ausencia de la TICS de bajo costo en las unidades de empresariales ya no es justificable, solo basta con tener un computadora y la suite de Microsoft Office para su implementación, de lo contrario desalentará un crecimiento económico sostenible del país.

Es necesario difundir los versátiles desarrollos que en el IDE de VBA ofrece soluciones rápidas que a toda unidad de negocio permitiría resolver procesos tediosos, repetitivos y sin concentrado periódico del comportamiento financiero.

Recomendaciones

Es posible programar periódicamente mantenimiento a la base de datos, cuya conexión al sistema desarrollado con macros, favorecerá un óptimo desempeño al mismo.

Los desarrolladores interesados en continuar esta aplicación o similitudes de la misma, podrían profundizar en las bondades que ofrecen las macros, herramientas de Excel intermedio e impacto en las empresas de vanguardia en la rama de manufactura como la automotriz WV de México en Puebla, quienes valoran estos conocimientos de egresados de diferentes planteles educativos de educación superior para su reclutamiento. Existe un amplio campo todavía poco explotado en lo que se refiere al vasto poder de VBA y su fácil programación.

Referencias

- BBVA (2022) Qué son las Pymes y qué tipos hay? Consultado de: <https://www.bbva.mx/empresas/landings/bbva-pyme.html>
- Camacho, Artunduaga y Vázquez, Oscar. (2022). Diseño de un prototipo de software en VBA, mediante la metodología Scrum para el control de ventas e inventarios de comerciantes minoristas de Mercaneiva. Consultado de: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/53890>
- Castellanos, C. (13 de Noviembre de 2020). SOC Líderes en asesoría financiera. Recuperado el 05 de Enero de 2023, de <https://blog.socasesores.com/como-surgieron-las-pymes-y-por-que-son-tan-importantes/>
- INEGI. (2011). Micro, pequeña, mediana y gran empresa. Recuperado el 05 de Enero de 2023, de https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ce/2009/doc/minimonografias/m_pymes.pdf
- Juárez, Víctor y Alvarez,Aura. (2022). Excel Visual Basic for applications como herramienta estratégica para el registro, organización y manejo de la información de las micro y pequeñas empresas de Chalco, Consultado de <http://hdl.handle.net/20.500.11799/137435>
- Mancipe, Javier y Castellanos, Kaheryn. (2022). Propuesta de mejoramiento en el software de control de inventarios desarrollado por la empresa Logistics Hernández S.A.S. Consultado de: <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/2916>
- Pressman, R. (2010). Ingeniería de Software: un enfoque práctico. McGraw Hill: México.
- Secretaría de Economía. (2010). Economía.gob.mx. Recuperado el 04 de Enero de 2023, de Economía.gob.mx: <http://www.2006-2012.economia.gob.mx/mexico-emprende/empresas/microempresario#:~:text=Las%20microempresas%20son%20todos%20aquellos,ciento%20del%20Producto%20Interno%20Bruto>

La Web en la Difusión y Promoción de la Cultura Totonaca en Puebla

Dra. Violeta Martínez Ramírez¹, M.D.U. Susana Martínez Rabanales²,
M. C. Margarita Raquel García Sierra³, M.A.y G. I. E. María Teresa López Aburto⁴, M. I. Alejandro Gil Vázquez⁵
y Miguel Cruz Ramos⁶

Resumen— Desde los inicios de la industria se ha pretendido en la creación de sistemas que mejore los procesos de actividades en tiempo y costo, con ello uno de los pilares de mayor importancia son las Tecnologías de la Información y Comunicaciones mejor conocidas como las TIC'S, puesto que va desde la recolección, manipulación y resultado de la información; con ello, reducir el tiempo en la toma de decisiones o acciones para beneficio.

Como respuesta, las Tecnologías de la Información y Comunicaciones es uno de los fuertes de la industrialización con el proceso de recolección de la información y en la trasmisión ante la sociedad los resultados obtenidos, el presente trabajo muestra el desarrollo del sistema web como una herramienta para la gestión de la información que difunda, promueva y oferte los servicios culturales de la entidad municipal del Honorable Ayuntamiento de Ixtepec, Puebla 2021-2024.

Palabras clave—Ixtepec, tics, totonaca, web.

Introducción

La Información un elemento de suma importancia para cualquier tipo de organizaciones, el Honorable Ayuntamiento Ixtepec, Puebla 2021-2024 está integrado de diferentes áreas gubernamentales donde se concentra información de la ciudadanía, una de ellas es la Regiduría de Cultura que ofrece un sin fin de servicios variantes según sea el año, correspondientes a su área y con ello la problemática de reducir el tiempo del proceso de recolección de información para dar a conocer hechos, convocatorias, etc., en tiempo y forma.

Entre las tareas de gestión destaca el área de cultura; ésta difunde permanentemente información de la cultura totonaca mediante noticias, eventos, entre otras actividades, también promociona acciones y productos de carácter cultural realizados por la ciudadanía perteneciente a la entidad municipal, otra labor de suma importancia es la oferta de servicios para todo tipo de sociedad referente a lo cultural y demás acciones solo con un fin de promover y evitar el deterioro de la cultura materna para su extinción.

Cultura totonaca

El portal de la Enciclopedia Concepto, refiere los orígenes de cultura totonaca desarrollada entre los períodos culturales clásico (desde el año 300 hasta el 950 d.C.) y posclásico (desde el año 950 hasta el 1520 d.C.). Fue adoptada por los pueblos indígenas mesoamericanos que habitaron en México, en el territorio que hoy conforman los estados de Veracruz y parte de Puebla. El significado de su nombre en plural se define como “totonacatl” y referencia a “los habitantes de la región de Totonacapan”. Algunos autores traducen la palabra “totonaco” como “hombre de tierra caliente”.

Como era en aquel tiempo y en la actualidad, la economía de la cultura totonaca se basó en la agricultura de la siembra de chile, tomate, maíz, cacao y algodón, en el comercio y en el trueque de productos y servicios.

El poderío económico alcanzado por la cultura totonaca se vio reflejado en las edificaciones de pirámides, monumentos, casas y palacios, cuidadosamente decorados. Su arte se manifestó en la cerámica, la artesanía y la escultura que se caracterizó por el empleo de caras sonrientes. También desarrollaron una arquitectura sobresaliente por sus fachadas con relieves tallados.

El principal aporte de la cultura totonaca es la planta de vainilla, a pesar de que algunos investigadores dudaron

¹ La Dra. Violeta Martínez Ramírez es Profesora en la Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de la Puebla, Puebla, México. violeta.martinez@puebla.tecnm.mx (**autor corresponsal**)

² La M.D.U. Susana Martínez Rabanales Profesora en la Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de la Puebla, Puebla, México. susana.martinez@puebla.tecnm.mx

³ La M.I.A. Margarita Raquel García Sierra es Profesora del Departamento de Ciencias Básicas en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de la Puebla, Puebla, México. margaritaraquel.garcia@puebla.tecnm.mx

⁴ M.A y G. I. E. María Teresa López Aburto es profesora del departamento de Ciencias Económico y Administrativas en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de la Puebla, Puebla, México. mariateresa.lopez@puebla.tecnm.mx

⁵ El M. I. Alejandro Gil Vázquez es Profesor en la Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de la Tláhuac, Cd. De México, México. alejandro.gv@tlahuac.tecnm.mx.

⁶ Miguel Cruz Ramos, es estudiante de 9 semestre de la Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de la Puebla, Puebla, México. i16221966@puebla.tecnm.mx

de su origen real.

Otro de sus grandes aportes es la lengua purépecha y el totonaco, únicas lenguas que México considera como originarias de su tierra. Información recabada de Enciclopedia Concepto.

Problemática informativa actual en el municipio de Ixtepec, Puebla

La cantidad de información que se maneja en esta área de Cultura es de gran volumen y regularmente se mantenían en físico en hojas de papel bond lo cual impide la manipulación de ésta y tarda en su recolección retrasando el tiempo en la toma de decisiones, además de que el Honorable Ayuntamiento cuenta con un sitio web solo para sus actividades específicas y le impide la promoción de la cultura de una manera más directa oportunamente.

Objetivo general:

Crear el sistema de información bajo tecnología web para la difusión, promoción y oferta de servicios de las actividades en la Regiduría de Cultura en el municipio de Ixtepec, Puebla.

Objetivos específicos:

1. Analizar los requerimientos que la regiduría de cultura desea difundir.
2. Diseñar una interfaz amigable e intuitiva para el usuario ciudadano cuyas habilidades digitales son limitadas.
3. Diseñar la plataforma de gestión de contenidos en torno a la cultura totonaca del municipio para los administradores del sitio web encargados de creación, modificaciones de información.
4. Diseñar la base de datos para el almacenamiento de información concerniente a cada servicio que se realice periódicamente.
5. Implementar y probar el sitio terminado.

Alcances del sitio web en la comunidad.

Rescate de la cultura en todas sus formas: artesanías, creencias, tradiciones y gastronomía.

Difusión de la cultura totonaca en el municipio y lugares circunvecinos.

Incremento de apoyos económicos y en especie, para los habitantes y promoción de la cultura en la región.

Incremento de participaciones en eventos organizados para promover la cultura, su dignificación y preservación de costumbres.

Establecer un flujo de comunicación bidireccional e interacción directa con los representantes del ayuntamiento actual.

Estado del Arte.

En este sentido, algunos trabajos que destacan la importancia del internet a beneficio de Organizaciones Indígenas como un “*espacio para la promoción cultural y como medio para reforzar y reivindicar las Identidades.*”, según Monasterios, Gloria (2003); o como Oscar Álamo quien afirma: “*Internet permite a estas poblaciones tratar directamente con los consumidores, lo que le supone mayores ingresos en la medida que desaparece el papel de los intermediarios*”. En su trabajo publicado en 2013, Eduardo Sandoval expresa “*muchos indígenas han incorporado el uso de las Nuevas Tecnologías de la Información a sus diversas labores, lo que sin duda servirá, y con creces, al rescate y la difusión cultural, a la preservación lingüística, a la promoción de sus artes*”.

Enunciado de investigación

La web favorece la difusión y promoción de la cultura Totonaca en Ixtepec Puebla.

Descripción del Método

Análisis y propuesta del diseño de publicación de actividades dirigidas a fortalecer la cultura totonaca en Ixtepec.

En primera instancia para el desarrollo del sistema web se tomó en cuenta a dos sitios web las cuales son:

La Casa de la cultura Oaxaqueña 2022 y H. Ayuntamiento de Puebla.

Se construyeron prototipos para el sistema web los cuales apoyaron a definir las tecnologías para su implementación. Se contempló el desarrollo de FRONT END (lado del servidor). La figura 1 presenta el diseño general.

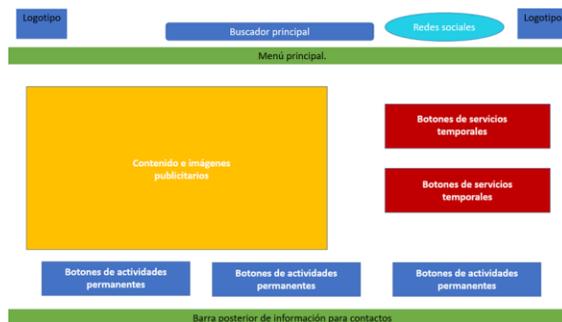


Figura 1. Diseño de Interfaz de la portada

Se diseñaron los almacenes que albergarán la información que procesará y ocupará el sistema. La figura 2 presenta el diagrama Entidad/Relación resultado del análisis de requerimientos el cual se creó con el apoyo de SQL.

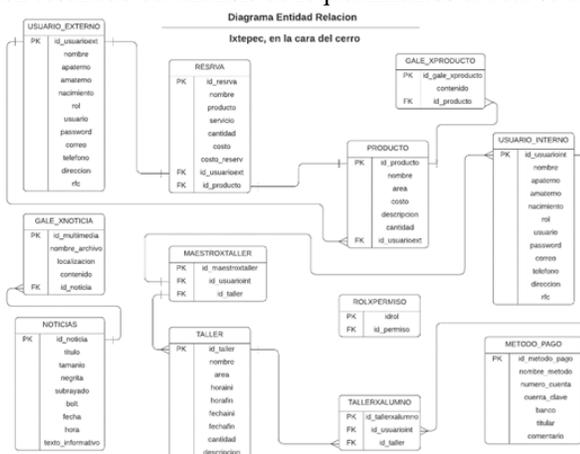


Figura 2. Diagrama Entidad-Relación

El encabezado (Header) de la página principal se integró por cuatro divisiones (div) dentro de ellas se organizaron elementos tales como los logotipos institucionales tanto del sistema y del municipio, al igual que el buscador principal. En la última división se integraron los elementos: menú principal y las redes sociales. Este encabezado se visualiza permanentemente en las distintas páginas de la aplicación web. Ver figura 3.



Figura 3. Diseño de la cabecera del sitio web o Header.

Para el desarrollo del sistema web se incluyeron librerías y componentes en el archivo de encabezado (header.php) un fragmento del mismo se presenta en la figura 4.

```

1 <head>
2 <title>Ixtotec, en la cara del Cerro</title>
3 <link href="bootstrap/parametros_de_contenido.min.css" rel="stylesheet" type="text/css"/>
4 <script type="text/javascript" src="bootstrap/jquery.min.js"></script>
5 <link href="bootstrap/bootstrap.min.css" rel="stylesheet" type="text/css">
6 <script type="text/javascript" src="bootstrap/bootstrap.min.js"></script>
7 <script src="bootstrap/ajax.googleapis/jquery.min.js"></script>
8

```

Figura 4. Librerías y componentes.

El propósito general del sistema web es difundir y promocionar la cultura totonaca mediante la incorporación de componentes que permitan la interacción del usuario con la información de la Regiduría de Cultura. La figura 5 presenta una perspectiva de los elementos de la página inicial, donde el objeto central es de tipo "carrusel" en él se visualizan de forma secuencial las imágenes de apoyo,

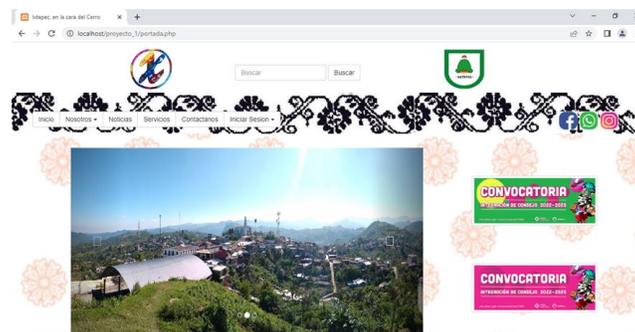


Figura 5. Perspectiva de la Página principal.

Además incluye botones de navegación *siguiente* y *anterior* dentro de la imagen y propias de la función de carrusel. Los botones de la derecha son editables por el administrador para actualizar la imagen a exponer y tienen la función de redirigir a algún documento que se desee consultar.

La página inicial incorpora, debajo del carrusel, tres botones que proporcionan avisos y tienen las mismas funciones de navegación *siguiente* y *anterior* con la diferencia que solo acepta imágenes que contengan información específica. Ver figura 6.

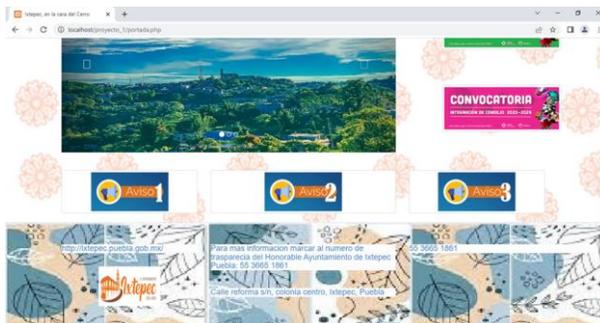


Figura 6. Botones de avisos de la página principal.

Noticias. En la figura 7 se presenta el fragmento de código PHP que visualiza dentro de la página las Noticias relevantes del municipio. Tiene como función la selección y presentación de la noticia que el usuario desea consultar.

```

318
319
320 <label form="start"><h4>Noticia Relacionada:</h4></label>
321 <select name="noticia_relacionada" id="noticia_relacionada">
322 <?php
323 foreach ($lista_noticia as $seleccion) {
324     <option selected="" value="{$seleccion->id_noticia}>
325         <?php echo $seleccion->titulo;
326     </option>
327 }
328 </foreach>
329 </select>
330 </div>
331
332
333
334

```

Figura 7. Código para consultar noticia relacionada

El botón *Noticias* del menú principal, dirige a otra página que presenta un listado con imágenes y a su lado una breve reseña de la noticia, cada una de ellas es un enlace hacia la noticia completa. El usuario mediante el ratón elegirá la noticia de su preferencia. En la figura 8 se aprecia lo explicado.

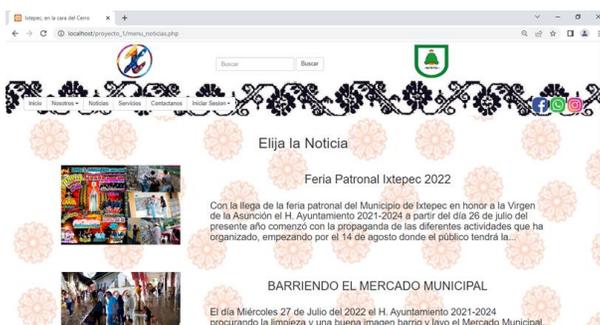


Figura 8. Menú de noticias

Servicios. El botón *Servicios*, del menú principal, direcciona hacia otra página que visualiza el contenido de los servicios de la aplicación web mediante un listado con el nombre del servicio, breve explicación e imagen de apoyo. Siendo un apartado estático, el cual no es editable para el administrador y permanecerá sin cambios, ya que solo lo aborda en lo general. Ver figura 9.

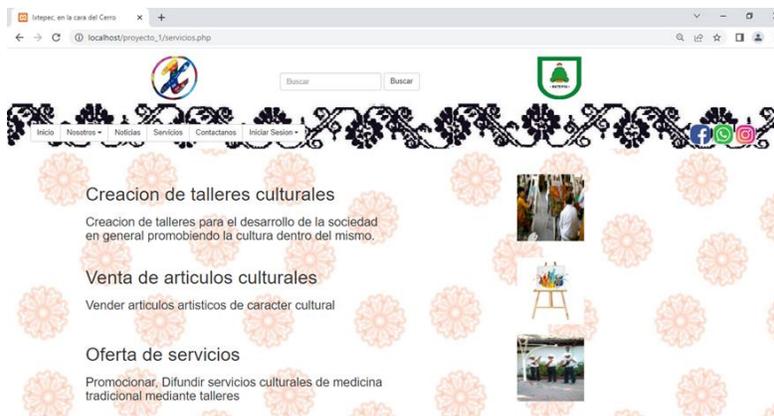


Figura 9. Publicación de Servicios

Ventas. El botón *Ventas* presenta la página con *nuevos productos*, el administrador puede habilitar la acción de *Altas a productos* o *Servicios* para su venta mediante el llenado de un formulario. La página de *Ventas para el cliente* presenta los productos; y cada producto, cuenta con dos botones: *Comprar* y *Reserva*. Ver figura 10.

Carga de noticias. La activación del botón de esta acción dirige al administrador a *Creación de contenido* de texto informativo para ingresar nuevas noticias. Los elementos del editor de texto son similares a los de Microsoft Word donde se puede aplicar estilos: tamaño, forma, color de letra, remarcado de texto, posición, cortado, copiado y pegado. Este editor de texto soporta imágenes para adjuntar a la noticia, objetos multimedia al contenido informativo. Ver figura 11.

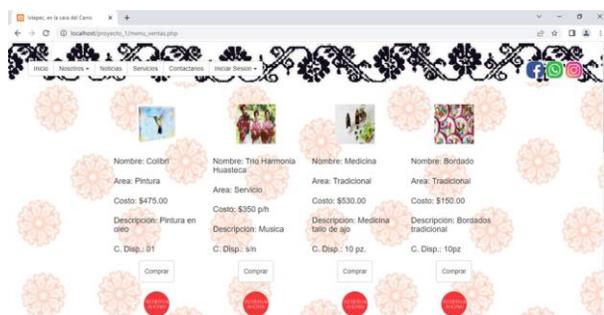


Figura 10. Menú ventas

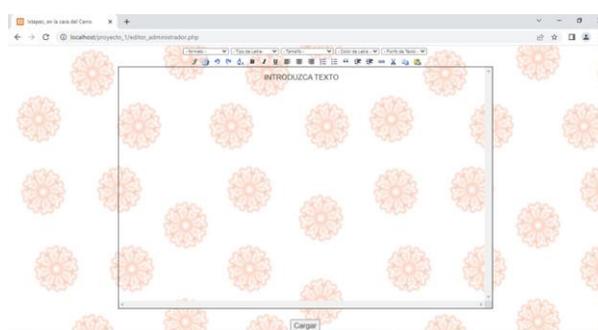


Figura 11. editor de texto administrador

Comentarios Finales

Los contenidos digitales enmarcados en la preservación de las raíces culturales de comunidades indígenas en nuestro país se ven empujadas por el interés de estas poblaciones poco favorecidas económica y tecnológicamente por darse a conocer y sentirse escuchados, formar parte de entornos mercantiles, educativos y culturales en su región; si bien es un primer paso que como gobierno el municipio de Ixtepec, Puebla realiza para digitalizar la difusión de actividades, noticias, talleres, etc. Representa visibilidad de las colectividades que vibran con sus costumbres inmersas en los cientos de años de su conformación.

Así pues, como en Navarrete (2008), en su estudio afirma que *“La gran diversidad de estos pueblos es una parte fundamental de la diversidad cultural y étnica de nuestro país y es una de las más grandes riquezas que tenemos los mexicanos”*.

Resumen de resultados

Cabe resaltar que con la encuesta se cuantificó el nivel de satisfacción del impacto que recibió la aplicación web tanto como los administradores, clientes y usuarios pues cada uno cuenta con un rol dentro y fuera del sistema web, arrojando la encuesta un resultado de usuario muy satisfecho.

1. ¿La publicidad que hace la página principal denominada portada cubre con las expectativas del visitante? [escala de 50%, 75% y 100%]. Ver figura 12 a).

Con la escala mencionada se obtuvo que 85% cubre con las expectativas para promocionar y difundir la cultura mediante elementos multimedia siendo la escala superior del 100%, el 10% cree que se podría mejorar de la escala del 75% y por último el 5% cree que podría introducirse más elementos que no sea multimedia de la escala 50%.

2. ¿Cómo administradores reducen el proceso de recolección de la información? [escala de 50%, 75% y 100%].

Con la pregunta a administradores se refleja una reducción en el proceso de recolección de la información en una escala del 100% con un total de preferencias del 95%, mientras que el 3% de los administradores cree que se podría reducir más el proceso. Ver figura 12 b).



a) Expectativas de la publicidad presentada

b) Reducción en el tiempo de recolección de información para su posterior publicación

Figura 12. ¿Cómo administradores reducen el proceso de recolección de la información?

Conclusiones

Durante los últimos años la cultura totonaca se ha degradado al punto de intentar en desaparecer en su totalidad más sin embargo existen instituciones gubernamentales y no gubernamentales que apoyan al fomento de las culturas, tal es el caso del Honorable Ayuntamiento Ixtepec, Puebla 2021-2024 que con el proyecto “Creación de sistema bajo tecnología web para la difusión, promoción y oferta de servicios en la Secretaría de Cultura en la entidad municipal de Ixtepec.” Se consiguió en seguir difundiendo y promocionando a la cultura totonaca mediante noticias, eventos, talleres y ventas de artículos artesanales y culturales.

Cumpliendo de esta manera en su totalidad el proyecto mejorando el proceso de obtención, alojamiento, manejo y resultado de la información para la visualización a los visitantes del sistema web.

Recomendaciones

Para montar el sitio web, fue necesario recurrir a servidor público, esto limita el espacio de almacenamiento para añadir grandes actualizaciones a la aplicación. Conjuntamente, atener permanentemente la seguridad de la información publicada es sustancial para garantizar la consistencia de la base de datos.

Referencias

- Enciclopedia concepto (2022). ¿Qué fue la cultura totonaca? consultada por Internet el 10 de febrero del 2023. Dirección de internet: <https://concepto.de/cultura-tononaca/#ixzz7sZvft2FG>
- Monasterios, Gloria (2003): “Usos de Internet por Organizaciones Indígenas (OI) de Abya Yala: para una alternativa en políticas comunicacionales”, en Revista Comunicación N° 122, estudios venezolanos de comunicación, Segundo trimestre de 2003. Caracas: Centro Gumilla. pp. 60-69
- Óscar Del Álamo (2003). Esperanza tecnológica: Internet para los pueblos indígenas de América Latina. consultada por Internet el 10 de febrero del 2023. Dirección de internet: http://www.quadernsdigitals.net/datos/hemeroteca/r_1/nr_510/a_7070/7070.pdf
- Sandoval-Forero, Eduardo A (2013). Los indígenas en el ciberespacio. consultada por Internet el 10 de febrero del 2023. Dirección de internet: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722013000200006
- Navarrete Linares Federico. Los pueblos indígenas de México: Pueblos indígenas del México contemporáneo. Comisión Nacional Para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas: Ciudad de México, México, 2008. consultada por Internet el 10 de febrero del 2023. Dirección de internet: <http://ru.ffyl.unam.mx/handle/10391/353>.

Aplicación .Net para un Panel de Seguridad Bajo la Metodología SCRUM

Dra. Violeta Martínez Ramírez¹, Dr. Efrén Armando Osorio Ramírez²,
Dra. Lorena Elizabeth Balandra Aguilar³, M. I. Teresa Luciano Machorro⁴, M. I. A. Mauricio García Ávalos⁵ y
Gabriela Vázquez Sánchez⁶

Resumen— El presente trabajo tiene como objetivo mostrar el eficiente plan para la creación de un sistema de información utilizando la tecnología SCRUM para entrega e implementación oportuna que le permita a la empresa líder en la región, se enfoque en aplicar mejoras para su expansión, consciente de que esto implica invertir recursos en tecnología digital que le permitirá alcanzar un mayor control de sus ventas reales y eficiencia en la seguridad de la información en la administración del área de ventas y embarques, ya que en el último año de pandemia, sufrió un incrementó inusitado de clientes que originó el aumento en producción, ocasionando descontrol al ejecutar tales montos de unidades a colocar. El software obtenido considera un planificador con datos en tiempo real que es utilizado, por seguridad, exclusivamente en escritorio.

Palabras clave—.NET, metodología, SCRUM, seguridad, software.

Introducción

Antecedentes de SCRUM

El concepto de SCRUM tiene su origen en un estudio de 1986 sobre los nuevos procesos de desarrollo utilizados en productos exitosos en Japón y los Estados Unidos (cámaras de fotos de Canon, fotocopiadoras de Xerox, automóviles de Honda, ordenadores de HP y otros) (Takeuchi & Nonaka, 1986.)

Poco después en 1995 Ken Schwaber y Jeff Sutherland en la conferencia OOPSLA '95 (Object Oriented Programming, Systems, Language and Applications) realizan un taller describiendo SCRUM y esta es la primera vez que públicamente se usa el término (Saraclip, 2020).

SCRUM analiza el progreso real de un proyecto para planificar y concertar los requerimientos de la nueva etapa, los proyectos en esta metodología ágil se dividen en ritmos de trabajo breves, conocidos como *sprints* los cuales tienen normalmente máximo cuatro semanas de duración y en cada uno de ellos se completa una cantidad de trabajo establecida. Al final de cada sprint o evento, el cliente, el líder del equipo de trabajo y los miembros del equipo se reúnen para evaluar el progreso del proyecto y planear los siguientes pasos a seguir. Estas reuniones de trabajo permiten que la dirección del proyecto se ajuste o se reoriente una vez finalizado el trabajo, sin especulaciones ni predicciones.

Dentro de SCRUM todo el equipo de trabajo es responsable de crear un incremento en el proyecto que sea valioso y útil en cada Sprint. En la metodología SCRUM podemos observar responsabilidades específicas y son:

1. Un propietario del producto (Product Owner) es puente entre tomadores de decisiones y desarrollo del proyecto, ordena el trabajo de un problema describiendo lo que el dueño o empresa realmente necesita.
2. El SCRUM Máster, es guía y facilita al equipo información, historias de usuario y las peticiones del propietario de la aplicación, para trabajar conforme a las guías de SCRUM también es quien presenta cada una de las actividades y hace que el equipo de trabajo entienda lo que el dueño realmente requiere convierte una selección del trabajo en un Incremento de valor durante un Sprint.
3. El equipo de SCRUM y sus partes interesadas inspeccionan los resultados y realizan los ajustes necesarios para el próximo Sprint.
4. Repetir (Sutherland, 2023).

La aplicación de los métodos ágiles no ha dejado de crecer y extenderse desde 2001, año en que se publicó el Manifiesto Ágil. Estos métodos se aplicaron inicialmente al desarrollo software, pero posteriormente ha quedado demostrado su éxito en la

¹ La Dra. Violeta Martínez Ramírez es Profesora en la Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Puebla, Puebla, México. violeta.martinez@puebla.tecnm.mx (**autor corresponsal**)

² El Dr. Efrén Armando Osorio Ramírez es Profesor en la Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Puebla, Puebla, México. efrenarmando.osorio@puebla.tecnm.mx

³ La Dra. Lorena Elizabeth Balandra Aguilar es Profesora en el Departamento de Sistemas y Computación del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Comitán, Chiapas, México. lorena.ba@comitan.tecnm.mx

⁴ Teresa Luciano Machorro es Profesora en la Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Puebla, Puebla, México. teresa.machorro@puebla.tecnm.mx

⁵ El M.I.A. Mauricio García Ávalos es Profesor en la Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Puebla, Puebla, México. mauricio.garcia@puebla.tecnm.mx

⁶ Gabriela Vázquez Sánchez es estudiante de 9° semestre de la Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Puebla, Puebla, México. i17221370@puebla.tecnm.mx

aplicación a todo tipo de actividades. (Lasa, Álvarez, & de las Heras, 2017)

A través de los años, el método SCRUM se aplica en las empresas, hasta llegar a la conclusión de que hoy es el método ágil más utilizado.

Planteamiento del problema

Durante un año de pandemia de Covid-19 en la empresa surgió la necesidad imperiosa de implementar un sistema que le permita a la empresa dedicada a las ventas de pinturas y líder en la región que le facilite el manejo de información registrada en Microsoft Excel operada por los empleados optimizando funciones administrativas del área de ventas y embarques.

Objetivo general

Desarrollar con framework .NET un panel de seguridad en las áreas de ventas y embarques bajo metodología Ágil-Scrum para control de inventarios.

Objetivos específicos

- Analizar los requerimientos de las áreas de ventas y embarques y las formas de operación actuales.
- Elegir los métodos y lenguajes de programación para alcanzar los resultados esperados por el cliente.
- Crear mapa conceptual, organigrama y presentación de realización de proyecto, así como escalabilidad, tiempos de resultados y trabajo de acuerdo con el método Ágil-Scrum utilizado por la empresa.
- Diseñar el Back-End y Front-End y escalabilidad de la aplicación.
- Implementar y evaluar el desempeño del sitio.

Justificación

La labor de avance tecnológico, digital y de automatización exige un constante cambio y mejora de los procesos utilizando programas informáticos, embebidos, móviles y gadgets para la optimización de sus labores, obteniendo así resultados más precisos en mejores tiempos, aumentando la producción y mejorando la calidad de esta.

The Chaos Report (The Standish Group International, Inc., 2016) indica que la tasa de proyectos fallidos en ambientes de desarrollo ágil ha sido en 2016 del 9%, mientras que en los métodos tradicionales este porcentaje sube hasta el 27%. El reporte indica, además, que utilizar un enfoque ágil de desarrollo incrementa a un 91% las probabilidades de finalizar un proyecto sin que este sea fallido.

Los Equipos SCRUM maximizan oportunidades de obtener retroalimentación una forma iterativa e incremental por la gran organización, asegurando la entrega del producto final en el tiempo establecido.

El portal de NeTec (2022) expone que “La seguridad informática es conformada por medidas de seguridad, como programas de software de antivirus, firewalls, y otras medidas que dependen del usuario, como es la activación de la desactivación de ciertas funciones de software”. En la certeza de que las organizaciones son muy dependientes de Internet y de las TICs, exponiéndolos constantemente a diferentes amenazas, existen miles de ciberinternautas dedicados a aprovechar estas condiciones para cometer acciones delictivas con fines económicos; es por ello por lo que se justifica el desarrollo de una aplicación de escritorio sin conexión a internet utilizando el framework de Microsoft Visual Basic.NET para disminuir considerablemente la vulnerabilidad de la información de la empresa con fechas de entrega muy específica por la relevancia de funcionalidad, eligiendo a la metodología SCRUM como la forma más confiable de contar con entregables concretos en cada avance (*sprint*) y su implementación oportuna.

Enunciado de investigación

La metodología SCRUM garantiza la entrega del desarrollo de un panel de seguridad dentro de un sistema de control de inventarios en VB.NET

Descripción del Método

Partiendo de la información concentrada en un hoja de cálculo que no incluye automatización de tareas (figura 1). Se arranca el diseño a implementar con metodología Ágil Scrum, para poder terminar el proyecto en tiempo y forma se muestra el proceso del 3 de marzo al 29 de abril, se muestra el registro de avance en las figuras 2, 3, 4y 5.

CEDIS	TON.CEDIS	VENTA	ALCANCE	MÍNIMO	MÁXIMO	REQUERIDO	SUG.GRAL	ADICIONAL	SUG.PINTURA	SUG.ACCO	EXCEDIDO	STATUS	CAPACIDAD (TON)
ACAPULCO	95.45	65.92	1.45	24.16	90.08	2.83	0.94	0.04	0.7	0.24	8.2	EMBARCADO	140
CANCÚN			#DIV/0!		0.00	0.00							
COATZACOALCOS	67.62	57.42	1.18	23.23	80.65	17.24	2.37	0.59	1.81	0.56	4.21	EMBARCADO	120
CUERNAVACA	54.41	37	1.47	14.22	51.22	1.46	0.64	0.09	0.44	0.2	4.65	EMBARCADO	120
LEÓN	66.56	46.69	1.43	18.05	64.74	3.86	2.71	0.35	2.6	0.11	5.68	EMBARCADO	90
MÉXICO D.F.	41.27	30.76	1.34	13.11	43.87	9.42	6.3	0.43	5.87	0.43	6.82	X EMB	90
OAXACA	64.32	56.31	1.14	21.35	77.66	17.44	19.29	0.9	18.44	0.85	4.1	X EMB	80
PUEBLA SUR	27.07	30.34	0.89	9.42	39.76	22.09	3.36	0.26	3.35	0.01	9.4	SEMANAL	35
QUERÉTARO	62.24	43.53	1.43	17.32	60.85	4.71	3.12	0.39	3.06	0.06	6.1	EMBARCADO	90
TOLUCA	75.85	52.63	1.44	20.9	73.53	7.68	2.69	0.34	2.5	0.19	10	X EMB	80
TUXTLA	48.04	30.76	1.56	12.37	43.13	4.36	2.44	0.37	2.3	0.14	9.27		85
VILLAHERMOSA	71.61	48.84	1.47	19.37	68.21	9.30	10.31	0.63	9.68	0.63	12.7		140
	674.44										81.13		

Figura 1. Excel versión original.



Figura 2. Proceso con que se inició el proyecto.

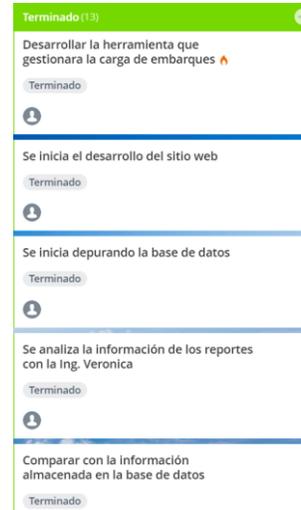


Figura 3. Procesos determinados a Scrum Ágil.



Figura 4. Se muestra el proceso de hasta 29 de abril.

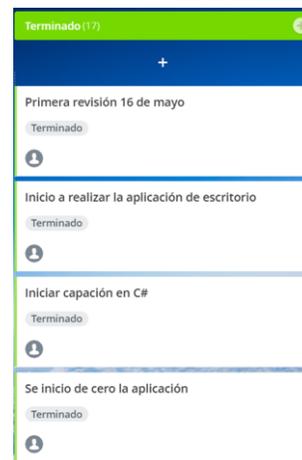


Figura 5. Proceso que se continuo con la nueva planeación.

El siguiente código (figura 6) muestra el proceso para generar el embarque por lo que pida el nivel de ventas.

```
Public i, iteracion, consecutivo As Integer
Public strConsecutivo As String = ""
Public tabla_creada1, bodega, Formato As String
Public cantidad As Double
Public impuesto As Decimal
Dim nfi As NumberFormatInfo = New CultureInfo("en-US", False).NumberFormat

Dim IntervalType As DateInterval

Private Sub BitSalir_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles BitSalir.Click
    Dim p As Process
    For Each p In Process.GetProcesses()
        If Not p Is Nothing Then
            If p.ProcessName = "EXCEL" Then
                p.Kill()
                Exit For
            End If
        End If
    Next
End Sub

Private Sub FrmPlaneacionProduccion_FormClosing(ByVal sender As Object, ByVal e As System.Windows.Forms.FormClosingEventArgs) Handles Me.FormClosing
    e.Cancel = False
    Dim p As Process
    For Each p In Process.GetProcesses()
        If Not p Is Nothing Then
            If p.ProcessName = "EXCEL" Then
                p.Kill()
                Exit For
            End If
        End If
    Next
End Sub
```

Figura 6. Muestra el tonelaje del pedido solicitado para su embarque.

Se crea una hoja en Excel (Figura 7) donde se registrará la información del pedido sugerido y se envía al encargado de embarques para su comprobación y embarque diario. Al final del mes (periodo) se realiza un acumulativo, ese archivo se remite a los directivos para su análisis y toma de decisiones.

```

If TablaDBGral.Rows.Count < 1 Then
    MsgBox.Show("Primero debe mostrar la información en la Pantalla!, Verifique", "Aviso", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Exclamation)
    Exit Sub
End If
Me.Cursor = Cursors.WaitCursor
TablaDBVtaPorcF.Clear()
TablaDBVtaPorcF = Nothing
Dim m_Excel
Dim objLibroExcel
Dim objHojaExcel
m_Excel = CreateObject("Excel.Application")
objLibroExcel = m_Excel.Workbooks.Add()
objHojaExcel = objLibroExcel.Worksheets(1)
    
```

Figura 7. Código que crea el archivo Excel.

Se genera información con la cual se calculan las ventas acumuladas (figura 8), los datos se cargarán en Microsoft Excel; así como un acumulador de cargas de vinílica y esmaltes. Ver figura 9.

```

If TabAcumuladoVentas.SelectedTab.Name = "TabVtasUnidades" And DGVtasUnidades.RowCount > 0 Then
    objHojaExcel.Name = "PlanificadorVTAPZAS_" + CmbCEDIS.SelectedItem.ToString & "_" & Now.Hour.ToString & Now.Minute & Now.Second
    TablaDBVtaPorcF = TablaDBVtaUnl.Copy
End If
If TabAcumuladoVentas.SelectedTab.Name = "TabVtasLitros" And DGVtasLitros.RowCount > 0 Then
    objHojaExcel.Name = "PlanificadorVTALIT_" + CmbCEDIS.SelectedItem.ToString & "_" & Now.Hour.ToString & Now.Minute & Now.Second
    TablaDBVtaPorcF = TablaDBVtaLit.Copy
End If
If TabAcumuladoVentas.SelectedTab.Name = "TabVtasKilos" And DGVtasKilos.RowCount > 0 Then
    objHojaExcel.Name = "PlanificadorVTAKIL_" + CmbCEDIS.SelectedItem.ToString & "_" & Now.Hour.ToString & Now.Minute & Now.Second
    TablaDBVtaPorcF = TablaDBVtaKil.Copy
End If
If TabAcumuladoVentas.SelectedTab.Name = "TabCargas" And DGVcargas.RowCount > 0 Then
    objHojaExcel.Name = "PlanifCARGASESM_" + CmbCEDIS.SelectedItem.ToString & "_" & Now.Hour.ToString & Now.Minute & Now.Second
    TablaDBVtaPorcF = TablaDBcargas.Copy
End If
If TabAcumuladoVentas.SelectedTab.Name = "TabCargasV" And DGVcargasV.RowCount > 0 Then
    objHojaExcel.Name = "PlanifCARGASVIN_" + CmbCEDIS.SelectedItem.ToString & "_" & Now.Hour.ToString & Now.Minute & Now.Second
    TablaDBVtaPorcF = TablaDBcargasV.Copy
End If
If TabAcumuladoVentas.SelectedTab.Name = "TabExpMat" And DGVExpMat.RowCount > 0 Then
    objHojaExcel.Name = "Hoja1"
    TablaDBVtaPorcF = TablaDBExpMat.Copy
End If
    
```

Figura 8. Acumulador de ventas.

```

If TabAcumuladoVentas.SelectedTab.Name = "TabDetalleCargasVin" And DGVDetalleCargas.RowCount > 0 Then
    objHojaExcel.Name = "PlanifAdicionales_" + CmbCEDIS.SelectedItem.ToString & "_" & Now.Hour.ToString & Now.Minute & Now.Second
    TablaDBVtaPorcF = tablaDBDetalleCragasVin.Copy
End If
If TabAcumuladoVentas.SelectedTab.Name = "TabDetalleCargasEsm" And DGVDetalleCargasEsm.RowCount > 0 Then
    objHojaExcel.Name = "PlanifAdicionales_" + CmbCEDIS.SelectedItem.ToString & "_" & Now.Hour.ToString & Now.Minute & Now.Second
    TablaDBVtaPorcF = tablaDBDetalleCragasEsm.Copy
End If

objHojaExcel.Visible = Excel.XLSheetVisibility.xlSheetVisible
objHojaExcel.Activate()
    
```

Figura 9. Acumulador de cargas de vinílica y esmaltes.

Se realiza un pronóstico de ventas dependiendo como lo requiera cada centro de distribución o CEDIS. Ver figura 10.

```
Private Sub FrmPronosticoVentas_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles MyBase.Load
    IntervalType = DateInterval.Year

    With CmbCEDIS
        .Items.Add("PUJE")
        .SelectedIndex = 0
    End With

    With CmbAñosVisual
        .Items.Add("2017")
        .Items.Add("2018")
        .Items.Add("2019")
        .Items.Add("2020")
        .Items.Add("2021")
        .Items.Add("2022")
        .Items.Add("2023")
        .Items.Add("2024")
    End With

    CmbAñosVisual.SelectedIndex = 0
    For a As Integer = 0 To CmbAñosVisual.Items.Count
        CmbAñosVisual.SelectedIndex = a
        If CmbAñosVisual.SelectedItem.ToString = Convert.ToString(Now.Year) Then
            Exit For
        End If
    Next

    With CmbMeses
        .Items.Add("1")
        .Items.Add("2")
        .Items.Add("3")
        .Items.Add("4")
        .Items.Add("5")
        .Items.Add("6")
        .Items.Add("7")
        .Items.Add("8")
        .Items.Add("9")
        .Items.Add("10")
        .Items.Add("11")
        .Items.Add("12")
    End With

    CmbMeses.SelectedIndex = 1
    For i As Integer = 0 To CmbMeses.Items.Count
        CmbMeses.SelectedIndex = i
        If CmbMeses.SelectedItem.ToString = Convert.ToString(Now.Month) Then
            Exit For
        End If
    Next
End Sub
```

Figura 10. Pronóstico de ventas.

Se realiza el proceso liberación de ordenes por día, número de semana y la orden de producción. Ver figura 11.

```
TotVtaPzas = TotVtaPzas + Convert.ToDouble(TablaDBGral.Rows(r).Item(5).ToString())
TotVtaLtos = TotVtaLtos + Convert.ToDouble(TablaDBGral.Rows(r).Item(7).ToString())
minimos = minimos + Convert.ToDouble(TablaDBGral.Rows(r).Item(8).ToString())
maximos = maximos + Convert.ToDouble(TablaDBGral.Rows(r).Item(9).ToString())
TotCant_Disponible = TotCant_Disponible + Convert.ToDouble(TablaDBGral.Rows(r).Item(10).ToString())
TotExistencia_actual = TotExistencia_actual + Convert.ToDouble(TablaDBGral.Rows(r).Item(13).ToString())
Tot_Pzas_produccion = Tot_Pzas_produccion + Convert.ToDouble(TablaDBGral.Rows(r).Item(11).ToString())
Tot_Ltos_produccion = Tot_Ltos_produccion + Convert.ToDouble(TablaDBGral.Rows(r).Item(12).ToString())
PzasPorProducir = PzasPorProducir + Convert.ToDouble(TablaDBGral.Rows(r).Item(18).ToString())
LtsPorProducir = LtsPorProducir + Convert.ToDouble(TablaDBGral.Rows(r).Item(19).ToString())

Adicional = Adicional + Convert.ToDouble(TablaDBGral.Rows(r).Item(16).ToString())
Fabricados = Fabricados + Convert.ToDouble(TablaDBGral.Rows(r).Item(20).ToString())
TotSalidas = TotSalidas + Convert.ToDouble(TablaDBGral.Rows(r).Item(6).ToString())
```

Figura 11. Muestra los datos procesados que serán exportarán e Excel.

Se añadió al sistema un módulo para cálculo de comisiones por ventas colaboradores de la empresa. Figura 12.

FECHA_FACTURA	DOCUMENTO	MONTO_LOCAL	SALDO_LOCAL	NOMBRE_CUENTE	MONTO	CATEGORIA	DIAS_NETO	COMISION
01/07/2022	FPCA02210	481 00000000	481 00000000	NELLY DIMAYUGA ESTRADA	414.66	R	30	18.66
01/07/2022	FPCA02214	9465 78000000	9465 78000000	GLAFIRA RAFAELA CRUZ	8160.16	R	30	367.21
04/07/2022	FPCA02217	12961 38000000	12961 38000000	GRISSEL ROMERO DIMAYUGA	11173.6	T	30	335.21
04/07/2022	FPCA02218	14231 35000000	0 00000000	ANA LILIA HERNANDEZ VIVIANO	12268.41	R	9	552.08
04/07/2022	FPCA02219	14238 16000000	0 00000000	IMPERMEABILIZANTES Y RECUBRIMIENTOS CO..	12274.28	G	30	552.34
06/07/2022	FPCA02222	3835 94000000	3835 94000000	GRISSEL ROMERO DIMAYUGA	3306.84	T	30	99.21
06/07/2022	FPCA02224	481 00000000	481 00000000	NELLY DIMAYUGA ESTRADA	414.66	R	30	18.66
06/07/2022	FPCA02223	481 00000000	0 00000000	RICARDO ZERMEÑO MANZO	414.66	R	9	18.66
07/07/2022	FPCA02231	2014 73000000	0 00000000	CRESCENCIANO HUERTA VICTORIANO	1736.84	D	30	78.16
08/07/2022	FPCA02235	10323 41000000	0 00000000	IMPERMEABILIZANTES Y RECUBRIMIENTOS CO..	8899.49	G	30	406.48
08/07/2022	FPCA02232	35758 66000000	35758 66000000	GRISSEL ROMERO DIMAYUGA	30826.43	T	30	924.79
08/07/2022	FPCA02233	38175 69000000	38175 69000000	GRISSEL ROMERO DIMAYUGA	32910.08	T	30	967.30
08/07/2022	FPCA02234	6150 41000000	6150 41000000	GRISSEL ROMERO DIMAYUGA	5302.08	T	30	158.06
11/07/2022	FPCA02237	41515 50000000	41515 50000000	ANGELICA MARIA CAYETANO UREÑA	35789.22	X	30	1073.68
11/07/2022	FPCA02240	7460 29000000	7460 29000000	GRISSEL ROMERO DIMAYUGA	6431.28	T	30	192.54
11/07/2022	FPCA02242	7204 86000000	7204 86000000	GRISSEL ROMERO DIMAYUGA	6211.09	T	30	186.33
11/07/2022	FPCA02236	25083 82000000	0 00000000	GUADALUPE DOROTEO MENDOZA	21623.96	D	9	973.08
11/07/2022	FPCA02239	3585 00000000	3585 00000000	NELLY DIMAYUGA ESTRADA	3090.52	R	30	139.07
11/07/2022	FPCA02238	28735 64000000	0 00000000	IMPERMEABILIZANTES Y RECUBRIMIENTOS CO..	24772.1	G	30	1114.74
12/07/2022	FPCA02243	2249 61000000	0 00000000	IMPERMEABILIZANTES Y RECUBRIMIENTOS CO..	1939.32	G	30	87.27
12/07/2022	FPCA02244	1124 80000000	0 00000000	IMPERMEABILIZANTES Y RECUBRIMIENTOS CO..	969.66	G	30	43.63
13/07/2022	FPCP19325	12253 77000000	0 00000000	DIANA HERNANDEZ LUCENA	10563.59	P	9	475.36

SELECCIONAR RANGO DE FECHA
 DESDE: viernes, 1 de julio ZONA: ACAPULCO COM. PINTURA: 15117.66
 HASTA: domingo, 31 de julio VENDEADOR: LSS COM. ACCO: 0.00
 TOTAL: 15117.66

CALCULAR COMISIONES

Figura 12. Panel de Cotización de comisiones a vendedores.

Comentarios Finales

En breves palabras, la metodología Ágil Scrum supervisó el exitoso cumplimiento de las actividades del cronograma inicial sobre el que se evaluaron los progresos del panel de seguridad en el sistema de escritorio.

El proceso de SCRUM además involucró los eventos implicados, objetos programables para Excel y sus relaciones en el sistema. SCRUM maximizó oportunidades de retroalimentación recibida de todos los involucrados en una forma más iterativa e incremental para la empresa, asegurando la entrega del producto final en el tiempo establecido e incluso con anticipación. Ofreció un diseño ampliado con el módulo extra en el panel para cotizar las comisiones a vendedores.

Resumen de resultados

Es posible probar que la entrega de software cumplió en cada *Sprint* con los avances pronosticados y por mucho, tiempo antes del estipulado en el cronograma inicial; gracias a esto, se añadió un proceso de cálculos de las comisiones a vendedores. Este desarrollo creó un panel de seguridad dentro del sistema de información en VB.NET que gestiona información completa de las ventas y embarques con datos almacenados y visualizados en tiempo real sobre una innovadora y amigable interfaz gráfica en Microsoft EXCEL que contempla las tablas de acumulados correspondientes ofreciendo un control total en el inventario de la empresa. Ver figura 13.

Color	Familia	Artículo	Descripción	Meses de Venta	Venta Pzas.	Salidas Lts.	Salidas Minimos	Salidas Maximos	Existencia Inicial (Pza.)	Prod. Mensual Pzas.	Existencia Actual	Reservada (Pza.)	Alcance en Dias	Adicional	Back-Order	Pzas. a Prod.	Lts a Prod.	Fabricadas (Pza.)	Cantidad Planeada	Salidas Periodo
1122	MAD	004-1...	BAR...	12	16	30	15	30	32	13	91	0	73	0	10	-531	-2.124	544	0	13
1123	MAD	250-1...	BAR...	12	176	219	55	110	220	60	269	125	24	14	0	-2.239	-560	2.508	0	18
135	BAA	004-135	ACA...	12	20	17	68	7	14	12	36	4	51	0	10	-259	-1.036	271	0	2
137	BAA	019-137	ACA...	12	5	5	95	2	4	27	0	7	0	34	0	1	0	0	0	0
1404	MAD	250-1...	BAR...	11	19	13	3	6	12	4	15	70	0	129	0	-141	-35	156	0	3
145	BAA	004-145	ACA...	12	16	13	52	5	10	32	0	35	0	65	0	-163	-652	163	0	1
1521	BAA	019-1...	VIP G...	9	3	5	95	2	4	18	0	15	0	72	0	0	0	0	0	0
1525	BAA	019-1...	VIP LI...	4	3	2	38	1	2	33	0	30	0	360	0	0	0	0	0	0
1527	BAA	004-1...	VIP P...	8	2	2	8	1	2	0	3	0	0	1	2	4	16	0	0	0

Figura 13. Panel de Planeación de producción.

Conclusiones

El proyecto “Panel de seguridad en las áreas de ventas y embarques” alcanzó a cubrir la solicitud de automatización computacional de la empresa, planteada como una aplicación segura, económica y eficiente. Asimismo, se terminó en el tiempo establecido, teniendo como resultado un impacto positivo, ya que logró establecer una interconexión digital entre dos de las áreas prioritarias de la empresa, y así continuar con un crecimiento sostenido financieramente.

Recomendaciones

Se sugiere aplicar un proceso de respaldo permanente para asegurar la integridad de la información generada periódicamente. Los procesos automatizados ya contemplados en la interfaz gráfica son susceptibles de mejoras que con la programación de más macros en Excel amplíen las funcionalidades administrativas futuras del negocio.

Referencias

Netec Global Knowledge (2022). ¿Qué es seguridad informática? Consultado el 11 de febrero de 2023 en internet. Dirección <https://www.netec.com/que-es-seguridad-informatica>

Lasa, C., Álvarez, A., & de las Heras, R. (2017). Métodos Ágiles. Scrum, Kanban, Lean. ANAYA.

Saraclip. (21 de 04 de 2020). Cronología de la creación de Scrum. Obtenido de <https://www.saraclip.com/cronologia-de-la-creacion-de-scrum/>

Sutherland, K. S. (20 de 01 de 2023). La Guía Scrum. Obtenido de <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-Spanish-European.pdf>

Takeuchi, H., & Nonaka, I. (1986.). The New Product Development Game. Harvard Business Review.

A Temperature Sensor Using a Peanut-Shape Structure Michelson Interferometer

Dr. Javier Antonio Martin Vela¹, Dr. Juan Manuel Sierra Hernández², Dra. Eloísa Gallegos Arellano³, Dr. Julián Moisés Estudillo Ayala⁴
M.I. Mario Rodolfo Chan Chi⁵, M.T.I. Janet Pech de la Portilla⁶,
M.I. Carlos Humberto López May⁷ y Dr. José Ramón Martínez Angulo⁸

Abstract—This work presents a temperature sensor using a peanut-shape structure Michelson interferometer (MI) made with one piece of single mode fiber (SMF) and a non-zero dispersion-shifted fiber (NZ-DSF) segment of 5 cm in length. The MI was implemented by fusion splicing one section of a NZ-DSF fiber and one piece of single mode fiber (SMF). Here, the NZ-DSF core and cladding were used as the arms of the MI. Thus, a MI interference spectrum with a fringe contrast (FC) of about 20 dB was observed. Moreover, its response spectrum was experimentally characterized to the temperature parameter and a sensitivity of 108.99 pm/°C 1544 – 1554 nm was achieved. Finally, these MIs can be implemented in a compact size and low cost.

Keyword— Fiber optic sensor; Michelson interferometer; Temperature, single mode fiber.

Introduction

In recent years, interferometric fiber optic sensors [Lee Byeong 2012] have been widely studied for measuring various physical parameters such as humidity, pressure, temperature, curvature, refractive index and torsion. Some advantages of this type of sensors are: compact size, high sensitivity, low cost and immunity to electromagnetic interference. So far, different fiber optic sensor arrays have been proposed, using bragg gratings (FBG), LPGF, Mach-Zehnder, Photonic Crystal Fiber, Fabry-Perot and Michelson [Villatoro2016, Fu X 2015, Kim H-M 2010, Boxk W 2007, Nalawade S 2012].

With this last type of interferometer, several eperimetric arrays have been realized to sense temperature [Di Wu 2012], refractive index [Fangda Yu 2019], humidity [Pengbing Hua 2014] and liquid level [Yanelly B 2021]; in particular with the temperature parameter fiber optic sensing is gradually replacing the traditional temperature measurement, which is performed by electronic type temperature sensors.

In [Dong Xie 2017] they demonstrated that temperature can be sensed using a modified MI, i.e. in the structure of the interferometer formed by two mirrors, on one side they placed the sample and commented that the accuracy could be improved, using a nonlinear medium. Other techniques that have been implemented to realize temperature, [Pengbing Hua 2014] here were based on a bitaper, splicing a section of thin core fiber section (TCF) with a section of single-mode fiber (SMF), making a bi-connection of the fiber at the point of splice point of the SMF and TCF, achieved a sensitivity of 0.140 nm/°C in a range of 30°C to 800°C. In [Di Wu 2012] they used a peanut-shape structure achieving a fringe visibility of about 18 dB with a sensitivity of 0.096 nm/°C with a range of 100 to 900°C. Another MI structure [Jui-Ming Hsu 2014] was realized with liquid-filled photonic crystal fiber based on material dispersion engineering. Here they perform numerical simulations and report that the liquid inside the photonic crystal makes the MI more sensitive to the temperature parameter.

An MI has also been used to sense refractive index as in [Zhengyong Li 2014], here to form the MI, they spliced a section of thin-core fiber between two sections of single-mode fiber (SMF), with a sensitivity sensitivity of -208.24

¹ Dr. Javier Antonio Martin Vela es Profesor Investigador de Tecnologías de información del Tecnológico Nacional de México Campus Conkal javier.mv@conkal.tecnm.mx (autor corresponsal)

² Dr. Juan Manuel Sierra Hernández es Profesor investigador del Departamento de Ingeniería Electrónica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, de la Universidad de Guanajuato jm.sierrahernandez@ugto.mx

³ Dra. Eloísa Gallegos Arellano es Profesora de la Universidad Tecnológica de Salamanca egallegos@utsalamanca.edu.mx

⁴ Dr. Julián Moisés Estudillo Ayala es Profesor investigador del Departamento de Ingeniería Electrónica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, de la Universidad de Guanajuato julian@ugto.mx

⁵ M.I. Mario Rodolfo Chan Chi es Profesor de Tecnologías de información del Tecnológico Nacional de México Campus Conkal mario.cc@conkal.tecnm.mx

⁶ M.T.I. Janet Pech de la Portilla es Profesora de Tecnologías de información del Tecnológico Nacional de México Campus Conkal. janet.pd@conkal.tecnm.mx

⁷ M.I. Carlos Humberto López May es Profesor de Tecnologías de información del Tecnológico Nacional de México Campus Conkal carlos.lm@conkal.tecnm.mx

⁸ Dr. José Ramon Martínez Angulo es Profesor Investigador de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas jrangulo@docentes.uat.edu.mx

and 125.44 dB/RIU at the refractive index of 1,440 and 1,500, respectively. Another type of MI [Pengbing Hu 2014] was used to sense humidity; it is based on a chitosan-coated bitaper; humidity changes the interference pattern of the sensor through the refractive index of the chitosan coating, causing a change in wavelength. The sensitivity is from 26 pm/%RH to 135 pm/%RH.

In this work, a Michelson type intermodal interferometer (MI, Michelson Interferometer) based on a displaced scattering fiber as the main element is presented. The interferometer was implemented by splicing a Non-Zero Fiber (NSF) segment and a Single-Mode Fiber (SMF) segment. The structure is a peanut-shape MI, and was developed in a fitels175 splicer, the main operation is discussed, as well as the results of the experiments applying temperature and its spectral response characterization,

Experimental Setup

Fig. 1 depicts the experimental arrangement of the temperature sensor implemented with the michelson peanut-shape structure.

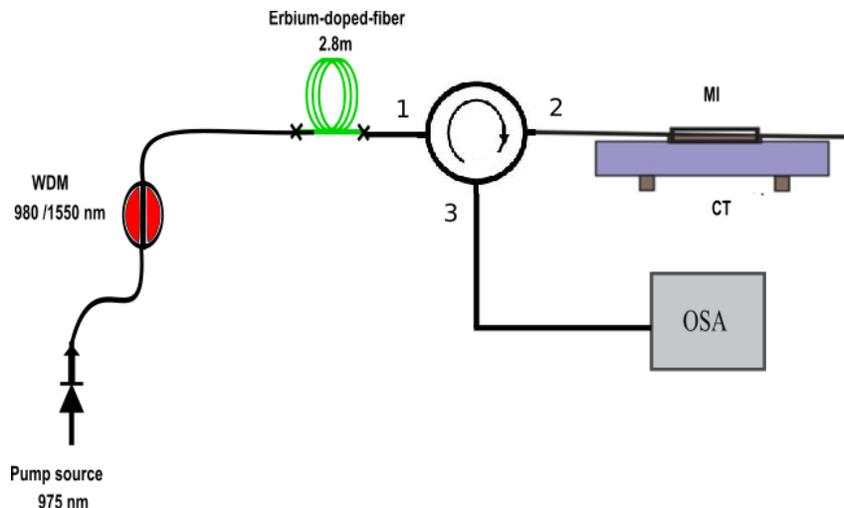


Fig 1. Experimental setup.

Here, 980 nm/1550 nm wavelength division multiplexer (WDM) launches the pumping power of a 975 nm laser semiconductor diode (Qphotonics, model QFBGLD-980-350) . The active medium is a 2.8 m segment of erbium-doped fiber (Thorlabs, model M12-980-125) with a concentration of 300 ppm and small-signal absorption at 980 nm of 11.5 dB/m, whose length was determined experimentally to maximize the amplified spontaneous emission. Next, we inserted a optical circulator. The 3 port is connected to an optical spectrum analyzer (Yokogawa, ModelAQ6370B) with a resolution of 0.02 nm. The 2 output port was applied to the MI mounted over a temperature control to apply temperature of 10 °C to 100 °C.

MI Fabrication process and operation principle

For the purpose of fabricating the MI, one conventional single mode fibers (SMF-28) and a segment of a non-zero dispersion-shifted fiber (Corning Fiber Model SMFLF) were used. In Figure 1 a cross-section microscope image of the used NZ-DSF is shown. Here, it can be observed that the NZ-DSF has a core diameter of 5.8 μm, a cladding diameter of 125 μm and a ring core diameter of 16 μm but it is important to point out that, this ring core has only a thickness of 3 μm. Moreover, the effective refractive indexes layers are: $n_{core} = 1.4598$, $n_{ring} = 1.4498$, $n_{clad} = 1.4458$ for the core, ring core and cladding respectively [L.V. Nguyen 2008].

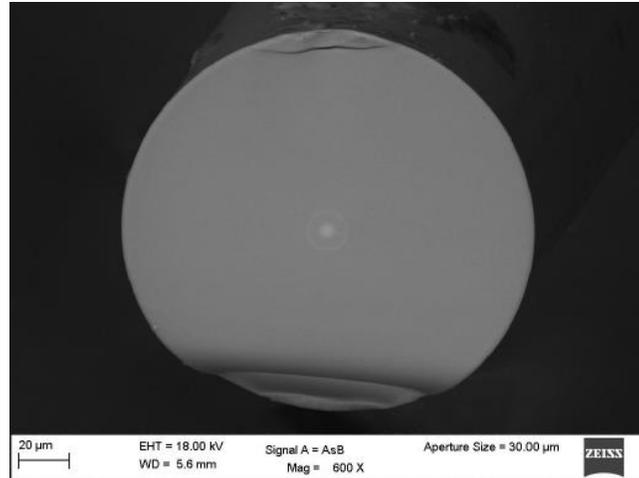


Fig. 2 Image of Non-zero dispersion-shifted fiber cross section

In the MI fabrication process, a high-precision spectrum analyzer (OSA; Yokogawa, ModelAQ6370B) is used to monitor the interference spectrum of the sensor with a resolution of 0.02 nm, respectively. A Fitel S175 arc fusion splicing machine is used to join and fabricate the sensors. During the fabrication process of the Michelson interferometer, a conventional single-mode fiber (SMF) segment and a displaced dispersion fiber segment are spliced together, the cores of both fibers are placed in an aligned manner, then several discharges are performed, and horizontal approaches are made between these fibers, in order to create our bubble, thus being able to obtain the diffraction phenomenon.

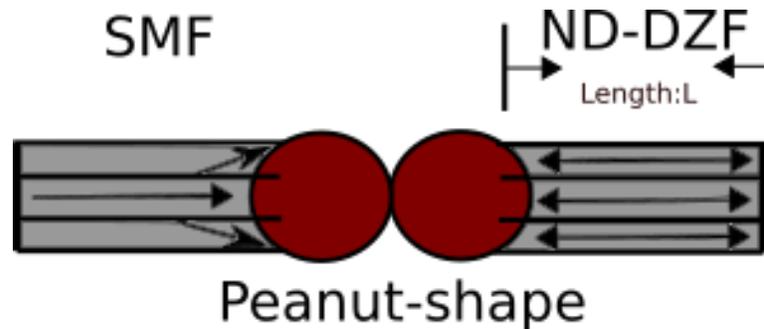


Fig. 3. Schematic diagram of the MI fabricated

The principle of operation is as follows, the input optical signal is split into two optical paths in the peanut-shape structure, along the core and cladding of the fiber, respectively, and then recombined when reflected at the end of the displaced dispersion fiber, due to the difference of the refractive index with the air (the end of this fiber works as a mirror). Due to the phase difference between the core and the cladding, the Michelson interferometer can be used to measure many parameters such as temperature. The relative phase difference of the two interfering modes can be described as

$$4\pi(n_{eff1}^{co} - n_{eff1}^{cl,m}) \frac{L}{\lambda_N} = (2N + 1)\pi \quad (1)$$

Where n_{eff1}^{co} y $n_{eff1}^{cl,m}$ are the effective index of the core and cladding respectively. L is the length of the peanut-shape structure and the displaced dispersion fiber section that was spliced. λ_N is the central wavelength of the interference pattern spectrum of order N, and N is an integer.

The temperature sensitivity of the Michelson interferometer can be calculated by:

$$\frac{d\lambda_N}{dT} = \left[\frac{1}{n_{eff1}^{co} - n_{eff1}^{cl,m}} \left(\frac{dn_{eff1}^{co}}{dT} - \frac{dn_{eff1}^{cl,m}}{dT} \right) + \frac{1}{L} \frac{dL}{dT} \right] \quad (2)$$

When the temperature changes, due to the thermal expansion effect of the material, the interference pattern will change, i.e. there will be more lobes in its spectrum. At the same time, the thermo-optical coefficients of the cladding

fiber core are different. The impact of these two aspects causes changes in the wavelength as a function of temperature changes.

Experimental results and discussion.

Fig. 4 shows the spectrum of the MI, measured for a laser diode current of $I_{feed} = 110$ mA. Here, the visibility is ~ 20 dB, whereas the measured FSR is $\Delta\lambda \approx 4.96$ nm. This is verified by the FFT in Fig. 4 b, where the transmission spectrum shows a spatial frequency component at 0.1 nm⁻¹ [37].

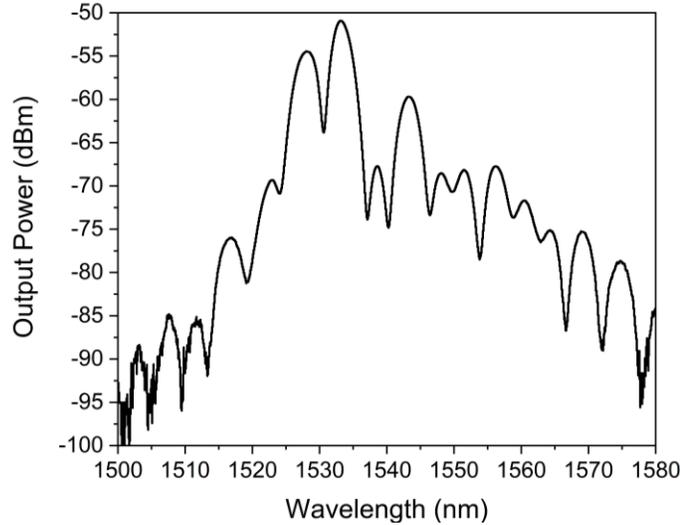


Fig 4. spectrum of the MI

Applying the Fourier transform, it is possible to determine $\Delta\lambda$ (the separation between two sinusoidal spectral fringes) for each of the sinusoidal interference patterns that make up the main IM spectrum (Fig. 5).

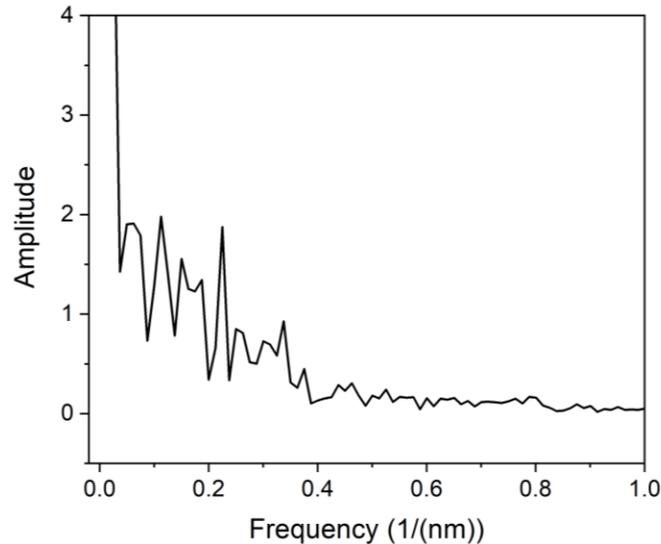


Fig 5. FFT of the transmission spectrum of the MI

To determine the number of interferences produced by the MI spectrum, the magnitude of the Fourier transform of our MI spectrum was evaluated and its result is shown in Figure 5. Here it can be seen that four strongest peaks occur at spatial frequencies 1,2,3 and 4. Here it is important to note that for each sinusoidal interference pattern a very well defined peak will be observed in the spatial frequency spectrum.

The spatial frequency at which the peak occurs will be related to the effective refractive index difference which is given by $\Delta n_e = (\xi\lambda_0^2)/L$; where ξ is the spatial frequency at which the impulse occurs. Therefore, from

the spatial frequency spectrum (Fig. 5), four well-defined main peaks can be observed, so it can be stated that there are four values of Δn_e in the configuration.

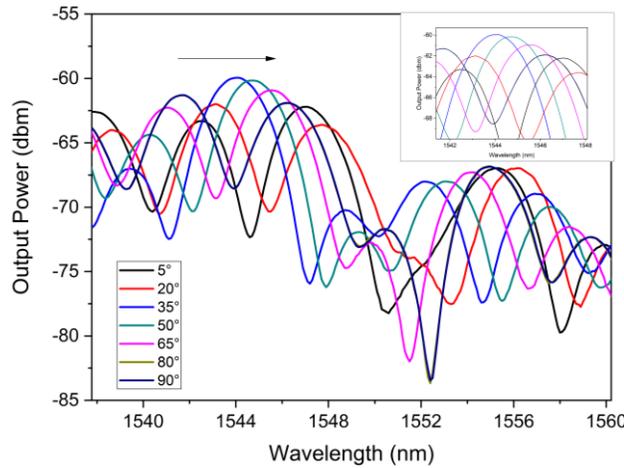


Fig 6. Spectrum for different temperature values

For the temperature measurements of the MI the arrangement of Fig. 1 was used; to vary the temperature a hot plate was used where the MI was placed, the temperature range of the hot-plate is 10-90 °C, the temperature was modified 10 by 10 °C, the maximum temperature was set at 90 °C, because after this temperature an interference pattern was no longer generated.

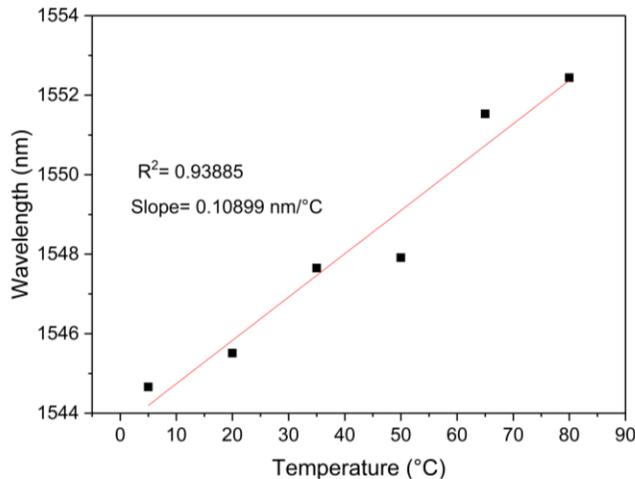


Fig 7. Wavelength shifting as a function of the temperature

As can be seen in Fig. 6, when the temperature increases, a shift to the right in the interference pattern is observed. This wavelength shift is related to changes in phase difference between the modes involved in the interference spectrum. These changes can be attributed to the variation of the cavity length and/or changes in the modal effective refractive index. This type of MI showed a linear wavelength shift response with increasing temperature, see Fig. 7.

Conclusions

We presented a temperature sensor using a peanut-shape structure Michelson interferometer (MI) made with one piece of single mode fiber (SMF) and a non-zero dispersion-shifted fiber (NZ-DSF) segment of 5 cm in length. This sensor was experimentally characterized to the temperature parameter and a sensitivity of 108.99 pm/°C 1544 – 1554 nm. In future work, the application of this all fiber structure in a cavity fiber laser will be analyzed.

References

- Lee Byeong Ha, Young Ho Kim, et al., "Interferometric fiber optic sensors", *Sensors* 12 (3) (2012) 2467–2486.
- Villatoro, J.; Van Newkirk, A.; Antonio-Lopez, E.; Zubia, J.; Schulzen, A.; Amezcua-Correa, R. "Ultrasensitive vector bending sensor based on multicore optical fiber". *Opt. Lett.* 2016, 41, 832–835.
- Fu, X.; Xie, H.; Zeng, X.; Fu, G.; Bi, W. "Refractive index insensitive temperature sensor based on specialty triple-clad fiber." *Opt. Express* 2015, 23, 2320–2327.
- Kim, H.-M.; Kim, T.-H.; BongKyun, K.; Youngjoo, C. "Temperature-insensitive torsion sensor with enhanced sensitivity by using of highly birefringence photonic crystal fiber". *IEEE Photon. Technol. Lett.* 2010, 22, 579–583.
- Bock, W.; Chen, J.; Mikulic, P.; Eftimov, Y.; Korwin-Pawlowski, M. "Pressure sensing using a periodically tapered long-period grating written in photonic crystal fiber". *Meas. Sci. Technol.* 2007, 18, 3098.
- Nalawade, S.M.; Harnol, S.S.; Thakur, V. "Temperature and strain independent modal interferometric torsion sensor using photonic crystal fiber". *IEEE Sens. J.* 2012, 12, 2614–2615.
- Di Wu, Tao Zhu, Min Liu, "A high temperature sensor based on a peanut-shape structure Michelson interferometer", *Optics Communications* 285 (2012) 5085–5088.
- Fangda Yu, Peng Xue, Xiaowei Zhao, Jie Zheng, "Investigation of an in-line fiber Mach-Zehnder interferometer based on peanut-shape structure for refractive index sensing", *Optics Communications* 435 (2019) 173–177
- Pengbing Hua, Xinyong Donga, Kai Nia, Li Han Chenb, Wei Chang Wongb, Chi Chiu Chanb, "Sensitivity-enhanced Michelson interferometric humidity sensor with waist-enlarged fiber bitaper", *Sensors and Actuators B* 194 (2014) 180–184
- Yanely B. Machuca-Bautista, Marija Strojnik, Jorge L. Flores, David I. Serrano-García, Guillermo García-Torales, "Michelson interferometer for phase shifting interferometry with a liquid crystal retarder", 2021, *Results in Optics* 5, 100197
- L.V. Nguyen, D Hwang, S. Moon, D.S. Moon, and Y. Chung, High temperature fiber sensor based on core diameter mismatch, *Opt Express* 16 (2008), 11369–11375.
- Jui-Ming Hsu, Jing-Shyang Horng, Chia-Ling Hsu, Cheng-Ling Lee, "Fiber-optic Michelson interferometer with high sensitivity based on a liquid filled photoniccrystal fiber", *Optics Communications* 331(2014)348–352
- Zhengyong Li, Yiping Wang, Changrui Liao, Shen Liu, Jiangtao Zhou, Xiaoyong Zhong, Yingjie Liu, Kaiming Yang, Qiao Wang, Guolu YinKey, "Temperature-insensitive refractive index sensor based on in-fiberMichelson interferometer", *Sensors and Actuators B* 199 (2014) 31–35
- Dong Xie, Chun ling Xu, An MinWang, "Michelson interferometer for measuring temperature", 2017, *Physics Letters A*, Volume 381, Issue 36.
- Pengbing Hu, Xinyong Dong, Kai Ni, Li Han Chen, Wei Chang Wong, Chi Chiu Chan, "Sensitivity-enhanced Michelson interferometric humidity sensor with waist-enlarged fiber bitaper", *Sensors and Actuators B* 194 (2014) 180–184

Biographical Notes

Dr. Javier Antonio Martín Vela, graduated from the Electronic Engineering course at the Instituto Tecnológico de Mérida in 2002, Mérida Yucatán. Master's degree in Engineering from the University of Guanajuato in 2004, Salamanca Guanajuato and Dr. in Electrical Engineering from the University of Guanajuato in 2020. He is currently part of the academic plant of the career of Engineering in Information Technology and Communications of the Technological Institute of Conkal, Yucatán.

Dr. Juan Manuel Sierra Hernández received the bachelor's degree in electromechanical engineering in 2005 and the master's and Ph.D. degrees in electrical engineering from the Universidad de Guanajuato, Guanajuato, Mexico, in 2011 and 2014, respectively. In 2014, he realized a research internship in the University of Dayton, Dayton, OH, USA. Since 2015, he has been with the Universidad de Guanajuato as a Researcher Professor Titular A. His research interests include optical fiber sensors, optical fiber micro structured devices, and optical fiber lasers.

Dra. Eloísa Gallegos Arellano, graduated with a master's degree and doctorate in electrical engineering from the University of Guanajuato, in Salamanca Guanajuato, is part of the academic plant of the Technological University of Salamanca in the department of mechatronics.

Dr. Julián M. Estudillo Ayala received the M.S. and Ph.D. degrees in optics from The National Institute of Astrophysics, Optics and Electronics (INAOE), Mexico, in 1998 and 2001 respectively. He is currently a Professor with the University of Guanajuato, Mexico. He has more than 19 years of experience in teaching and research duties in physics, photonics, optical fibers, fiber laser, and fiber optic sensors. He was elevated to Senior Member of the Optical Society of America (OSA) in 2019.

M.I. Carlos Humberto López May, graduated in electronic engineering from the Instituto Tecnológico de Mérida in 2002, Mérida Yucatán. Master's degree in Engineering from the University of Guanajuato in 2004, Salamanca Guanajuato. He is currently part of the academic plant of the Information and Communications Technology Engineering program at the Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán.

El M.I. Mario Rodolfo Chan Chi, graduated with a Bachelor's degree in Computer Science from the Instituto Tecnológico de Conkal in 2007, Conkal, Yucatán. Master's Degree in Computer Science from the Universidad Hispanoamericana Justo Sierra in 2015, Campeche, Campeche. He is currently part of the academic plant of the career of Engineering in Information Technology and Communications of the Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán.

La M.T.I. Janet Guadalupe Pech de la Portilla, graduated with a degree in Computer Systems Engineering from the Instituto Tecnológico de Mérida in 1994 in the city of Merida, Yucatan, Mexico. She obtained her Master's degree in Information Technology in 2011 from Universidad Latino. She is currently part of the academic plant of the career of economic and administrative sciences of the Instituto Tecnológico de Conkal in the academy of Information Technology and Communication, auditor of quality management systems, environmental, energy and gender equality and non-discrimination.

Dr. Jose Ramón Martínez Angulo, graduated from the Electronic Engineering course at the Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria Tamaulipas in 2004. Master's degree in Engineering from the Politecnico University of Victoria in 2011, and Dr. in Electrical Engineering from the University of Guanajuato in 2020. He is currently part of the academic plant of the autónoma university of Tamaulipas in Ciudad Victoria, Tamaulipas..

Construcción y Caracterización de una Celda Solar a Base de Diodos

Gustavo Méndez Pérez¹, Raquel Ramírez Amador²,
Marco Antonio Borja Tostado³, Gildardo Tlapechco Meneses⁴
Brandon Orduño Zambrano⁵, Eduardo Hernández Mellado⁶
Jair Cárdenas Flores⁷, Juan Balcón Camacho⁸.

Resumen—Las celdas solares a base de silicio, son el tipo de celdas más comunes en el mercado, ya que este tipo de material es abundante en la superficie terrestre, ahora bien, debido a que no se cuenta con el laboratorio y equipo para fabricar una; para poder conocer y entender el proceso de conversión de energía solar a energía eléctrica que se da en una celda solar, se optó por realizar una celda solar utilizando diodos semiconductores, los cuales son fabricados a base de silicio tipo n y p. Y a su vez tiene la finalidad de obtener conocimiento referente a energías renovables, así como de aprendizaje y generación de conocimiento de celdas solares basadas en silicio.

En este trabajo se reporta la eficiencia de la celda solar construida, la cual depende de la cantidad de fotones atrapados en la superficie de esta. Para tener una mayor área de cobertura en la celda solar, se hizo una unión de diez diodos en serie, así tener una mayor cantidad de voltaje a la salida.

Palabras clave—celda solar, diodo semiconductor, efecto fotovoltaico.

Introducción

Actualmente, es importante e indispensable el cuidado del medio ambiente, una forma de contribuir es hacer uso de fuentes de energías renovables, las cuales son abundantes y se encuentran en cualquier entorno, dichas fuentes son más baratas en la mayoría de los países y generan tres veces más puestos de trabajo que los combustibles fósiles. Un ejemplo de estas fuentes son la energía solar y la del viento, estas fuentes se renuevan continuamente. Entonces para aprovechar esta energía solar hacemos uso de una celda solar, que es un dispositivo que convierte la energía solar en energía eléctrica.

La primera generación de celdas se presenta formadas por la unión de 2 placas semiconductoras, ambas dopadas, una con un elemento electrónicamente más cargado (material tipo N o el material con más electrones) y la otra con un elemento falto de electrones denominados huecos o mejor conocido como material tipo P. [1]

El principal material semiconductor que se utiliza en el desarrollo de éstas, es el silicio, debido a que es un elemento que se presenta con mayor abundancia en toda la superficie terrestre, así como también tiene un bajo costo, este material según su forma cristalina, cambiará su eficiencia. Para crear electricidad se necesita un flujo de electrones, que por ley deben seguir un trayecto cerrado, así como debe de existir una fuerza externa que produzca la excitación de estos, provocando la circulación de estos por el trayecto establecido y generando así: electricidad. Aprovechando este efecto cuyo nombre técnico es fenómeno fotoeléctrico, podemos utilizar la radiación solar para el beneficio humano, es decir transformar la energía de la luz a energía eléctrica. [2] Conforme a la figura 1, se puede visualizar la composición de los 2 tipos de materiales, utilizados en una celda solar. [3]

Los paneles solares de la primera generación aprovechan la creación de una técnica electrónica anteriormente creada, el dopamiento del silicio es la piedra angular de la primera generación de celdas solares, puesto que el desarrollo de esta técnica y el aumento de la pureza de los materiales aumenta la eficiencia.

¹ El TSU. Gustavo Méndez Pérez es estudiante de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Tecnológica de Huejotzingo, Puebla, México, 3519110236@uth.edu.mx

² La Dra. Raquel Ramírez Amador es docente-investigador de la Carrera de Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de Huejotzingo, Puebla, México, raquel.ramirez@uth.edu.mx (**autor correspondiente**).

³ El TSU. Marco Antonio Borja Tostado, es estudiante de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Tecnológica de Huejotzingo, Puebla, México, 3519110015@uth.edu.mx.

⁴ El TSU. Gildardo Tlapechco Meneses es estudiante de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Tecnológica de Huejotzingo, Puebla, México, 3519110472@uth.edu.mx.

⁵ El TSU. Brandon Orduño Zambrano es estudiante de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Tecnológica de Huejotzingo, Puebla, México, 3519110745@uth.edu.mx.

⁶ El TSU. Eduardo Hernández Mellado es estudiante de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Tecnológica de Huejotzingo, Puebla, México, 3519110746@uth.edu.mx

⁷ El TSU. Jair Cárdenas Flores es estudiante de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Tecnológica de Huejotzingo, Puebla, México, 3519110236@uth.edu.mx.

⁸ El MI. Juan Balcón Camacho, es docente-investigador de la Carrera de Procesos y Operaciones Industriales de la Universidad Tecnológica de Huejotzingo, Puebla, México, juan.balcon@uth.edu.mx.

Descripción del Método

Para crear una celda solar de primera generación, se necesita crear 2 electrodos [2,4]. Para que un material pueda ser un electrodo debe ser eléctricamente negativo, es decir, tiene más electrones de los necesarios para cumplir la regla del octeto. [4] Por otra parte, para poder realizar el flujo de electrones necesitamos otro electrodo esta vez que sea eléctricamente positivo, de forma digerible para el lector, que tenga menos electrones para cumplir la regla del octeto. Este proceso se puede apreciar de mejor manera en la figura 1.

Un diodo es un dispositivo semiconductor que actúa esencialmente como un interruptor unidireccional para la corriente, este funcionamiento lo crea mediante una polaridad determinada por un ánodo (terminal positivo) y un cátodo (terminal negativo), que permite que la corriente fluya en una dirección, pero no permite a la corriente fluir en la dirección opuesta [4]. Como se puede observar en el diagrama de la figura 2, da una representación exacta de cómo está conformado estructuralmente un diodo. Los materiales tipo P y tipo N están recubiertas por una capa de algún material el cual impide que haya generación, afectando su funcionamiento principal, que es la de rectificador.

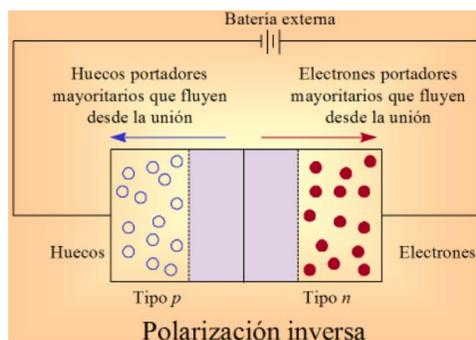


Figura 1: Representación de materiales tipo N y P.

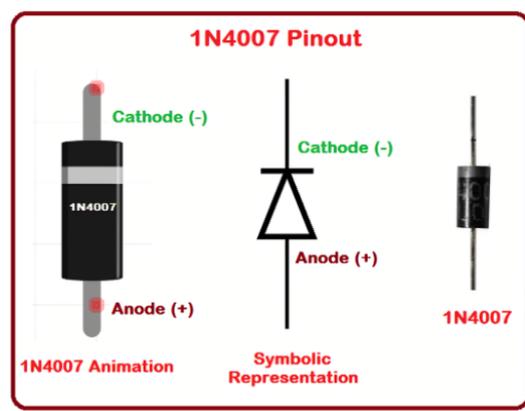


Figura 2: Diagrama diodo 1N4007.

Descripción de funcionamiento

El funcionamiento de una celda solar este dictado por un fenómeno: el efecto fotoeléctrico: específicamente basado en el fenómeno fotovoltaico derivado del efecto anteriormente mencionado[5].Y es precisamente el funcionamiento de este efecto por el cual se genera una corriente de electrones entre los dos materiales, debido a que un material está falto de electrones el material más positivo y hay otro material provisto de más electrones de los que necesita, basta con la excitación de una fuerza externa para lograr que haya el tan anhelado flujo de electrones. Como se puede apreciar abajo, en la figura 3.

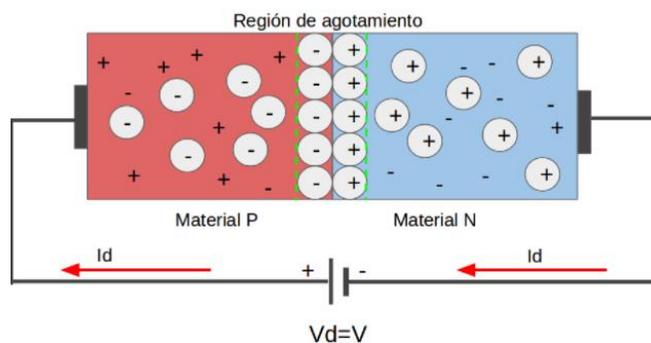


Figura 3: Diagrama estructural de una celda solar.

Es necesario decir que en la unión de los dos materiales se presentara una región de agotamiento, la cual influirá directamente en la eficiencia energética de la celda misma, debido a que son átomos que ya cumplieron con la regla del octeto, es decir están estabilizados, la fuerza fotónica que excitara a estos electrones hará el primer flujo de electrones produciendo una reacción en cadena. Es por ello por lo que la eficiencia será directamente proporcional a la región de agotamiento [5-6]. Gráficamente en la *figura 4a*, podemos observar de forma fácil la región de agotamiento de un diodo común, mientras en la *figura 4(b)*, en contra parte se visualiza la región de agotamiento de una celda solar [6-7].

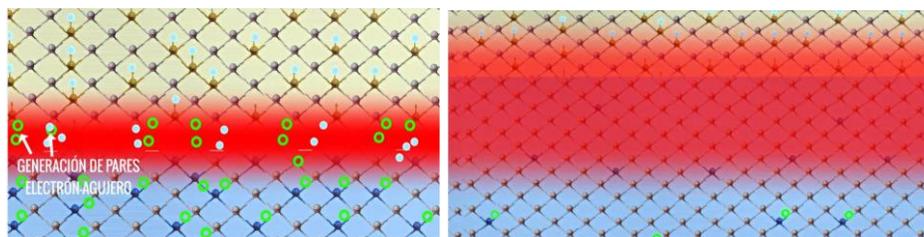


Figura 4: Región de agotamiento. (a) Diodo (b) Celda Solar.

Resultados

Mediante la experimentación, se generó una celda solar emulando a las celdas tradicionales basadas en silicio, como se presnetea en la *figura 5*, es decir mediante la caracterización del resultado final, se obtuvo mediciones de la índole eléctrica específicamente de tensión en volts, intensidad y así como potencia eléctrica. El análisis de estos datos es vital para tener un reporte detallado del comportamiento (eléctricamente hablando), de la celda solar construida.



Figura 5. Celda solar a base de diodos.

Siguiendo una metodología de experimentación, se generó una celda solar, dentro de la propuesta de mejora, se decidió tratar de optimizar espacios, así como una mayor área de captación, lo cual, siguiendo la teoría de las celdas

solares, el voltaje es directamente proporcional al área de captación, es decir, a mayor área de la celda, de forma natural y lógica se tiene la idea que aumenta la diferencia de potencial.

En la propuesta de mejora se buscó la reducción de espacio, debido a las tendencias tecnológicas actuales de todo hacerlo de forma más reducida, pero sin afectar la utilidad de la misma, de igual forma se buscó reducir la celda en cuanto a tamaño, manteniendo las propiedades obtenidas anteriormente, lo cual se llevó a cabo de manera satisfactoria. Para lograr una mayor área de captación, se le incorporaron una cantidad mayor de diodos a la tenida en el primer prototipo, lo cual, debido a la disposición eléctrica entre sí, se realizó la conexión en paralelo, con la cual se obtiene una mayor cantidad de corriente.

Los datos obtenidos a través de las diferentes magnitudes físicas propias de una celda solar, la cuales fueron caracterizadas (diferencia de potencial, corriente, resistencia y potencia), en base a los resultados medibles, se muestran en las gráficas adjuntas.

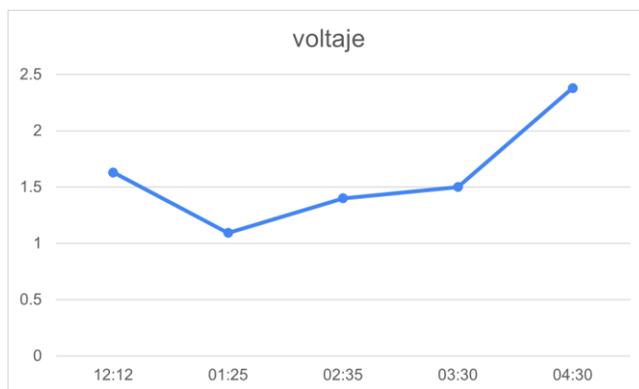


Figura 8: Gráfica de generación de voltaje.

hora	voltaje
12:12	1.63
01:25	1.093
02:35	1.401
03:30	1.5
04:30	2.38

Tabla 1: Medicion de voltaje en función del tiempo.

Los resultados de las mediciones realizadas en la celda de solar a base de diodos, como se muestra en la *figura 5*, se realizaron a partir de las 12:00 horas, en donde se obtiene la generación de un voltaje pico, el cual se obtuvo 1.203 volts, dicho valor de corriente continua, mientras que en términos de intensidad se obtuvo 0.02406 amperes, esto con una resistencia de 50 Ohms, una vez obteniendo los valores necesarios para obtener potencia, se efectuaron los cálculos para obtener 0.02894 Watts, tal como se observa en la *Tabla 2*, se pueden observar los diferentes valores caracterizados, así como el momento en que se realizó dicha medición.

Hora	Voltaje (V) (Volts)	Resistencia (Ω) (Ohms)	Corriente (mA) (Miliamperes)	Potencia(W) (Watts)
12:00	1.203	50	0.02406	0.02894418
12:30	1.103	50	0.02206	0.02433218
01:00	1.095	50	0.0219	0.0239805
01:30	0.567	50	0.01134	0.00642978
02:00	0.284	50	0.00568	0.00161312

Tabla 2: Factores eléctricos caracterizados.

Conclusiones

De forma concluyente, el propósito de este trabajo es emular celdas solares a base de silicio, este tipo de material al ser uno de los materiales más abundante en la superficie terrestre, es relativamente fácil de encontrar, sin embargo, lo que lo hace tan costosos a los paneles de silicio, es la obtención del grado de pureza dentro del mismo, necesario para la obtención de una eficiencia mayor en los paneles.

Ahora bien, debido a la complejidad para manipularlo de forma pura, además del gran impacto económico, así como técnico que requiere, se optó por la decisión de utilizar diodos semiconductores, los cuales son a base de silicio, los cuales, al verse libres del recubrimiento plástico, se puede obtener material, que tiene características propias de una celda solar basada en silicio policristalina. Debido al tipo de diodo utilizado, se puede inferir que tiene dos tipos de materiales, uno eléctricamente positivo y el otro eléctricamente negativo, al cumplir estas características principales, hace que el diodo se convierta en un dispositivo generador de energía, siguiendo la ley de celdas solares, la cual dice que a mayor área de captación mayor diferencia de potencia se obtiene, en el caso nuestro mediante la incorporación de más diodos descubiertos se obtuvo una mayor área de captación, y por ende mayor generación de energía.

Referencias

- [1] L. Española, Dirección, *¿Cómo funcionan las celdas solares?* [Película]. México: YouTube, 2019.
- [2] M. Y, «Celdas solares de silicio: fundamento y tendencia.» Caos Conciencia, 2011.
- [3] C. C. J. Rodríguez Meza. M.A, «El efecto fotoeléctrico.» Revista científica multidisciplinaria de Prospectiva., 2006.
- [4] S. S.G, «Introducción al enlace iónico.»
- [5] SPIE, «SPIE procedimos manuscrito simple.» *SPIE*, pp. 1-5, 2020.
- [6] U. Biblioteca, «Bibliologías.» Universidad Autónoma de Madrid, 2020. [En línea]. Awarlarle: https://biblioguias.uam.es/citar/estilo_apa_7th_ed. [Último acceso: 08 2021].
- [7] B. UAM, «Bibliologías.» Universidad Autónoma de Madrid, 2020. [En línea]. Awarlarle: https://biblioguias.uam.es/citar/estilo_ieee. [Último acceso: 8 2021].

Apéndice

Cuestionario utilizado en la investigación

1. ¿Un diodo puede generar electricidad?
2. ¿De qué materiales deben estar compuestos las celdas?
3. ¿Podría alimentar un diodo convertido en celda a un led?
4. ¿Qué características físicas tienen las celdas solares basadas en silicio?
5. ¿Qué materiales tienen las mismas características de una celda basada en silicio?

Arquitectura de Software para Aplicaciones Empresariales Multiplataforma

Ing. Froevel Montiel Luna¹, MC. Carolina Rocío Sánchez Pérez²,
MIA. Norma Sánchez Sánchez³ y Dra. Marva Angélica Mora Lumbreras⁴

Resumen—En este artículo se presenta un proyecto donde se define una arquitectura de software que ayuda al desarrollo de sistemas multiplataforma y que facilita el mantenimiento y escalabilidad de los mismo, lo cual reducirá los tiempos de no disponibilidad de los servicios para afectar lo menor posible las actividades de los usuarios.

Para la definición de la arquitectura se han analizado diferentes arquitecturas propuestas en los últimos años con respecto a sistemas de software. Esta arquitectura ha sido aplicada a un caso de estudio, que es el módulo de registro de aspirantes del SIIA de la UATx. Con la aplicación de la misma debemos comprobar que es una arquitectura de software fácil de implementar, que no genera costos adicionales en su implementación y con esto se ayuda al usuario al contar con un software que le permita mejorar sus procesos automatizados, y realizar sus actividades minimizando el número de interrupciones de disponibilidad.

Palabras clave—Arquitectura, microservicios, software, capas.

Introducción

Dentro de la Ingeniería de Software un concepto muy importante es la Arquitectura de Software, la cual se refiere a la estructura que debe tener idealmente un sistema al construirse, está estructura es definida por un Arquitecto de Software y se deberá apegar a los requerimientos mismos del sistema, es decir, tomar como base a los requerimientos tanto funcionales como no funcionales.

De acuerdo al Software Engineering Institute (SEI), la Arquitectura de Software se refiere a “las estructuras de un sistema, compuestas de elementos con propiedades visibles de forma externa y las relaciones que existen entre ellos”. [1].

La arquitectura de Software tiene aproximadamente 30 años ya que el concepto tal como lo conocemos en la actualidad aparece en 1992 mencionado en un trabajo de Perry y Wolf [2].

En el libro “Software Architecture Patterns” de Mark Richards [3], explica que existen 5 patrones principales de arquitectura de software: Sistemas de Software de Microkernel, Sistemas de Software de Microservicios, Patrón de Arquitectura en capas, Patrón basado en eventos y Patrón basado en el espacio.

Por su parte en el artículo “What Software Architecture Styles are Popular” de Alexey A. Mitsyuk [4], se menciona que hay 11 Estilos de Arquitectura de Software principales o populares, estos estilos se dividen en dos grupos, un grupo basado en características de los frameworks y el segundo grupo basado en los lenguajes de programación.

Algunos de los estilos de arquitectura de software son:

- Modelo-vista-controlador (MVC).
- Programa principal y sub programas.
- Software basado en aprendizaje automático.
- Software basado en eventos.
- Software centrado en datos.
- Software basado en servicios en la nube.
- Software orientado a aspectos.

¹ El Ing. Froevel Montiel Luna es Estudiante de la Maestría en Ingeniería de Software en la Universidad Autónoma de Tlaxcala, México. froevel@uatx.mx (**autor corresponsal**)

² La MC. Carolina Rocío Sánchez Pérez es Profesora de la Maestría en Ingeniería de Software y Coordinadora de la Lic. En Ingeniería en Computación en la Universidad Autónoma de Tlaxcala, México carolinarocio.sanchez@uatx.mx

³ La MIA. Norma Sánchez Sánchez es Profesora de la Maestría en Ingeniería de Software en la Universidad Autónoma de Tlaxcala, México norma.sanchez01@uatx.mx

⁴ La Dra. Marva Angélica Mora Lumbreras es Profesora de la Maestría en Ingeniería de Software en la Universidad Autónoma de Tlaxcala, México marvaangelica.moral@uatx.mx

Durante el transcurso de este artículo describiremos estos y otros estilos de arquitectura de software para que sean mejor entendidos.

La continua investigación de una correcta definición de Arquitectura de Software se debe a qué, de acuerdo a la experiencia de los involucrados en desarrollo de sistemas, continuamente se presentan problemas durante el desarrollo de los sistemas, o en la mayoría de ocasiones cuando los sistemas ya se encuentran funcionando en producción y entonces la resolución a esos problemas al estar en la etapa más avanzada de un proyecto es muy compleja y demasiado costosa, siendo ésta problemática el origen principal que da pie a la presente investigación.

Descripción del Método

Propuesta de solución

Las etapas que el presente trabajo de investigación propone para la propuesta de solución se presentan en la Figura 1.

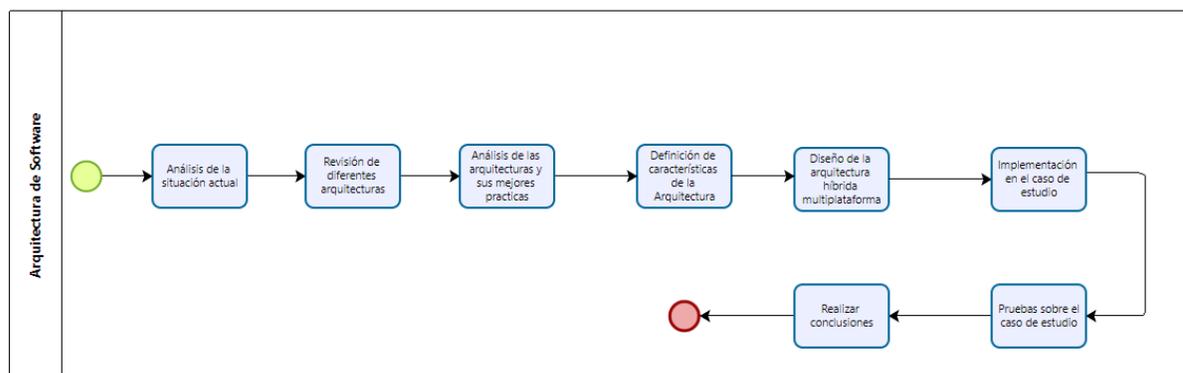


Figura 1. Etapas para la propuesta de solución.

Análisis de la situación actual

La arquitectura es definida por la práctica recomendada como el fundamento de la organización de un sistema, embebido en sus componentes, sus relaciones entre sí y con el medio ambiente, y los principios que rigen su diseño y evolución [5].

Según L. Bass, P. Clements y R. Kazman, en su libro “Software Architecture in Practice” la arquitectura de software de un sistema o programa informático es el conjunto de estructuras necesarias para razonar acerca del sistema, las cuales comprenden los elementos de software, relaciones entre ellos y propiedades de ambos.

Para definir las expectativas de una arquitectura de software es importante primero definir el papel de un arquitecto de software, pero esto puede ser un poco difícil ya que un arquitecto puede ser desde un programador experto, un director de proyectos o un administrador de proyectos, por lo tanto, es importante mejor definir lo que se espera que realice un arquitecto de proyectos y las actividades que deberá desempeñar el arquitecto son:

- El arquitecto debe diseñar, desarrollar, mantener la arquitectura de los sistemas de software.
- Tomar decisiones de cómo realizar la arquitectura de un sistema.
- Analizar la arquitectura definida y continuamente mejorarla.
- Asegurar que las decisiones que se tomen con respecto a la estructura del sistema se cumplan.
- Mantenerse actualizado con las últimas tendencias de la disciplina.
- Ejecutar la arquitectura en diversos proyectos para que con ello garanticemos que tiene experiencia en la arquitectura propuesta.
- Tener habilidades blandas, que son definidas como la capacidad de tener habilidades sociales, de comunicación y atributos profesionales.

Revisión de las diferentes arquitecturas

Patrones de arquitectura de software

El patrón de Microkernel se utiliza cuando el proyecto requiere de crear sistemas con componentes intercambiables, éste se aplica en las aplicaciones que deben ser capaces de adaptarse a los constantes cambios en los requisitos del sistema. El patrón Microkernel generalmente se utiliza en sistemas que son productos, es decir, una aplicación que tiene un núcleo y que se va empaquetando de acuerdo a las versiones que se necesiten, es decir, que de

acuerdo a las funcionalidades necesarias se van anexando las partes correspondientes al núcleo principal del sistema, este patrón deberá ser utilizado cuando se requiera de una gran flexibilidad, cuando se requiera de portabilidad, en los casos que se requiera una atención rápida a un entorno de cambio continuo, cuando los módulos que se van anexando se puedan probar de manera separada al núcleo principal.

El patrón de Arquitectura de Microservicios es el que tiene por objetivo desacoplar lo más que sea posible todos los componentes, es un estilo de arquitectura que estructura un sistema como un conjunto de servicios que permiten el desarrollo de manera rápida, constante y segura de aplicaciones grandes y con una alta complejidad en sus procesos. Este patrón se utiliza cuando se necesita programar, mantener y ejecutar o desplegar cada servicio por separado, son fáciles de escalar ya que permite sean escalados los microservicios que así se desean y no todo un grande sistema, esto hace que las aplicaciones sean fáciles de entender, escalar y modificar. También son utilizados cuando se tienen aplicaciones altamente mantenibles ya que permiten un desarrollo ágil y un despliegue rápido y constante, dicho despliegue se hace de manera independiente entre cada uno de los microservicios, lo que permite a equipo poder desplegar sus servicios sin la necesidad de tener que coordinarse con más equipos para dicha tarea, este patrón es de mucha utilidad para que nuevos miembros en los equipos de trabajo puedan ser de manera rápida más productivos.

El patrón de Arquitectura de Software en capas, es el más comúnmente utilizado, este patrón es donde se establece un número de niveles donde los componentes se encuentran organizados en capas horizontales, esta es la forma tradicional en la que la mayoría de sistemas están contruidos y tienden a ser muy dependientes, los componentes están conectados unos con otros pero no dependen entre sí, cada capa de este patrón tiene una responsabilidad bien definida dentro de la aplicación; como la capa de vista que se encarga de la interfaz de usuario o la capa de negocio que se encarga de tener las reglas de los procesos del negocio y validarlas, se debe utilizar al patrón de capas cuando se requiera tener baja dependencia entre los diferentes niveles que conformen el sistema, ya que cada capa se le confiará una misión específica, también cuando se requiera de facilidad en el desarrollo porque este patrón es conocido entre los desarrolladores y además en la actualidad la mayoría de las organizaciones desarrollan aplicaciones separando las capas. Es un patrón que ayuda a la mantenibilidad porque se puede dar mantenimiento a una capa sin afectar las demás, al igual que en el patrón de microservicios permite un desarrollo ágil pero no separado por módulos sino por capas, se puede asignar o dividir el trabajo en diferentes personas asignándole a cada una de ellas una capa diferente.

Patrón basado en eventos es la arquitectura asíncrona distribuida más utilizada para desarrollar aplicaciones escalables, consisten en tener componentes de procesamiento de eventos de un único propósito, están escuchando los eventos y los procesan de manera asíncrona. En la arquitectura basada en eventos hay un núcleo central que recibe toda la información y se encarga de delegar a los módulos que corresponda manejar esa información de manera particular. Se debe utilizar este patrón cuando se requiera de sistemas adaptables en entornos complejos, son fácilmente ampliables cuando se descubren nuevos tipos de eventos.

El patrón de Software basado en el espacio está elaborado para abordar y resolver problemas de escalabilidad y concurrencia, es un patrón que es utilizado para las aplicaciones de software que tienen volúmenes de usuario concurrentes de manera impredecible, su principal característica es eliminar la restricción de la base de datos central y usar cuadrículas de datos en memoria. Se debe elegir este patrón cuando se utilicen herramientas basadas en la nube, de igual forma cuando necesitemos un alto rendimiento en el servidor ya que tienen los datos en memoria.

Estilos de arquitectura de software

Como se mencionó en la Introducción, en el artículo “What Software Architecture Styles are Popular” de Alexey A. Mitsyuk [4], se menciona que hay 11 Estilos de Arquitectura de Software principales o populares, los cuales son:

- Modelo-vista-controlador (MVC). Este incluye un modelo que es una estructura dinámica de datos, una vista que es un componente que representa la información y un controlador que es un componente que acepta entradas del usuario y lo convierte en comandos.
- Programa principal y sub programas. Este estilo asume una ausencia de clases, es decir que las aplicaciones sólo usan funciones y procedimientos y se pueden usar clases sólo como almacenamiento.
- Software basado en aprendizaje automático. Este estilo asume el uso de algunos frameworks y bibliotecas relacionados con la ciencia.
- Software basado en eventos. Este estilo implica la producción, detección y consumo a eventos.
- Software usando reflexión. El estilo usando reflexión asume que los procesos de las aplicaciones pueden examinar y analizar dentro de ellos mismos, y modificar su propia estructura y comportamiento.
- Software centrado en datos. Este estilo implica que la base de datos es parte central de la aplicación.
- Sistemas expertos. Asume el uso de frameworks de sistemas expertos y librerías como una parte del software.

- Software basado en servicios en la nube. Este estilo implica el uso de frameworks y librerías que permiten el uso de servicios basados en la nube.
- Software con contenedores. Asume el uso de frameworks y bibliotecas que permiten el uso de máquinas virtuales.
- Software orientado a aspectos. Tiene el objetivo de aumentar la modularidad permitiendo la separación de cortes transversales.
- Software reactivo. Pone atención en los flujos de datos y propagación del cambio.

Análisis de las arquitecturas y sus mejores practicas

En el trabajo presentado por Tapia et al. en 2020 [6]. se discute sobre la necesidad que tienen actualmente las organizaciones en desarrollar aplicaciones de manera ágil, que sean escalables y que impacten en la productividad de las mismas, el desarrollo de sistemas basado en arquitecturas monolíticas tradicionales ya no cumple con las necesidades de escalabilidad y desarrollo rápido y ágil, por eso las organizaciones deben adoptar nuevas estrategias, una de ellas es la implementación de los microservicios aunque está todavía se encuentra en desarrollo y enfrenta diferentes retos como el consumo de tiempo, de recursos tecnológico, escalabilidad y orquestación, en este trabajo se presentaron los diversos análisis sobre el rendimiento de aplicaciones con arquitecturas monolíticas y aplicaciones con arquitecturas de microservicios. Definen a la arquitectura basada en microservicios como un enfoque para desarrollar una sola aplicación como un conjunto de pequeños servicios, cada uno ejecutándose en su proceso y comunicándose con mecanismos ligeros, a menudo una API de recursos HTTP, ésta arquitectura moderna permite crear aplicaciones grandes, complejas y escalables, compuestas por procesos pequeños, independientes y altamente desacoplados, comunicándose cada uno mediante APIs, los microservicios funcionan como una aplicación compuesta por servicios pequeños e individuales cuya independencia de cada uno permite que sea tolerante a fallas y aumenta su disponibilidad. Es una nueva cultura de automatización.

En el artículo desarrollado por Akmel et al. en 2017 [7]. tienen como objetivo principal hacer un análisis comparativo de los estilos de arquitectura de software principalmente por sus fortalezas y debilidades, así como sus posibles áreas de aplicación, con el fin de que durante la etapa del diseño de los sistemas se pueda elegir la más apropiada. Se muestra en el cuadro 1 un resumen de los diferentes estilos de arquitectura de software:

Nombre	Descripción
Cliente-Servidor	La comunicación en Internet se hace a través del estilo arquitectónico cliente-servidor, que significa que hay una solicitud y se lleva a cabo una respuesta. Hay principalmente tres componentes tales como Cliente, servidor y medio de comunicación.
Basado en componentes	La arquitectura basada en componentes es una arquitectura que se enfoca en descomponer el diseño de software en componentes funcionales o lógicos con sus propios métodos. Los componentes se acoplan libremente y son reutilizables para proporcionar programas modulares que se puede adaptar a cualquier necesidad.
En capas	El estilo de arquitectura en capas se centra en dividir la funcionalidad del software en distintas capas que interactúan y se apilan verticalmente una encima de la otra. La funcionalidad dentro de cada capa está relacionada por un rol o responsabilidad común
Bus de mensajes	La arquitectura del bus de mensajes brinda detalles sobre los protocolos de uso de un sistema de software que puede aceptar y enviar mensajes usando uno o más canales de comunicación, para que las aplicaciones puedan interactuar sin necesidad de conocer detalles específicos unos de otros
Orientada a objetos	Arquitectura Orientada a Objetos es un paradigma de diseño basado en la división de responsabilidades para una aplicación o sistema en objetos individuales, reusables y autosuficientes, que cargan consigo su propia información y comportamiento.
Orientada a servicios	La Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) es un estilo de arquitectura de TI que se apoya en la orientación a servicios. La

	orientación a servicios es una forma de pensar en servicios, su construcción y sus resultados. Un servicio es una representación lógica de una actividad de negocio que tiene un resultado de negocio específico
--	--

Cuadro 1. Análisis comparativo desarrollado por Akmel et al[7].

Definición de características de la arquitectura

Después de haber realizado el análisis de los estilos y patrones de arquitectura de software se ha determinado realizar una combinación de las mismas para tomar algunas características de un conjunto de ellos que proponemos puedan ser utilizados en el diseño y desarrollo de sistemas, los patrones que utilizaremos son:

- Cliente servidor, ya que vamos a basarnos en el modelo de solicitud y respuesta, las aplicaciones actuales más comunes están basados en este patrón, algunas de las ventajas de utilizar la arquitectura Cliente Servidor son que los clientes tienen poca trascendencia y su administración es menor [8].
- Microservicios, se plantea su uso porque se van a separar las tareas en módulos y que estos funcionen de manera separada para formar un gran servicio, pero que el error, mantenimiento o actualización de cada uno de ellos no afecte a los demás. También cuando el tráfico de nuestra aplicación aumente se podría escalar, algunas de las ventajas de la arquitectura de microservicios es que nos permiten el desarrollo ágil con equipos pequeños e independientes acelerando el tiempo de desarrollo, hacen más fácil el despliegue reduciéndolo al ser pequeños servicios y en caso de falla el impacto es menor que en sistemas grandes [9].
- Capas, porque vamos a dividir las tareas del sistema en subtareas y cada subtarea la ubicaremos en un nivel de abstracción, se comunicarán las capas cada una con la de su nivel superior inmediato, entre las ventajas de utilizar la arquitectura en capas tenemos que se puede desarrollar más rápido ya que varios equipos pueden trabajar simultáneamente en cada capa, también es más fácil realizar la escalabilidad ya que se puede escalar una capa de manera independiente de la otra [10].

Diseño de la arquitectura híbrida multiplataforma

En la Figura 2. se muestra el diagrama que plasma de manera global el planteamiento de la propuesta y su diseño:

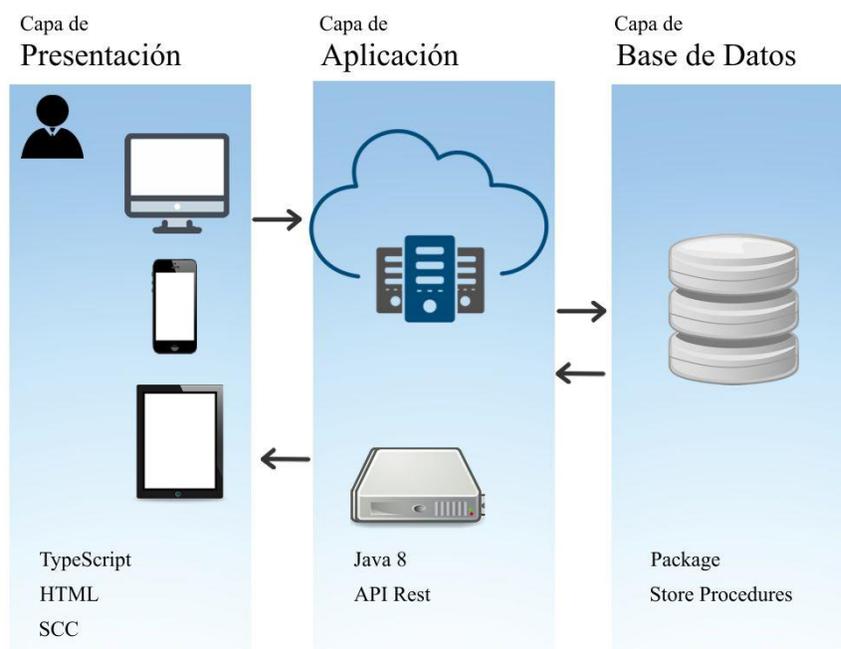


Figura 2. Diseño de la arquitectura.

Capa de presentación

Conforme van evolucionando los equipos personales de los usuarios se ha ido optando por la idea de utilizar los recursos del lado de los clientes, esto ha detonado en el uso de frameworks del lado del cliente para el desarrollo de aplicaciones de Front-end modernas que proveen a los programadores herramientas para el desarrollo de aplicaciones web interactivas y escalables, cuando hablamos de aplicaciones interactivas estamos hablando de JavaScript generalmente.

Capa de aplicación

Por lo que respecta a la segunda capa de las 3 sugeridas en la presente propuesta de diseño, se recomienda el uso de Microservicios en la capa de aplicación, los cuales permitirán la ejecución de diferentes funciones de manera separada permitiendo que si alguna de esas funciones llegará a fallar no se afecten a las demás funciones de otro microservicio, a diferencia de una arquitectura monolítica en donde si se encontrará una falla en algún componente tendríamos que detener toda la ejecución de la aplicación, corregir y volver a desplegar nuestra aplicación.

Capa de base de datos

En la capa de base de datos es donde residen los datos y es la encargada de acceder a los mismos, está conformada por uno o más gestores de bases de datos que realizan todo el almacenamiento de datos, reciben solicitudes de almacenamiento o recuperación de información desde la capa de aplicación, generalmente en esta capa se emplea un gestor de base de datos (DBMS) que es un software de sistema para crear y administrar bases de datos. A diferencia del actual uso de frameworks como APIs de persistencia en esta propuesta se recomienda utilizar el gestor de la base de datos para la obtención de la información, de esta forma si estamos mostrando la información de un catálogo, por ejemplo, y requerimos mostrarlos ordenados de alguna forma en particular o requerimos de no mostrar un dato en especial entonces realizaremos esas condicionantes en los objetos correspondientes a procedimientos almacenados.

Implementación en el caso de estudio

Para la aplicación del diseño de la arquitectura propuesta se tomó la determinación de hacerla en el Módulo de Aspirantes del SIIA (Sistema Integral de Información Administrativa), el SIIA es el sistema administrativo de la Universidad Autónoma de Tlaxcala el cual cuenta con más de 200 módulos automatizados divididos en 3 módulos principales, Servicios Escolares, Recursos Humanos y Recursos Financieros. Dentro del módulo de Servicios Escolares se encuentra el sub módulo de Aspirantes, dicho módulo es la automatización del proceso con el mismo nombre que corresponde al área de Orientación Educativa, el módulo de Aspirantes tiene 2 usuarios principales: el Aspirante a ingresar a la Institución y el Administrador de aspirantes quién es el responsable del proceso.

En el caso particular del módulo de aspirantes se tiene un número importante de interrupciones de disponibilidad del sistema, ya que cuando se modifican algunas reglas de negocio, por ejemplo los días de registro por inicial, o las reglas de promedios en el registro por prioridad, se deben hacer cambios en el código y se tiene que redespargar la aplicación completa, quitando el servicio a todos los aspirantes que en ese momento se están registrando o realizando su prueba de Orientación Vocacional (además de los demás usuarios del SIIA) provocando la pérdida de datos y pérdida de tiempo por parte de los usuarios ya que tendrán que volver a iniciar su proceso, de igual forma otro problema es para los desarrolladores del sistema ya que el mantenimiento se tiene que realizar en diversas capas provocando una posible inyección de bugs.

Para el desarrollo del proyecto del caso de estudio se determinó utilizar las siguientes tecnologías y versiones por cada capa establecida en el apartado 4.2 Planteamiento de la arquitectura de software del capítulo anterior:

- Capa de presentación: Angular 13, con el uso de TypeScript, HTML y CSS
- Capa de aplicación: Spring Boot 2.6, con el uso de Java 8 y API REST
- Capa de base de datos: Oracle 19, con el uso de tablas, secuencias, paquetes y procedimientos almacenados.

En el pasado proceso de admisión de la UATx en otoño 2022 fue implementado el nuevo sistema con la arquitectura propuesta en la presente investigación, la aplicación Web como finalmente fue presentada al usuario se muestra de manera ilustrativa en las Figuras 3 y 4:

Registro de aspirantes

1 Datos de aspirante 2 En su vida diaria ¿Usted se enfrenta con? 3 Datos de localización 4 Datos de los padres y/o tutor

¿Qué carrera te gustaría estudiar?

Primera opción *

¿Qué carrera te gustaría estudiar de las que no existen en la i...

Nombre * Apellido paterno *

Apellido materno * Fecha de nacimiento *

Figura 3. Pantalla de registro de aspirantes

Aspirantes

1. Registro al SIIA

Imprimir comprobante de registro al SIIA

2. SOV (Sistema de Orientación Vocacional)

Contestar SOV Imprimir comprobante SOV

Figura 4. Pantalla principal de la sesión del aspirante

Con respecto a la capa de microservicios se desarrollaron servicios REST en el Framework SpringBoot que son consumidos por el Front-End.

Finalmente, la implementación de la capa de Base de Datos se encuentra en Oracle 19, considerando que las tablas ya se encontraban diseñadas y aplicadas y no se hicieron modificaciones a las mismas, únicamente fueron implementados Paquetes que contienen procedimientos almacenados para la consulta de información y en los cuales se establecieron las reglas de negocio del proceso.

Comentarios Finales

Conclusiones

En este trabajo investigativo se estudiaron los diferentes estilos y patrones de arquitectura de Software, y se hizo el diseño de una propuesta arquitectónica tomando lo mejor de todos ellos, además como una propuesta nueva se hizo énfasis en la utilización de procedimientos almacenados para colocar las reglas de negocio y que se puedan alterar

de manera más rápida y sin interrupciones en las demás capas, se hizo la aplicación en un caso de estudio, dicho caso de estudio se encontraba anteriormente desarrollado como un sistema monolítico teniendo constantes bugs al dar mantenimiento y también constantes intermitencias del sistema cada que se hacía un cambio en cualquiera de sus procesos automatizados.

Resultados

En procesos de admisión pasados se presentaron según estadísticas un promedio de 20 interrupciones al servicio del registro por modificaciones al proceso o a algún otro proceso y al tratarse de un sistema monolítico se vio afectado el servicio completo, en el último proceso utilizando la arquitectura propuesta el proceso fue interrumpido únicamente en una ocasión debido al contenedor en donde se alojan los Microservicios, mismos que forman parte de la infraestructura y no de la arquitectura, se han realizado algunas configuraciones de memoria sobre el contenedor para ser probado nuevamente y de esta manera prevenir futuras interrupciones al servicio completo..

El presente trabajo de investigación tiene como etapas pendientes de acuerdo a la propuesta de solución las siguientes:

- Pruebas sobre el caso de estudio, donde se reportarán las métricas obtenidas para distintos parámetros como no disponibilidad y mantenibilidad.
- Retroalimentar de ser necesario el diseño de la arquitectura en el caso de estudio.

Referencias

- [1] L. Bass, P. Clements, R. Kazman, "Software Architecture in Practice", 2nd Edition, Addison Wesley, 2003
- [2] Dewayne E. Perry y Alexander Wolf. "Foundations for the study of software architecture", ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, 17(4), pp. 40-52, Octubre de 1992.
- [3] Mark Richards. "Software Architecture Patterns", 1ra Edición, O'Reilly Media Inc, Febrero de 2015.
- [4] Mitsyuk Alexey A.. "What Software Architecture Styles are Popular", Proceedings of the Institute for System Programming of RAS, Agosto de 2021.
- [5] I. Gorton, "Essential Software Architecture", 2.ed, National ICT Australia, 2006.
- [6] Freddy Tapia, Miguel Ángel Mora, Walter Fuertes, Hernán Aules, Edwin Flores and Theofilos Toulkeridis, "From Monolithic Systems to Microservices: A Comparative Study of Performance". Switzerland 2020
- [7] Feidu Akmel, Ermiyas Birhanu, Behar Siraj and Seifedin Shifa, "A Comparative Analysis on Software Architecture Styles". International Journal in Foundations of Computer Science & Technology 2017
- [8] Ruiz P. (13 de Agosto de 2013). "Ventajas e inconvenientes de la arquitectura cliente servidor. SomeBooks". <http://somebooks.es/ventajas-e-inconvenientes-de-la-arquitectura-clienteservidor/>
- [9] Consultada (14 de Septiembre de 2022). "Arquitectura de Microservicios: ventajas y desventajas". Software Evolutivo. <https://softwareevolutivo.com.ec/arquitectura-de-microservicios/>
- [10] Consultada (14 de Septiembre de 2022). "Arquitectura de tres niveles". IBM. <https://www.ibm.com/mx-es/cloud/learn/three-tier-architecture>

Producción de Pectinasas por *Aspergillus flavipes* FP-500 en Cultivo Sumergido con Cáscara de Limón: Tanque Agitado (STR) vs Biorreactor de Tubos Concéntricos (BALTC)

IBQ Ruth Morales Barrios¹, IBQ Jonathan Divani Carmen Hernández²,
Dra. Isabel de la Luz Membrillo Venegas³, Dra. Mayola García Rivero⁴, Dra. María Aurora Martínez Trujillo⁵ y Dr.
Martín Rogelio Cruz Díaz⁶

Resumen—Se desarrollaron cultivos sumergidos de *Aspergillus flavipes* FP-500 utilizando como sustrato cáscara de limón, en biorreactores airlift de tubos concéntricos (BALTC) de 3 y 10 L y en un biorreactor de tanque agitado (STR) de 1.3 L. En cada reactor se registró la evolución del pH, el oxígeno disuelto y las actividades de endo y exopectinasas a lo largo del cultivo. Los resultados permitieron correlacionar el comportamiento hidrodinámico de cada reactor con la producción de endo y exopectinasas. En ambos reactores se operó en régimen turbulento, aunque el Reynolds de STR (1000) fue menor que en BALTC (4000 en 3 L y 7000 en 10 L). La producción de endo y exopectinasas fue mayor en el BALTC que en el STR, y se incrementó cuando aumentó la escala en el BALTC. En STR se obtuvo un máximo de 13.80 ± 0.09 U/mL de exopectinasas y 0.61 ± 0.04 U/mL de endopectinasas, La producción de exopectinasas se incrementó de 1.9 a 2.4 veces, y de endopectinasas de 4.3 a 19 veces en el BALTC de 3 y 10 L, respectivamente.

Palabras clave— Biorreactor airlift de tubos concéntricos (BALTC), Biorreactor de tanque agitado (STR), *Aspergillus flavipes* FP-500, cáscara de limón, pectinasas.

Introducción

Las pectinasas son enzimas con potencial de aplicación en diferentes procesos industriales. Destacan sus usos en la industria textil, papelera y alimentaria, donde resultan una ventaja frente a los métodos tradicionales o químicos. Lo anterior porque las pectinasas son catalizadores biológicos con alta especificidad y bajos requerimientos energéticos, que hacen los procesos más eficientes y amigables con el ambiente (Garg et al., 2016). Las enzimas pectinólíticas se pueden producir en fermentación sólida o sumergida (Patidar et al., 2018). En este sentido, se han explorado diferentes desechos agroindustriales como sustrato, la mayoría desechos de frutas cítricas como la cáscara de limón ya que resultan ser las mejores fuentes de carbono (Martínez-Trujillo et al., 2011). Para el desarrollo de la fermentación sumergida, suelen utilizarse los biorreactores de tanque agitado (STR). Sin embargo, estos biorreactores conllevan un gasto energético y generan esfuerzos de corte considerables que dañan las células fúngicas y pueden afectar la producción de pectinasas (Ibrahim, D. et al., 2015). Por lo anterior, se buscan otras alternativas como lo es el biorreactor airlift de tubos concéntricos (BALTC), que por su agitación neumática favorece la transferencia de oxígeno y disminuye considerablemente el estrés de las células. Cada reactor, STR o BALTC, presenta diferentes características hidrodinámicas, que podrían determinar el comportamiento de los cultivos fúngicos. Se ha demostrado una alta producción de pectinasas por *A. flavipes* FP-500 en STR utilizando cáscara de limón, pero no se ha profundizado en ese proceso en BALTC. Este estudio pretende analizar si las características hidrodinámicas de cada reactor son determinantes sobre la producción de pectinasas por *A. flavipes* FP-500.

Descripción del Método

Microorganismo

Se utilizó el hongo filamentoso *A. flavipes* FP-500, que se conservó en cajas Petri con agar papa dextrosa (PDA) mediante resiembras periódicas.

¹ La Dra. María Aurora Martínez Trujillo es Profesora e Investigadora del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Estado de México, México, amartinez@tese.edu.mx.

² La IBQ Ruth Morales Barrios es Alumna de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Ecatepec, Estado de México, México, 202111131@tese.edu.mx.

³ Jonathan Divani Carmen Hernández es Alumno de Ingeniería Bioquímica en el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Ecatepec, Estado de México, México, jonathan_divani98@hotmail.com.

⁴ La Dra. Isabel de la Luz Membrillo Venegas es Profesora del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Estado de México, México, membrilloisabel@gmail.com

⁵ La Dra. Mayola García Rivero es Profesora del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Ecatepec, Estado de México, México, mayolagariv@yahoo.com.mx.

⁶ El Dr. Martín Rogelio Cruz Díaz es Profesor de la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México, cdmrmartin@hotmail.com.

El inóculo de los experimentos se obtuvo en matraces de 250 mL que contenían 50 mL de PDA con pH 4.0, incubando a 37 °C durante 4 días. Posteriormente, se cosecharon las esporas en solución salina (NaCl al 0.9 %, p/v) y se contabilizaron las esporas contenidas en esa suspensión mediante cuenta directa en la cámara de Neubauer. Todos los experimentos se inocularon con 1×10^6 esporas/mL de medio de cultivo.

Medio de cultivo

La composición del medio mineral utilizado para el desarrollo de todos los experimentos fue, en g/L: KH_2PO_4 , 2; K_2HPO_4 , 2; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 5; el pH del medio se ajustó a 4.2 con H_2SO_4 , 2 M. La cáscara de limón utilizada como fuente de carbono se obtuvo de residuos domésticos, se lavó y secó a 60 °C durante 4 horas; después se molió y tamizó recuperando el material tamizado en las mallas No. 5 y No. 10, para obtener partículas de 2-4 mm. Previo a su utilización en el medio de cultivo, la cáscara se lavó periódicamente con agua destilada para eliminar los azúcares solubles antes de su esterilización. Para todos los experimentos se utilizó la cáscara de limón en una concentración de 10 g/L y se esterilizó en autoclave 121 °C y 15 lb de presión, por 20 minutos.

Condiciones de cultivo

Los experimentos se llevaron a cabo en un biorreactor de tanque agitado Applikon® de 1.3 L, y dos BALTC de 3 y 10 L, fabricados en cloruro de polivinilo (PVC). En el tanque agitado, el cultivo se incubó a 37 °C, 200 rpm y un flujo de aire entre 0.5-1.5 vvm; mientras que los cultivos desarrollados en los biorreactores BALTC se mantuvieron a 30 °C, utilizando una resistencia eléctrica, y 1.9 vvm de aireación conectada a una columna de humidificación. Se colocaron dos sensores portables HANNA® para medir el oxígeno disuelto (OD) en línea, en la corona y en el riser y, un sensor de pH HANNA® en la corona de los BALTC. Se tomaron muestras de 10-20 mL periódicamente, mismas que se centrifugaron durante 5 min a 3000 rpm, para separar las fases y se almacenaron a 4 °C para su posterior análisis. En la fase líquida se cuantificaron las concentraciones de azúcares totales (oligosacáridos y polisacáridos) de acuerdo con Dubois et al. (1956), azúcares reductores liberados (Miller, 1959), y las actividades endo y exopectinasas (Wolf et al., 2015).

Análisis hidrodinámico

La caracterización hidrodinámica se realizó a partir de correlaciones empíricas para BALTC, de acuerdo con Hernández-Acevedo (2022). Para alimentar las correlaciones, se cuantificó la densidad experimental del medio con cáscara de limón ($\rho_{\text{CL}} = 1011.61 \pm 0.06 \text{ kg m}^{-3}$), registrando el peso y un volumen específico del medio en repetidas ocasiones. Y se utilizó la viscosidad del medio con cáscara de limón ($\mu_{\text{CL}} = 0.00147 \pm 0.036 \text{ Pa s}$), obtenida por Wolf-Marquez et al. (2015).

Comentarios Finales

Resumen de resultados

La figura 1 muestra la evolución del pH y OD en los tres sistemas de cultivos probados. En STR el valor mínimo de OD ocurrió a las 30 h (3.3 %) y la meseta de mantenimiento duró 2 h, mientras que en los BALTC la meseta de mantenimiento sucedió entre las 48 y 51 h. Los valores mínimos de OD fueron diferentes en la corona (0.39 y 0.480 mg/L) y en el riser (0.85 y 0.015 mg/L) para los BALTC de 3 y 10 L, respectivamente (Figura 1B y 1C). La evolución de OD a lo largo del cultivo es debido al consumo de oxígeno del hongo y al cambio reológico provocado por el crecimiento celular (Fontana et al., 2012).

En lo que respecta al pH, en el STR y BALTC de 3, el pH disminuyó constantemente a lo largo del cultivo, alcanzando valores mínimos de 3.4 y 3.5, respectivamente (Figura 1D y 1E). En el BALTC de 10 L el pH disminuyó hasta 3.1 a las 117 h, y posteriormente comenzó a incrementarse, hasta alcanzar un valor máximo de 4.1 hacia el final del cultivo (Figura 1F). La acidificación del medio de cultivo en los tres biorreactores se puede atribuir al metabolismo del hongo, es decir, a la producción de ácidos orgánicos y a la liberación de ácido galacturónico resultado de la degradación de la pectina (Martínez-Trujillo, 2012).

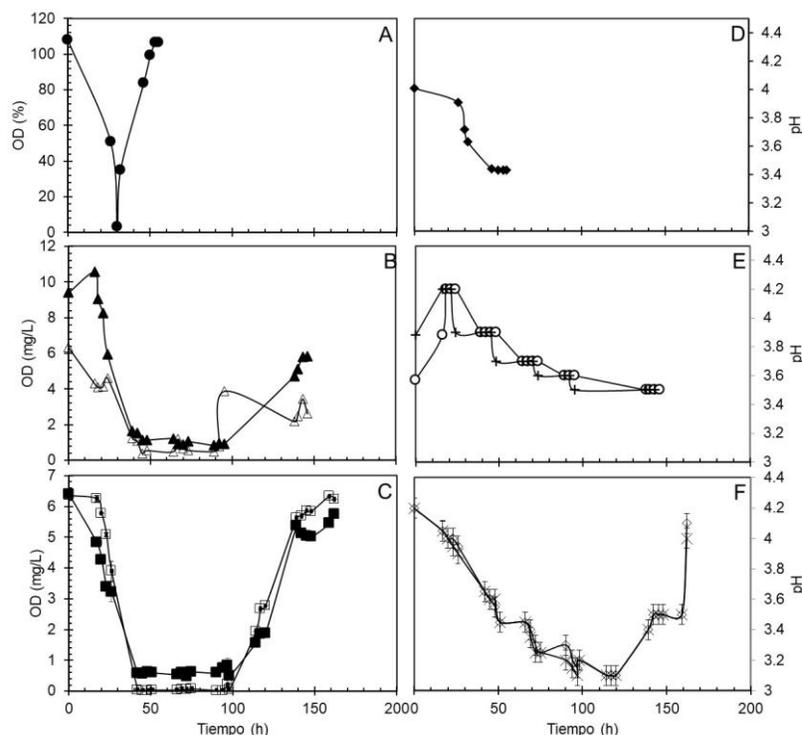


Figura 1. (A) OD del STR (●) de 1.3 L, (B) OD del BALTC 3 L (Corona (Δ) y Riser (▲)), (C) OD del BALTC de 10 L (Corona (■) y Riser (□)), (D) pH (●) del STR 1.3 L, (E) pH del BALTC 3 L (Corona (+) y Riser (○)), (F) pH del BALTC 10 L (Corona (*) y Riser (◇))

Los resultados en los BALTC muestran que la producción de exopectinasas comenzó a partir de las 20 h de cultivo, incrementándose de manera constante. En STR se observó el valor máximo de actividad exopectinolítica (13.80 ± 0.09 U/ml) a las 30 h de cultivo, y después la actividad comenzó a disminuir (Fig. 2 A). En BALTC de 3L la actividad se incrementó hasta alcanzar su máximo de 26.67 ± 0.74 U/mL (130 h) en la Corona y 17.29 ± 0.67 U/mL (140 h) en el Riser; luego de alcanzar sus valores máximos, la actividad exopectinolítica se mantuvo constante hasta el final del cultivo (Fig. 2B); mientras que en el BALTC de 10 L el valor máximo de actividad exopectinasas se observó a las 114 h (30.16 ± 0.05 U/mL en la Corona y 31.15 ± 0.70 U/mL en el Riser) y luego comenzó a disminuir (Fig. 2C). Como puede observarse, no hubo diferencias significativas en la producción de las exopectinasas en la corona y el riser (Fig.2). Estos resultados pueden explicarse debido a que la producción de exopectinasas puede verse afectada significativamente por el pH. Las actividades máximas reportadas en la literatura se producen a un pH de 4 a 5 y pierden su estabilidad en condiciones demasiado ácidas o básicas (Almowallad, 2022; Bennamoun, 2016). Por otro lado, Sireesh et al. (2009) observaron una producción máxima de exopectinasas en *A. niger* y *A. awamori* a un pH 5, lo que podría explicar la caída en la producción de exopectinasas en los biorreactores STR y BALTC de 3 y 10 L cuando el pH es menor a 3.5.

En lo que respecta a la producción de endopectinasas los resultados mostraron que esta actividad enzimática se produce posterior a las exopectinasas, a partir de las 50 h en todos los sistemas (Fig. 3). En STR y BALTC de 3L la actividad de endopectinasas se incrementó de manera constante, obteniéndose los valores más altos hacia el final de los cultivos: 0.61 ± 0.04 U/mL para STR a las 55 h (Fig. 2D), y 2.62 ± 0.02 U/mL (Corona) a las 146 h y 1.70 ± 0.03 U/mL (Riser) a las 138 h (Fig. 2E). En el BALTC de 10 L el valor máximo de actividad endopectinasas fue de 11.43 ± 0.16 U/mL en la corona a las 120 h y 12 ± 0.09 U/mL en el Riser a las 117 h; y posteriormente comenzó a disminuir hacia el final del cultivo (Fig. 2F). Este comportamiento puede explicarse porque la producción de endopectinasas está relacionada con la generación de biomasa, sin embargo, cuando existen altas concentraciones de azúcares reductores se activa la represión catabólica (Fratabianchi et al., 2017).

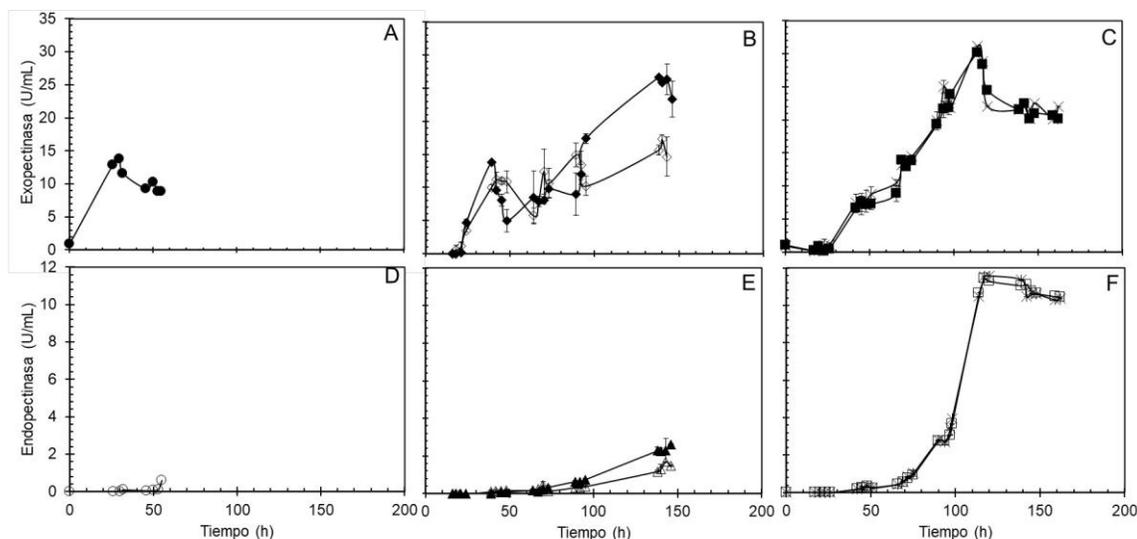


Figura 2. (A) Actividad Exopectinasa (●) del STR de 1.3 L, (B) Actividad Exopectinasa del BALTC 3 L Corona (◆) y Riser (◇), (C) Actividad Exopectinasa del BALTC 10 L Corona (■) y Riser (X), (D) Actividad Endopectinasa (○) del STR 1.3 L, (E) Actividad Endopectinasa del BALTC 3 L Corona (▲) y Riser (△), (F) Actividad Endopectinasa de BALTC 10 L Corona (□) y Riser (*).

La pectina contenida en la cáscara de limón tuvo que ser extraída al medio para que el hongo pudiera consumirla, actividad que puede atribuirse al metabolismo inicial del hongo, esto porque la pectina funciona como un inductor que promueve la expresión de enzimas degradantes como son las pectinasas (Martínez-Trujillo et al., 2009). La forma para detectar los oligosacáridos presentes en el medio sobre los que el resto de las enzimas actuaría fue cuantificando la cantidad de azúcares totales presentes en el medio. A ese respecto, la Figura 3 muestra cómo en todos los sistemas la concentración de azúcares totales comenzó a incrementar hasta alcanzar una concentración máxima y después disminuyó gradualmente. En STR la concentración máxima de azúcares totales (3.38 ± 0.14 g/L) se observó a las 10 h (Fig. 3D), mientras que en BALTC de 3L el valor máximo (4.89 ± 0.03 g/L en la Corona y 3.90 ± 0.18 g/L en el Riser) se observó a las 18 h (Fig. 2E); y en el BALTC de 10 L este máximo se obtuvo a las 48 h en la corona (5.24 ± 0.04 g/L) y a las 51 h en el riser (5.49 ± 0.07 g/L) (Fig. 2F). La disminución de azúcares totales es resultado de la acción de las endo y exopectinasas que degradaron la pectina de la cáscara de limón, liberando azúcares reductores al medio (Bennamoun et al., 2017).

La concentración de azúcares reductores comenzó a aumentar conforme se degradaba la pectina presente en la cáscara de limón, hasta obtenerse un máximo y después disminuyó gradualmente hasta el final del cultivo. La concentración máxima de azúcares reductores en STR fue de 0.49 ± 0.02 g/L a las 30 h (Fig. 3A). En BALTC de 3L la concentración máxima de Azúcares Reductores fue de 0.72 ± 0.03 g/L (corona) a las 39 h y 0.74 ± 0.02 g/L (riser) se observó a las 42 h (Fig. 2B); mientras que en el BALTC de 10 L el valor máximo de Azúcares Reductores (Fig. 2F) fue: 0.46 ± 0.12 g/L (corona) y 0.45 ± 0.09 g/L (riser) a las 45 h. Es claro que cuando la actividad metabólica del hongo era alta, la velocidad de consumo de azúcares reductores fue mayor que la de generación, lo que explica la irreversible disminución de esta especie a lo largo del cultivo.

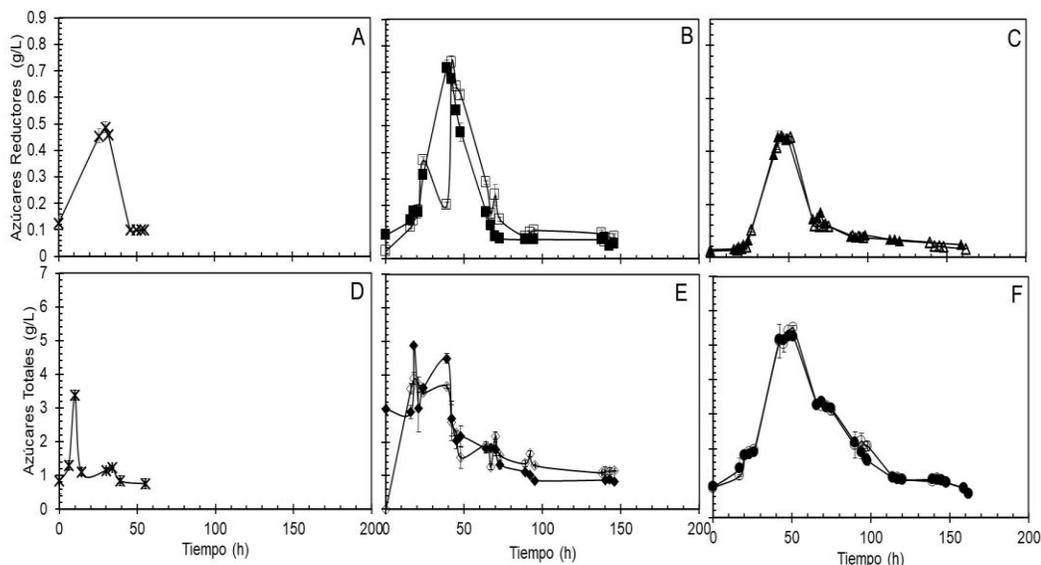


Figura 3. (A) Azúcares Reductores del STR (**) de 1.3 L, (B) Azúcares Reductores del BALTC de 3 L (Corona (■) y Riser (□)), (C) Azúcares Reductores del BALTC 10 L (Corona (▲) y Riser (△)), (D) Azúcares Totales del STR (**) 1.3 L, (E) Azúcares Totales del BALTC 3 L (Corona (●) y Riser (◇)), (F) Azúcares Totales de BALTC 10 L (Corona (●) y Riser (○))

En el Cuadro 1 se muestran los Reynolds para BALTC. El número de Reynolds es un parámetro adimensional que está relacionado con la agitación de la mezcla del cultivo en los biorreactores y se encuentra en función de la velocidad superficial de la fase líquida que a su vez depende de la velocidad superficial del gas (Li et al., 2022). Las velocidades superficiales de la fase líquida en el riser (0.085, 0.146 y 0.206 m/s) y downcomer (0.091, 0.102, 0.170 m/s) aumentaron cuando aumentó la escala de los biorreactores y fueron menores en el downcomer pero lo suficientemente altas para que las burbujas recircularan (Blažej et al., 2004). Los Re de los BALTC de 1.5, 3 y 10 L fueron más altos en la zona del riser (4391, 5940 y 6914) que en el downcomer (1832, 2169 y 2927), respectivamente. Estos Reynolds obtenidos en los sistemas mostraron que todos operaron en Régimen III, lo que indicó que el flujo fue turbulento y la velocidad superficial del gas fue rápida, condición necesaria para que los componentes del cultivo se mezclen y exista una adecuada transferencia de oxígeno al hongo (Tec-Caamal, 2018). Las diferencias en el Re en el riser y downcomer, pueden explicarse debido a las diferencias en la retención del gas en ambas zonas lo que produce una diferencia en la presión hidrostática, demostrado por Lizardi-Jiménez et al (2011) para un BALTC de 10 L; además encontraron valores de Re similares en el riser ($4000 < Re < 9000$) y downcomer ($200 < Re < 2200$). Las retenciones del gas en el downcomer fueron ligeramente menores que en el riser, esta diferencia es necesaria porque determina la fuerza motriz para la circulación del líquido y el área interfase entre el gas y la fase líquida (Li et al. 2022). Con respecto a la velocidad superficial del gas (0.030-0.43 m/s) se observaron bajas diferencias entre los BALTC y se encuentran dentro del intervalo reportado por Shariati et al. (2007) para un sistema con viscosidad similar.

Estos resultados hidrodinámicos se pueden relacionar con la producción de endo y exopectinasas debido a la agitación de los sistemas. En el sistema BALTC se obtuvieron actividades exo y endopectinasas significativamente mayores en comparación con STR (Fig. 2) esta disminución en las actividades enzimáticas en el sistema STR podría estar relacionado a la frecuencia de agitación. Ibrahim et al. (2015) encontraron que velocidades de agitación mayores a 150 rpm en sistemas STR conducen a una menor producción de biomasa y por consiguiente una menor producción de pectinasas en *A. niger* HFD5A-1. En contraste, flujos volumétricos de aire en sistemas BALTC mayores a 2.5 vvm promueven una limitación y da como resultado un aumento de coalescencia de las burbujas de aire en el riser, lo que reduce el suministro de oxígeno al medio líquido (Fontana et al., 2012). Michelín et al., 2011 observaron que para producir enzimas xilanolíticas por *A. terricola* en STR, la velocidad más baja necesaria para mantener una circulación homogénea debido a la alta viscosidad y el comportamiento newtoniano de los cultivos de hongos filamentosos fue 300 rpm, lo que implica más gasto energético; al comparar la producción de estas enzimas en BALTC utilizando 0.17 vvm de aireación, encontraron productividades de enzimas más altas.

Caracterización hidrodinámica	Cáscara de limón			
	SRT 1.3 L	BALTC 1.5 L	BALTC 3 L	BALTC 10 L
Parámetro				
Reynolds del Riser (Re_r)	4854	4391	5940	6914
Reynolds del Downcomer (Re_d)	-	1832	2169	2927
Régimen de flujo	III	III	III	III
Velocidad Superficial del Líquido en el Riser (U_{lr}) (m/s)	-	0.085	0.206	0.146
Velocidad Superficial del líquido en el downcomer (U_{ld}), m/s	-	0.091	0.102	0.170
Velocidad superficial del gas (U_{gr}), m/s	-	0.030	0.043	0.043
Hold-up general del sistema ϵ_g	-	0.052	0.049	0.063
Hold-up del downcomer ϵ_d	-	0.049	0.047	0.059
Hold-up del riser ϵ_r	-	0.055	0.053	0.066

Cuadro 1. Caracterización hidrodinámica a partir de correlaciones matemáticas: BALTC vs STR.

**Régimen de flujo: Régimen I: $Re \leq 2000$; Régimen II: $2000 \leq Re \leq 4000$; Régimen III : $Re \geq 4000$.

Conclusiones

Los resultados sugieren que las variables como la agitación, el flujo volumétrico de aire y la escala del biorreactor en BALTC influyen para producir endo y exopectinasas. El número de Reynolds puede utilizarse como variable para establecer el régimen de flujo. Las actividades endo y exopectinasas fueron favorecidas en los sistemas BALTC que en STR. Altos flujos de aire en el rociador en BALTC implican un aumento de coalescencia en las burbujas en el riser lo que perjudica la transferencia de oxígeno y la producción de pectinasas, probado por otros autores. En BALTC se puede utilizar bajos flujos volumétricos de aire para obtener altas productividades de pectinasas y mantener un régimen turbulento necesario para una agitación homogénea de los componentes.

Referencias

- Almowallad, S. A., Alshammari, G. M., Alsayadi, M. M., Aljafer, N., Al-Sanea, E. A., Yahya, M. A., & Al-Harbi, L. N. (2022). Partial Purification and Characterization of Exo-Polygalacturonase Produced by *Penicillium oxalicum* AUMC 4153. *Life*, 12(2), 284.
- Bennamoun, L., Hilgsmann, S., Dakhmouche, S., Ait-Kaki, A., Labbani, F. Z. K., Nouadri, T., ... & Thonart, P. (2016). Production and Properties of a Thermostable, pH—Stable Exo-Polygalacturonase Using *Aureobasidium pullulans* Isolated from Saharan Soil of Algeria Grown on Tomato Pomace. *Foods*, 5(4), 72.
- Blažej, M., M. Kiša, and J. Markoš. "Scale influence on the hydrodynamics of an internal loop airlift reactor." *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification* 43.12 (2004): 1519-1527.
- Dubois, M. K. (1956). Use of phenol reagent for the determination of total sugar. *Anal. Chem.*, 28, 350.
- Fontana, R. C., & da Silveira, M. M. (2012). Production of polygalacturonases by *Aspergillus oryzae* in stirred tank and internal-and external-loop airlift reactors. *Bioresource technology*, 123, 157-163.
- Fratebianchi, D., Cavello, I. A., & Cavalitto, S. F. (2017). Purification and biochemical and kinetic properties of an endo-polygalacturonase from the industrial fungus *Aspergillus sojae*. *Microbial Physiology*, 27(2), 102-109.
- Garg, G., Singh, A., Kaur, A., Singh, R., Kaur, J., & Mahajan, R. (2016). Microbial pectinases: an ecofriendly tool of nature for industries. *3 Biotech*, 6(1), 1-13.
- Gavrilescu, M., & Tudose, R. Z. (1998). Concentric-tube airlift bioreactors: Part I: Effects of geometry on gas holdup. *Bioprocess Engineering*, 19, 37-44.
- Hernández-Acevedo, A. G., Martínez-Trujillo, M. A., Cruz-Díaz, M. R., (2022). Modelo matemático para la producción de pectinasas por *Aspergillus flavipes* FP-500 en un biorreactor airlift de tubos concéntricos (BALTC).
- Ibrahim, D., Weloosamy, H., & Lim, S. H. (2015). Effect of agitation speed on the morphology of *Aspergillus niger* HFD5A-1 hyphae and its pectinase production in submerged fermentation. *World Journal of Biological Chemistry*, 6(3), 265.
- Li, L., Xu, X., Wang, W., Lau, R., & Wang, C. H. (2022). Hydrodynamics and mass transfer of concentric-tube internal loop airlift reactors: A review. *Bioresource Technology*, 127451.
- Lizardi-Jiménez, M. A., & Gutiérrez-Rojas, M. (2011). Assessment of the local hydrodynamic zones in a three-phase airlift reactor: looking for the lowest liquid-phase Re . *Revista mexicana de ingeniería química*, 10(1), 59-65.

- Martínez-Trujillo, A., Aranda, J. S., Gómez-Sánchez, C., Trejo-Aguilar, B., & Aguilar-Osorio, G. (2009). Constitutive and inducible pectinolytic enzymes from *Aspergillus flavipes* FP-500 and their modulation by pH and carbon source. *Brazilian Journal of Microbiology*, 40(1), 40-47.
- Martínez-Trujillo, A., Arreguín-Rangel, L., García-Rivero, M., & Aguilar-Osorio, G. (2011). Use of fruit residues for pectinase production by *Aspergillus flavipes* FP-500 and *Aspergillus terreus* FP-370. *Letters in applied microbiology*, 53(2), 202-209.
- Martínez-Trujillo, M. A. M., Barradas, J. S. A., & Osorio, G. A. (2012). Polygalacturonases of *Aspergillus flavipes* FP-500: a kinetic analysis of batch culture systems based on unstructured models. *International Journal of Chemical Reactor Engineering*, 10(1).
- Michelin, M., Polizeli, M. D. L. T. D. M., Silva, D. P. D., Ruzene, D. S., Vicente, A. A., Jorge, J. A., ... & Teixeira, J. A. (2011). Production of xylanolytic enzymes by *Aspergillus terricola* in stirred tank and airlift tower loop bioreactors. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 38(12), 1979-1984.
- Miller, G. L. (1959). Modified DNS method for reducing sugars. *Anal Chem*, 31(3), 426-428.
- Patidar, M. K., Nighojkar, S., Kumar, A., & Nighojkar, A. (2018). Pectinolytic enzymes solid state fermentation, assay methods and applications in fruit juice industries: a review. *3 Biotech*, 8(4), 1-24.
- Shariati, F. P., Bonakdarpour, B., & Mehriani, M. R. (2007). Hydrodynamics and oxygen transfer behaviour of water in diesel microemulsions in a draft tube airlift bioreactor. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 46(4), 334-342.
- Tec-Caamal, E. N., Jiménez-González, A., Ramírez-Vargas, R., Medina-Moreno, S. A., & Lizardi-Jiménez, M. A. (2018). Hydrodynamic effect of dispersed phase fraction on the mass transfer and uptake rate of hexadecane by an oil-degrading microbial consortium in an airlift bioreactor. *Biochemical Engineering Journal*, 130, 47-54.
- Wolf-Márquez, V. E., García-García, E., García-Rivero, M., Aguilar-Osorio, G., & Trujillo, M. A. (2015). Batch and pulsed fed-batch cultures of *Aspergillus flavipes* FP-500 growing on lemon peel at stirred tank reactor. *Applied biochemistry and biotechnology*, 177(6), 1201-1215.

Propuesta para Incrementar la Productividad a través de la Metodología Guerchet y SLP en la Empresa Maquinados Industriales el Pedregal S.A de C.V.

Dr. José Morales Lira¹, Andrés Alonso Pérez Gutiérrez²,
MC. José de Jesús Morales Quintero³, MAD. Daniel Cerritos Jasso⁴ y Dr. Juan Armando Zapatero Campos⁵

Resumen—En este proyecto se planteará una mejora continua dentro de la empresa Maquinados Industriales el Pedregal S.A de C.V., especializada en Maquinado de piezas metal mecánica para maquinaria y equipo en general. buscando redistribuir el área de inductores obteniendo un beneficio en cuanto a tiempos de traslado y eficiencia de personal entre cada área, utilizando metodologías de layout, el método Guerchet y el diagrama de flujo de proceso, adecuados para este tipo de proyecto, además de verificar que realmente tenga un impacto en la productividad.

Palabras clave—Layout, Método Guerchet, Diagrama de flujo de proceso y Productividad.

Introducción

La empresa Maquinados Industriales el Pedregal S.A de C.V., ubicada en el municipio de Apaseo el grande en el área de inductores se identificó que la problemática de la empresa está ligada a la mala distribución de maquinaria en la planta de trabajo, esto se refleja en:

- tiempo de traslado
- tiempo tiempos muertos, tiempo productivo.
- falta de asignación de los lugares para la maquinaria y materiales.

En el tiempo de traslado existe un área de oportunidad puesto que los lugares elegidos para la materia prima y herramientas actualmente no están bien definidos ocasionando que el operador tenga que trasladarse de un lugar a otro buscando el material o herramienta necesaria para desempeñar su trabajo, obteniendo una deficiencia de tiempo productivo.

En cuanto a la asignación y delimitación de áreas de maquinado es poco factible su ubicación dado que algunas maquinarias necesitan condiciones ambientales y especificaciones especiales en su instalación para tener un buen funcionamiento lo cual lo que se tomó en cuenta en el layout actual de esta área.

Por consiguiente, los pasillos se ven saturados y esto da origen a obstáculos en el flujo de materiales y personas cuando altos riesgos en la seguridad del trabajador y de los inventarios.

Se busca rediseñar el layout de la empresa Maquinados Industriales el Pedregal S.A de C.V., dentro del área de inductores, con el fin de maximizar espacios, buscando mejorar el flujo de personal e impactando la eficiencia en cuanto a tiempos de proceso de maquinado en esta área.

Descripción del Método

Diagrama de flujo de proceso.

Gracias al método diagrama de flujo del proceso (Cuadro 1), el cual se trabaja como análisis de métodos con los operadores como punto de partida, aunque no todos sean aplicables a todas las operaciones, se encontrara en ellos una base para poder mejorar el rendimiento operativo, reducción de tiempos muertos y distancias largas entre las áreas.

¹ Dr. José Morales Lira es Profesor Titular en el Tecnológico Nacional de México en Celaya. jose.morales@itcelaya.edu.mx (autor correspondiente)

² Andrés Alonso Pérez Gutiérrez es alumno en el Tecnológico Nacional de México en Celaya. 19030096@itcelaya.edu.mx

³ MC. José de Jesús Morales Quintero es profesor titular en el Tecnológico Nacional de México en Celaya. jesus.morales@itcelaya.edu.mx

⁴ MAD. Daniel Cerritos Jasso es jefe de Recursos Financieros del Tecnológico Nacional de México en Celaya. daniel.cerritos@itcelaya.edu.mx

⁵ Dr. Juan Armando Zapatero Campos es Profesor Titular en el Tecnológico Nacional de México en Celaya. armando.zapatero@itcelaya.edu.mx

Diagrama de flujo del proceso							
Ubicación: Apaseo el grande				Resumen			
Actividad: Inductores				Elemento	Presente	Propuesto	Ahorros
Fecha: 01/09/22				Operación	11		
Operador:		Analista:		Transporte	7		
Encierre el método y tipo apropiados				Retrasos	0		
Método:	Presente	Propuesto		Inspección	2		
Tipo:	Trabajador	Material	Maquina	Almacenamiento	0		
Comentarios:				Tiempo (min)	480		
				Distancia (ft)			
				Costo	\$		
Descripción de los elementos		Símbolo		Tiempo (min)	Distancia (m)	Recomendaciones al método	
análisis de plano		○ ⇨ D □ ▽		15			
Surtido de material		○ ⇨ D □ ▽		15	6		
Acomodando material		○ ⇨ D □ ▽		15			
Alineado de pieza		○ ⇨ D □ ▽		15			
Traslado a torneado CNC		○ ⇨ D □ ▽		5	1		
Torneado		○ ⇨ D □ ▽		90			
Alineado de pieza		○ ⇨ D □ ▽		15			
Torneado		○ ⇨ D □ ▽		15	1		
Fresado		○ ⇨ D □ ▽		60	1		
Traslado a electroerosionadora por hilo		○ ⇨ D □ ▽		5	9		
Electroerosionadora por hilo		○ ⇨ D □ ▽		45			
Alineado de pieza		○ ⇨ D □ ▽		5			
Torneado		○ ⇨ D □ ▽		15	10		
Traslado a rectificado cilíndrico		○ ⇨ D □ ▽		5	15		
Rectificado cilíndrico		○ ⇨ D □ ▽		75			
Alineado de pieza		○ ⇨ D □ ▽		5			
Torneado		○ ⇨ D □ ▽		15	15		
Traslado a rectificado plano		○ ⇨ D □ ▽		5	15		
Rectificado plano		○ ⇨ D □ ▽		45			
Sand blastado		○ ⇨ D □ ▽		15	19		
Total				480	92		

Cuadro 1. Diagrama de flujo de proceso

El Inventario General de la empresa se muestra en el cuadro 2:

Inventario de maquinaria	Inventario de herramienta	Inventario de personal	Inventario de materia prima
1 CNC torno	1 esmeril	1 operario CNC torno	Acero 1018
1 CNC fresadora	1 compresor	1 operario CNC fresa	Cobre
1 Torno	7 mesas de trabajo	1 operario tornero	Acero 316
3 fresadoras	1 bomba presurizada	3 operarios fresadores	Naylamen
2 WEDM	2 racks	1 operario de electroerosión	Soldadura cobre, plata
1 rectificadora		1 operario rectificador	
1 Sand blasteadora		1 sand blasteador	
1 cortadora		1 cortador	
1 máquina de soldadura		2 soldadores	

Cuadro 2. Inventario

Los servicios necesarios para la producción del producto de proceso de producción de una bobina modelo **10348330-APXI-410**, aunque no interviene directamente si es esencial para el movimiento de las máquinas, es la electricidad. Esta es abastecida por la Comisión Federal de Electricidad de Apaseo el grande Guanajuato.

Se Utiliza maquinaria que necesita agua mezclada con un abrasivo, pero en una cantidad mínima, de aproximadamente 40 lt por semana. La característica principal que debe tener el agua es que debe estar libre de sales para no dañar la maquinaria de electroerosión. Para diseñar, cortar, y ensamblar las partes componentes de una bobina, es necesario contar, además de las materias primas, equipos, maquinaria, herramientas y mano de obra, con algunos servicios como:

- Instalación de energía eléctrica con C.A. monofásica y trifásica con voltajes de 125 y 250 voltios respectivamente, para alumbrado y potencia.
- Alumbrado fluorescente. - principalmente para el área de producción, para lograr una aproximación satisfactoria a la luz blanca (generalmente se considera ideal la luz blanca y una aproximación a la luz solar media), con la finalidad de conseguir un esparcimiento de la luz sobre una superficie mayor.
- Instalación hidráulica sanitaria. - para todos los servicios básicos con que contará la planta como son: comedor, baños en el área de producción, área de oficinas, etc.
- Ventilación adecuada. Necesaria para evitar la fatiga y accidentes, ya que toda clase de ambientes viciados causa fatiga y tensiones mentales queda el rendimiento de los trabajadores, pudiendo provocar con ello accidentes.

A continuación, se describen las operaciones y secuencias de la fabricación de piezas maquinadas para la industria en un proceso que implica la participación de trabajadores que en conjunto logran dar forma y aplicabilidad al producto terminado.

Dentro del proceso de la elaboración de la bobina 10348330-APXI-410 se encuentran procesos con maquinaria avanzada como CNC fresadora, Torno CNC, pero a pesar de utilizar esta maquinaria parte de su proceso es considerado una artesanía ya que en el área de soldadura es donde se define la calidad y funcionalidad de la pieza.

Para dar una idea de las operaciones que conforman la producción de la bobina se muestra el diagrama de flujo de proceso en la figura 1.

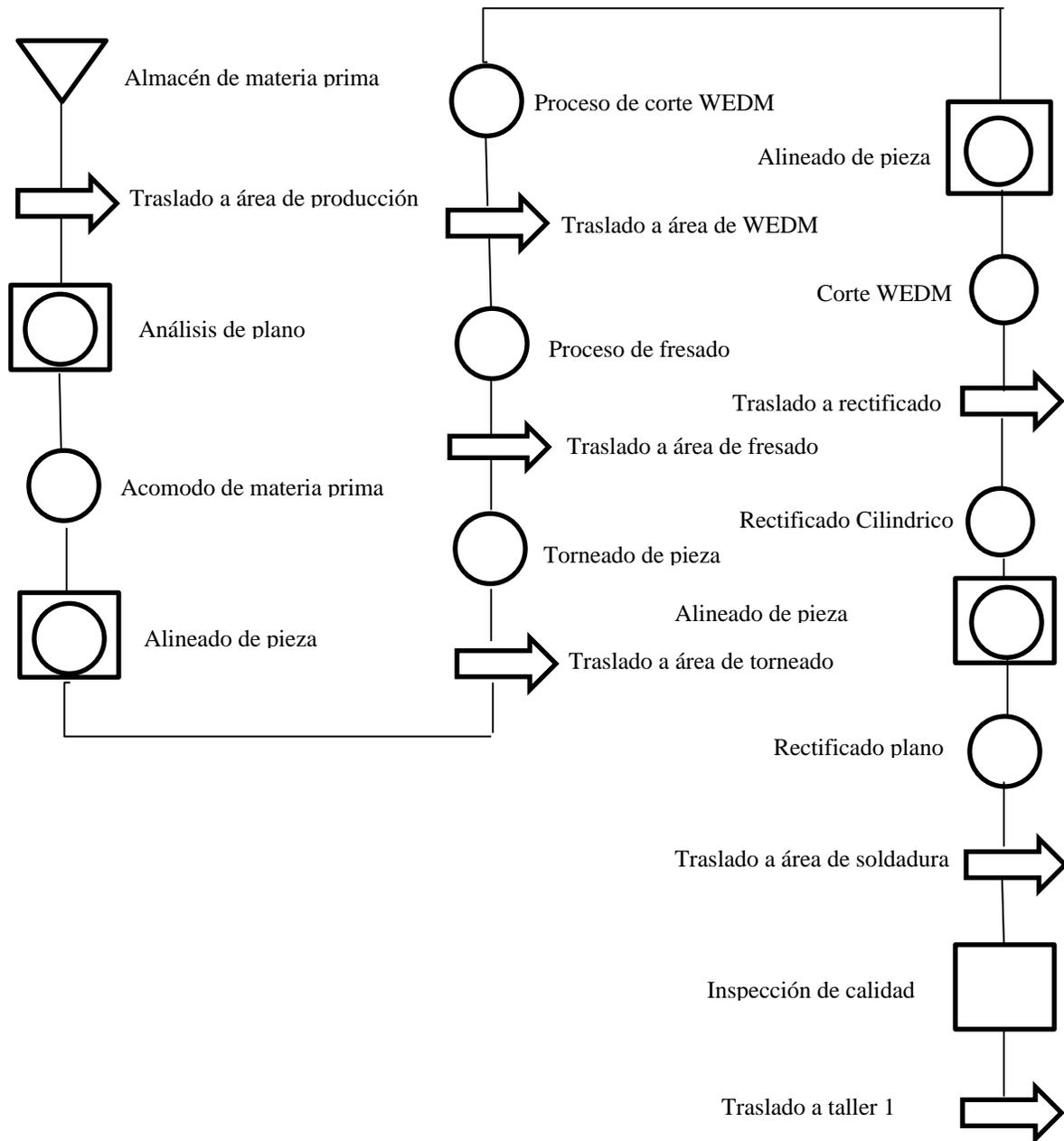


Figura 1. Diagrama de flujo de proceso

Distribución en planta o layout

La distribución en planta o layout, es el proceso de ordenamiento de los elementos que conforman el sistema productivo en el espacio físico, de manera que se alcancen los objetivos de producción de la forma más adecuada y eficiente posible. Es considerada una de las decisiones de diseño más importantes dentro de la estrategia de operaciones de una organización (Chase & Jacobs, 2014; Krajewski, Malhotra, & Ritzman, 2015).

La distribución en planta tiene un impacto importante y directo en la eficiencia de la producción y el nivel de productividad de los sistemas de manufactura, de ahí que la identificación de las oportunidades de mejora de la distribución espacial de los centros de actividad que conforman un sistema productivo sea vital para contribuir a la mejora de la productividad del trabajo de una organización

Aplicación de metodología GUERCHET

Dentro de esta metodología se procede a obtener la superficie estática (Ss), superficie de gravitación (Sg), superficie de evolución (Se), superficie total (St). Coeficiente K= 3 y se muestra en la figura 2.



Figura 2 Muestra de las superficies.

Superficie estática:

$$Ss = L * A$$

$$Ss = 2 * 1.2 = 2.4m^2$$

Tabla 1 Calculo de ss

Maquinaria	Largo	Ancho	Ss
Torno CNC BOOHI	2	1.2	2.4
Torno al aire	2	1.25	2.5
Fresadora CNC HAAS	2	1.5	3
Fresadora	1.5	2	3
Soldadura	1.7	1.5	2.55
WEDM-electro erocionadora	1.25	2	2.5
Rectificadora plana	2.2	1.5	3.3
Chuletera	1.2	1.7	2.04
Compresor	1.4	1.4	1.96
Bomba presurizada	1	2.3	2.3
Esmeril de mesa	1	2	2

Superficie de gravitación:

$$Sg = Ss * N$$

$$Sg = 2.4 * 1 = 2.4m^2$$

Tabla 2: Calculo de Sg

Maquinaria	Ss	N	Sg
Torno CNC BOOHI	2.4	1	2.4
Torno al aire	2.5	1	2.5
Fresadora CNC HAAS	3	1	3
Fresadora	2	3	6
Soldadura	2.55	3	7.65
WEDM-electro erocionadora	2.5	4	10
Rectificadora plana	3.3	2	6.6

Chuletera	2.04	2	4.08
Compresor	1.96	1	1.96
Bomba presurizada	2.3	1	2.3
Esmeril de mesa	2	1	2

Superficie de evolución:

$$Se = (Ss + Sg) * K$$

$$Se = (2.4 + 2.4) * 3$$

Tabla 1: Calculo de Se

Maquinaria	Ss	N	Sg	Se
Torno CNC BOOHI	2.4	1	2.4	9.6
Torno al aire	2.5	1	2.5	10
Fresadora CNC HAAS	3	1	3	12
Fresadora	2	3	6	16
Soldadura	2.55	3	7.65	20.4
WEDM-electro erocionadora	2.5	4	10	25
Rectificadora plana	3.3	2	6.6	19.8
Chuletera	2.04	2	4.08	12.24
Compresor	1.96	1	1.96	7.84
Bomba presurizada	2.3	1	2.3	9.2
Esmeril de mesa	2	1	2	8

Superficie total:

Tabla 3: Calculo de St

Maquinaria	Ss	N	Sg	Se
Torno CNC BOOHI	2.4	1	2.4	9.6
Torno al aire	2.5	1	2.5	10
Fresadora CNC HAAS	3	1	3	12
Fresadora	2	3	6	16
Soldadura	2.55	3	7.65	20.4
WEDM-electro erocionadora	2.5	4	10	25
Rectificadora plana	3.3	2	6.6	19.8
Chuletera	2.04	2	4.08	12.24
Compresor	1.96	1	1.96	7.84
Bomba presurizada	2.3	1	2.3	9.2
Esmeril de mesa	2	1	2	8
Total	26.55		48.49	150.08

St	225.12	m2
-----------	---------------	----

Posteriormente se calculan los metros cuadrados del terreno donde se encuentra la empresa:

$$SS = L * A$$

$$SS = 24.2 * 12 = 290.4m^2$$

De acuerdo con el resultado obtenido en la formula anterior, se compara con el resultado del método Guerchet a lo cual se puede establecer que el terreno es apto para realizar una distribución de planta eficiente.

Propuesta de distribución de planta

En base a los resultados la primera propuesta para realizar la distribución de planta es la siguiente:

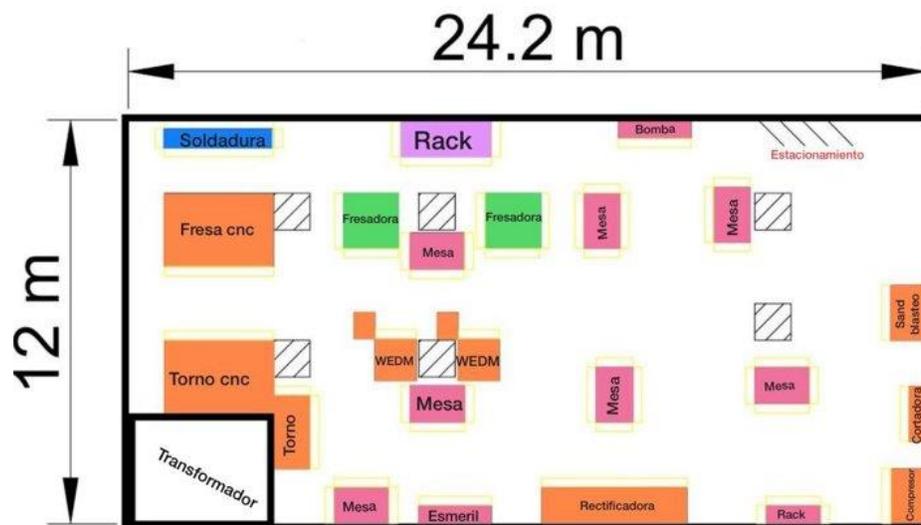


Figura 3 Propuesta de layout

En esta propuesta de layout se puede observar que se realizó un movimiento de maquinaria tales como, Fresadoras, rectificadora, mesas de trabajo, racks con esto se busca lograr impactar en la eficiencia y productividad de los operarios.

Cabe mencionar que dos maquinarias fueron descontinuadas las cuales son (1 fresadora y una rectificadora cilíndrica), por averías que las volvieron obsoletas.

Comentarios Finales

Con respecto a los resultados obtenidos en la metodología anterior se espera que el propietario elija la opción más factible para su empresa y posteriormente realizar nuevamente un gráfico de control para analizar el comportamiento del proceso y verificar que realmente tenga un impacto en la productividad.

Referencias

- ALTERTECNIA. (31 de 08 de 2018). ALTERTECNIA. Obtenido de Claves para diseñar un layout: <https://altertecnica.com/claves-disenar-buen-layout/>
- Fuentes, C. M. (2016). Propuesta para un layout del almacén de la comercializadora S&E, en la ciudad de Medellín. Medellín: ENSUMER.
- Lopez, S. (12 de febrero de 2021). Diseño y distribución en planta. Obtenido de Ingeniería Industrial online: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/diseño-y-distribución-en-planta/que-es-el-diseño-distribución-en-planta/amp/>
- Machinery. (5 de 10 de 2022). Máquina fresadora cnc. Obtenido de EMH: <https://emhmachinery.com/que-es-una-maquina-fresadora-cnc/>
- Napán, i. A. (03 de 09 de 2022). Cálculo de áreas "método Guerchet". Obtenido de Ingeniería de plantas: <file:///C:/Users/andre/Downloads/Ingenier%C3%ADa%20de%20Plantas%2010%20-%20C%C3%A1culo%20de%20C%C3%A1reas.pdf>
- Velazquez, C. A. (16 de 04 de 2020). El nuevo empresario. Obtenido de ¿Qué es el Layout o distribución de la planta?: <https://elnuevoempresario.com/que-es-el-layout-o-distribución-de-la-planta/#gs.dc964u>

Métodos de Reparación de Ductos de Transporte de Hidrocarburos Simulados Mediante Elemento Finito

Dr. Alfredo Morales Reyes¹, Dr. Carlos Efrén Jiménez Acosta²,
MC Rene Perez P³, Ferly Maldonado Hernández⁴

Resumen—Cuando un ducto registra un defecto que rebasa los límites permisibles es factible su reparación mediante envolventes mecánicas y este trabajo es enfocado al análisis de tres sistemas de reforzamiento mecánico ya que son más rentables ante el remplazo de una sección del ducto. Por esta razón, los operadores utilizan métodos de reparación que no impliquen dejar fuera de servicio el ducto. El diseño de una envolvente para la reparación de ductos es una tarea que requiere del trabajo de expertos en diseño mecánico, materiales e integridad mecánica. Mediante la simulación por elemento finito se analiza el comportamiento mecánico de tres sistemas de reparación en un ducto que tiene una pérdida de metal del 80% del espesor y los resultados se muestran con el concepto de índice de reforzamiento que es la razón de los esfuerzos en la sección del defecto sin reparar versus los esfuerzos con envolvente.

Palabras clave—Envolventes, elemento finito, defectos, ductos, integridad mecánica, zonas de alta consecuencia.

Introducción

Las tuberías de acero con que se construyen los ductos de conducción de hidrocarburos presentan defectos que reducen su resistencia mecánica o son causa de fugas. Cuando se detecta un segmento de ducto con defectos, las buenas prácticas de mantenimiento requieren que la integridad mecánica del segmento dañado sea evaluada; entendiendo como integridad mecánica la capacidad de un ducto para desempeñar la función para la cual fue diseñado de acuerdo con Carl E. Jaske. Si la evaluación de integridad mecánica de un segmento de ducto indica que una reparación es requerida, una opción es suspender la operación, cortar el segmento y reemplazarlo por un nuevo tramo de ducto; sin embargo, este método es muy costoso por sí mismo y mucho más si se suma la pérdida por la interrupción de la producción. Por ello, actualmente la industria de transporte de hidrocarburos por ducto, siempre que le es posible, realiza la reparación de tramos de ducto dañados mediante envolventes ya sea metálicos o no metálicos, que son cuerpos cilíndricos que se instalan en el perímetro exterior de la tubería y son fijados mediante soldadura, sujetadores mecánicos o adhesivos. La envolvente puede funcionar de varias maneras para reparar: una es simplemente obturando o bloqueando un orificio de fuga, otra es reforzando mecánicamente la sección dañada y la tercera es como un contenedor de presión que actúa como una tubería de respaldo. En este marco se desarrolla este trabajo el cual consiste en simular mediante elemento finito una matriz de casos de un ducto de 24" de diámetro con espesor de 0.5" de especificación del material API5LX52, el cual tiene una pérdida de metal del 80% del espesor y una longitud axial de 4". El primer caso consistió en simular una sección del ducto sin defecto para la presión de diseño de 1,500 psi, el cual se toma como referencia para determinar el esfuerzo de trabajo circunferencial en un ducto libre de defectos. En el segundo caso se simuló la pérdida de metal ya descrita misma que generó una presión máxima permisible de 313 psi considerando el 72% del esfuerzo de cedencia de 52,200 psi. Ahora bien, sobre el ducto con la pérdida de metal se simulan tres tipos de envolventes, primeramente, una envolvente metálica con espacio anular con resina y soldada en sus extremos al ducto mediante soldadura de filete. La segunda simulación es una envolvente metálica sin resina en el espacio anular y con soldadura circunferencial en sus extremos y el tercer caso es una envolvente no metálica fabricada de un material compuesto tal como fibra de vidrio (Chris Alexander, Bob Francini).

Las envolventes tienen dos vertientes, pueden ser refuerzos mecánicos o contenedores de presión. Es importante seleccionar la envolvente adecuada para reparar los defectos ya que de otra manera se incrementa el riesgo de falla. El termino de reforzamiento mecánico es sinónimo de limitar la deformación circunferencial o reducir el esfuerzo en el ducto en la sección reparada. La NOM 009 ASEA 2017 autoriza oficialmente envolventes mecánicas tipo A y tipo B. La respuesta a la emergencia ante una fuga implica la disposición inmediata de un sistema tipo A de

¹ El Dr. Alfredo Morales Reyes, es profesor del Tecnológico Nacional de México, Tecnológico de Puebla.
alfredo.morales@puebla.tecnm.mx

² El Dr. Carlos Efrén Jiménez Acosta, es profesor del Tecnológico Nacional de México, Tecnológico de Puebla,
carlos.jimenez@puebla.tecnm.mx

³ El MC Rene Perez Perez, es profesor del Tecnológico Nacional de México, Tecnológico de Puebla.
rene.perez@puebla.tecnm.mx

⁴ El Ing. Ferly Maldonado Hernández, es profesor del Tecnológico Nacional de México, Tecnológico de Puebla.
Ferly.maldonado@puebla.tecnm.mx

contención que garantice la hermeticidad, sin embargo, es considerada como una reparación provisional, ahora bien, si está diseñada para soportar la presión de diseño y temperatura del ducto puede funcionar como tipo B definitiva.

Formulación de Recipientes a Presión

Esfuerzos en un recipiente a presión

De acuerdo con el diagrama de cuerpo libre que se muestra en la figura 1, se denota que el sistema está regido por la presión de operación del ducto, P (psi), donde los esfuerzos resultantes de ambos sistemas cilíndricos en un elemento de pared estarán contenidos en un plano tangente a la superficie de ambos recipientes. De lo anterior para este análisis considérese un sistema cilíndrico de radio interior r (in) y un espesor t (in), que contiene un fluido a presión. Debido a la simetría axial del recipiente y de su contenido, es claro que los esfuerzos principales son los longitudinales y circunferenciales, primero se retira una porción de recipiente limitado por el plano xy y por dos planos paralelos al plano yz con una distancia dx de separación entre ellos. Las fuerzas paralelas al eje z que actúan en el cuerpo libre así definido consisten en las fuerzas elementales $\sigma_1 da$ en las secciones de pared y en las fuerzas de presión elementales $P da$ ejercidas sobre la porción de fluido incluido en el diagrama de cuerpo libre.

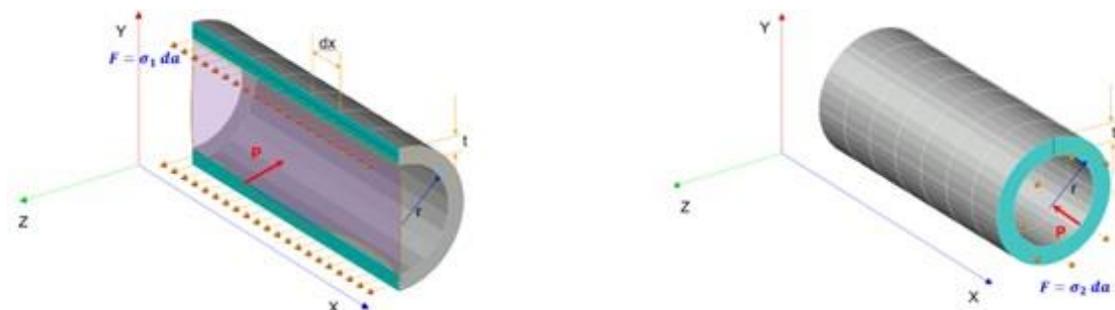


Figura 1. Recipientes a presión, imagen ilustrativa para determinar ecuaciones de comportamiento mecánico.

La figura 1a, muestra la resultante de fuerzas internas $\sigma_1 da$ es igual al producto del esfuerzo principal por el diferencial de área transversal $2t dx$ de la pared, mientras que la resultante de las fuerzas $P da$ es el producto de P y el área $2r dx$. Escribiendo la ecuación de equilibrio $\sum F_z = 0$, se tiene:

$$\sum F_z = 0 \quad \sigma_1 (2t dx) - P (2r dx) = 0 \quad (1) \text{ despejando } \sigma_1, \quad \sigma_1 = \frac{Pr}{t} \quad (2)$$

La figura 1b, ilustra la resultante de fuerzas internas $\sigma_2 da$ es igual al producto del esfuerzo secundario por el diferencial de área $2\pi r t$ de la pared transversal, mientras que la resultante de las fuerzas $P da$ es el producto de P y el área πr^2 . Escribiendo la ecuación de equilibrio $\sum F_x = 0$, se tiene:

$$\sum F_x = 0 \quad \sigma_2 (2\pi r t) - P (\pi r^2) = 0 \quad (3) \text{ despejando } \sigma_2, \quad \sigma_2 = \frac{Pr}{2t} \quad (4)$$

La ecuación 2, es comúnmente conocida por la ecuación de Barlow y en los marcos normativos como el ASME B31.4 y B31.8 es aplicada considerando otros parámetros tales como factor diseño y de temperatura.

Modelo Mediante Elemento Finito

Simulación del ducto sano versus con pérdida de metal externa

Se modela la matriz de casos de estudio en la formulación lineal mediante elemento finito en tres dimensiones aplicando para todos los casos elementos (sólido 186 con 20 nodos) y tres grados de libertad por nodo, las condiciones de frontera que se aplicaron fueron restringir el movimiento de cuerpo libre axialmente y permitir deformación radial. La figura 2 muestra el modelo del tubo sano y el tubo con defecto.



Figura 2. Ducto de 24" de diámetro y espesor de 0.5", a la derecha se muestra la pérdida de metal del 80%.

La figura 3, muestra la simulación del tubo conductor sano con una presión interna de 1500 psi. El tubo con la pérdida de metal del 80%, es decir, un espesor remanente de 0.1” circunferencialmente y con una longitud axial de 4”. Si aplicamos la ecuación 2 para el tubo conductor tenemos un esfuerzo principal, $\sigma=(1500 \text{ psi})(12\text{in})/(0.5\text{in})=36,000 \text{ psi}$, lo cual si observamos el valor de la simulación que corresponde a 35,229 psi, hay una convergencia al valor teórico. La simulación de la pérdida de metal externa soporta una presión de 313 psi, misma que genera un esfuerzo promedio cercano al 72% de la resistencia de cedencia del material. La capacidad de soportar la presión de un ducto se ve mermada en la presencia de defectos, en este caso se redujo 4.7 veces su capacidad operativa.

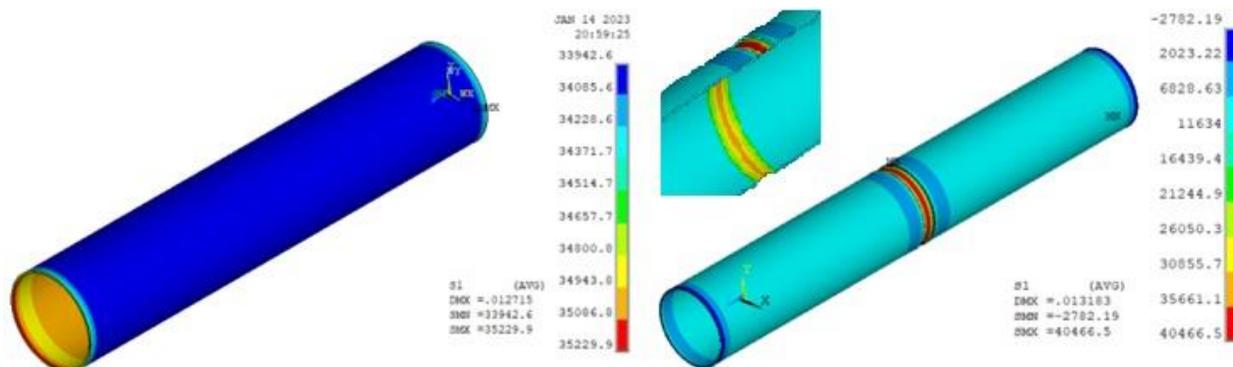


Figura 3. Esfuerzo principal 1, en ducto sano a 1500 psi y a la izquierda en ducto con pérdida de metal a 313 psi. Simulación del ducto reparado mediante envoltente mecánica con polímero en el espacio anular

El primer modelo de envoltente que se simula corresponde a una **envoltente metálica contenedora de presión**, la cual consiste en dos placas roladas de acero al carbono cuyo diámetro exterior es mayor al diámetro de la tubería donde se instalará concéntricamente; el espacio anular generalmente se rellena con resina epoxica o grasas sellantes (Ahmed R. Alian), en los extremos esta provista de reducciones cónicas que permiten efectuar la soldadura de las dos medias placas roladas al tubo conductor circunferencialmente mediante soldadura de filete, una vez conformado el cuerpo cilíndrico concéntrico al tramo de tubo con el defecto se procede a inyectar el polímero en estado líquido mismo que luego solidifica, conformando un espesor compuesto por espesor remanente del tubo, resina sólida y espesor de la envoltente metálica. La figura 4 muestra la envoltente metálica con resina en el espacio anular.

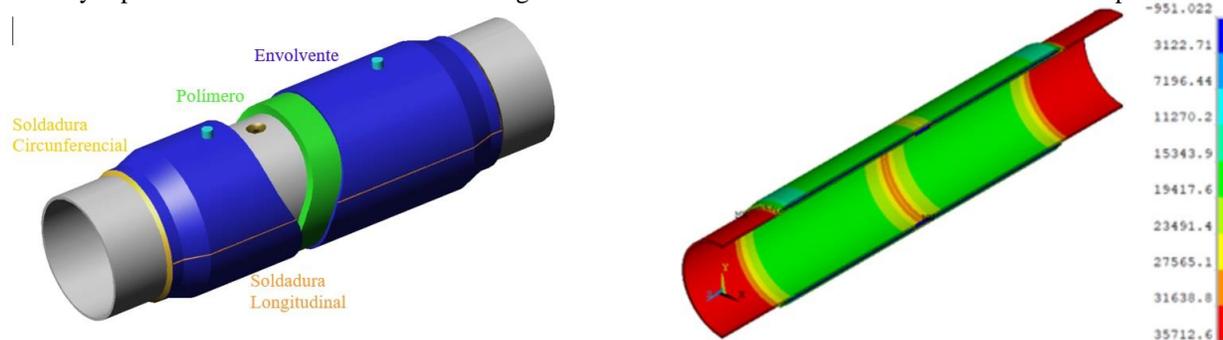


Figura 4. Envoltente metálica con resina en el espacio anular, presión interior de 1500 psi.

El esfuerzo principal en el cuerpo metálico de la envoltente es de 19,417 psi, y el esfuerzo en el defecto se redujo a 31,638 psi. Ahora bien, el esfuerzo en un recipiente a presión con diámetro exterior de 26 in y con espesor de 0.5 in de la envoltente simulada para la presión de 1500 psi sin polímero en el espacio anular es de 39,000 psi, la reducción de esfuerzos es la relación de $39,000 \text{ psi} / 19,417 \text{ psi} = 2$ unidades. Sin embargo, veamos la otra óptica de esta reparación, el esfuerzo en el defecto para la presión de 1500 psi sin reparar rebasaría la resistencia última del material de 66,700 psi, lo que se traduce en una fractura del ducto, calculando el esfuerzo principal mediante la fórmula 2 se obtiene un valor de 180,000 psi (sin embargo para determinar un valor consistente se toma la resistencia ultima) y dividiendo entre el esfuerzo del defecto en la sección reparada se obtiene una relación de $66,700 \text{ psi} / 31,638 \text{ psi} = 2.1$ unidades.

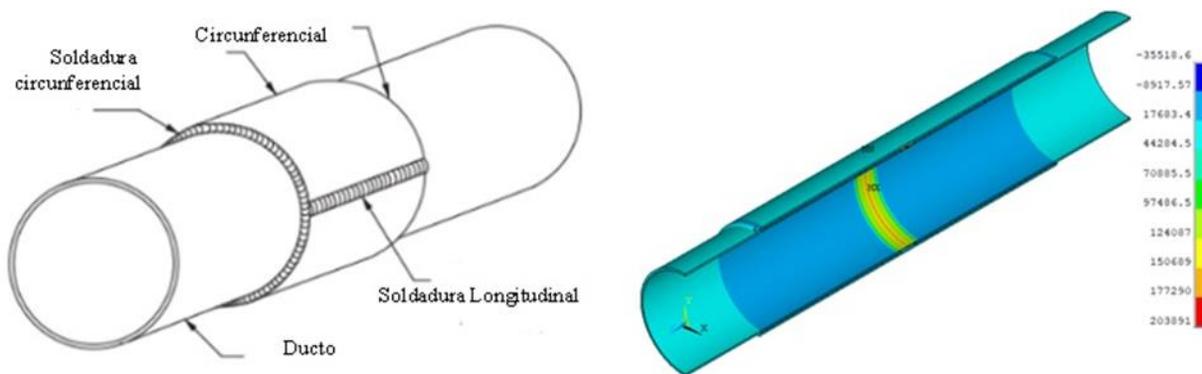


Figura 5. Envoltente metálica de contacto sin polímero en el espacio anular, presión interior de 1500 psi.
Simulación del ducto reparado mediante envoltente mecánica de contacto sin resina

En la figura 5 se muestra una envoltente de contacto la cual consiste en dos medias cañas roladas de acero al carbono, cuyo diámetro es ligeramente mayor al tubo conductor para este caso tienen un diámetro exterior de 25.25 in con espesor de 0.5 in y una especificación del material API5LX52, se instala al ducto mediante soldaduras circunferenciales y longitudinales, para el conformado de la envoltente se debe dejar un espacio anular de 0.125 in. Cabe destacar que no incluye ningún material de relleno en el espacio anular lo cual permite la libre expansión radial del espesor remanente del defecto (Roland Palmer-Jones). El esfuerzo principal en el cuerpo metálico de la envoltente de la figura 5 es de 36,619 psi, y el esfuerzo de trabajo principal en el defecto rebasa el esfuerzo ultimo de 66,700psi, alcanzando un valor de 203,891 psi, se hace necesario aclarar que el defecto fractura a una presión de 555 psi, los valores de la simulación con respecto a la presión interna son para tener igualdad en los valores de condiciones de carga. El esfuerzo en un recipiente a presión con el diámetro de 25.25 in de diámetro exterior con espesor de 0.5 in de la envoltente simulada para la presión de 1500 psi sin polímero en el espacio anular es de 37,875 psi, la reducción de esfuerzos es la relación de $37,875 \text{ psi} / 36,619 \text{ psi} = 1$ unidad. Con esto se deduce que su comportamiento mecánico de la envoltente es similar a un recipiente a presión y también que no reduce los esfuerzos en el área del defecto permitiendo su libre expansión y fractura.

Simulación del ducto reparado mediante envoltente de polímero

En la figura 6 se muestra una envoltente fabricada de material compuesto cuyo sistema consiste en sistema de reparación diseñado y saturado en el campo hecho de tela de fibra de vidrio patentada aplicada con un epoxi de dos partes y un material de relleno de alto módulo, el espesor de la reparación es de 0.5 in. Se utiliza a nivel mundial en plantas, refinorías, parques de tanques, terminales y en activos costa afuera como una reparación que contiene presión para sellar fugas y como una reparación de refuerzo para restaurar la resistencia de una tubería en las direcciones axial y circunferencial.

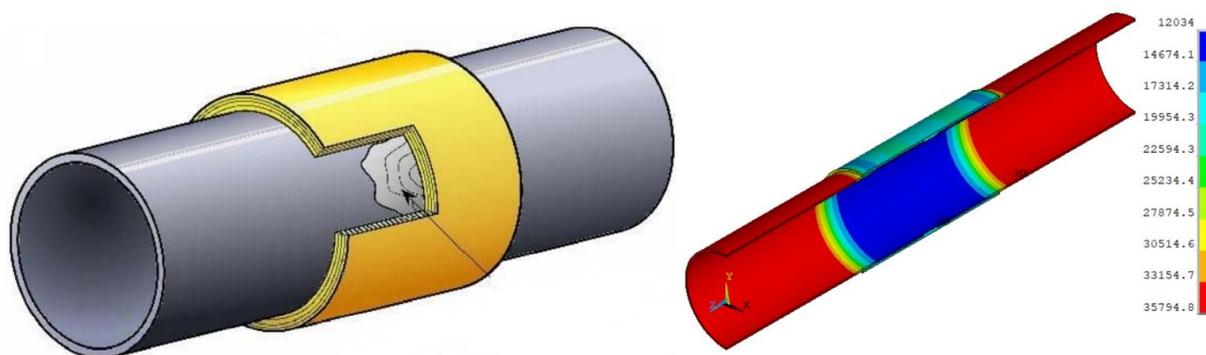


Figura 6. Envoltente de material compuesto, presión interior de 1500 psi.

El esfuerzo principal en el cuerpo de material compuesto de la envoltente de la figura 6 es de 17,314 psi, y el esfuerzo de trabajo principal en el defecto es de 14,674 psi. Ahora bien, el esfuerzo en un recipiente a presión con diámetro exterior de 25 in con espesor de 0.5 in de la envoltente simulada para la presión de 1500 psi sería de 37,500 psi, la reducción de esfuerzos es la relación de $37,500 \text{ psi} / 17,314 \text{ psi} = 2.16$ unidades. Ahora bien, la relación del

esfuerzo en el defecto generado por la presión de 1500 psi versus la reducción de estos por la reparación de material compuesto está dada por $66,700 \text{ psi} / 14,674 \text{ psi} = 4.5$ unidades.

La grafica de la figura 7 muestra el esfuerzo principal en la envoltura versus la presión de 1500 psi en los tres tipos de reparación.

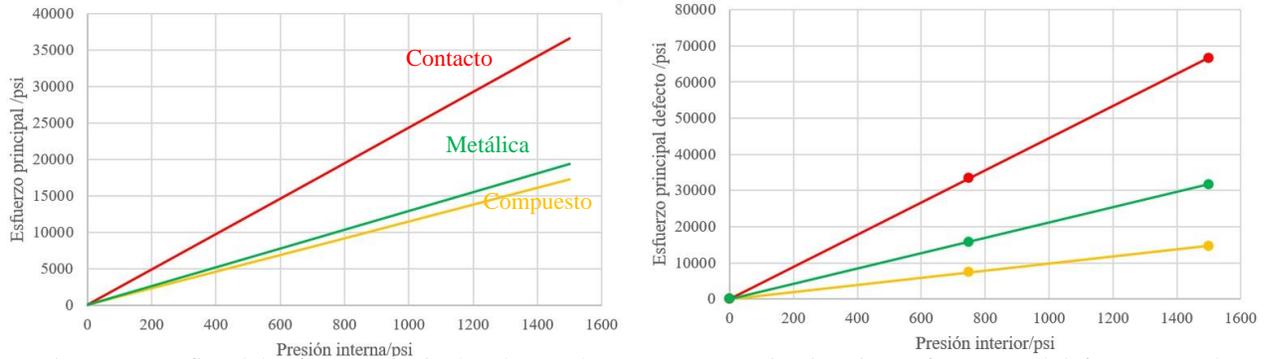


Figura 7. Grafica del esfuerzo principal en la envoltura versus presión interior, esfuerzo en el defecto reparado.



Figura 8. Envoltura con polímero en el espacio anular, fractura la sección no reparada.



Figura 9. Envoltura de contacto, fractura la sección reparada.



Figura 10. Envoltente de material compuesto, fractura la sección no reparada.

Las figuras 8, 9 y 10 muestran las diferentes zonas de falla de los sistemas analizados que fueron sometidos a una prueba hidrostática hasta la presión de fractura, la figura 8 ilustra el sistema de envoltente metálica con polímero en el espacio anular en donde la fractura la sección del tubo no reparada, en la figura 9 se observa una probeta de contacto cuya falla esta ubicada en la sección reparada y la figura 10 muestra la reparación de material compuesto en donde la sección no reparada se fractura. En otras palabras, la reparación de envoltente metálica de contacto no es la mejor opción para reparar defectos con una pérdida de metal del 80% y longitudes del defecto que superen el cálculo del ASME B31G. La última etapa del programa de reparación y rehabilitación es la evaluación del mecanismo de reparación. La evaluación de la integridad mecánica determina con que método de reparación se solucionará el problema. Si se logra que los criterios de decisión tengan el mínimo exceso de conservadurismo, se pueden tener importantes beneficios económicos positivos para los operadores de los ductos. El método de reparación depende del tipo de anomalía, de acuerdo con la normatividad vigente. El cuadro 1 muestra las propiedades utilizadas y resultados.

Propiedad /Tipo de Envoltente	Metálica con Resina	Metálica de Contacto	Material compuesto
Módulo de Elasticidad	750,000 psi	30,000,000 psi	8,500,000 psi
índice de reforzamiento	2.1	<1	4.5

Cuadro 1 Propiedades e índice de reforzamiento

Conclusiones

La ventaja de los tres métodos de reparación es la bondad de instalarse sin la interrupción de la producción.

La reparación metálica con resina permite una efectiva transmisión de los esfuerzos del tubo conductor a la envoltente, lo que le permite ser un efectivo sistema de reforzamiento y al mismo tiempo bloquea cualquier fuga que pudiera ocurrir en el tramo reparado.

Una envoltente de contacto se conceptualiza como un recipiente a presión, diseñado para contener la presión de operación del ducto en caso de fuga, pero no necesariamente refuerza el tubo porque no existe un elemento transmisor de los esfuerzos a la envoltente, permitiendo la deformación de la sección reparada.

La envoltente no metálica, se diseña con base en la recuperación de la resistencia mecánica del ducto, por perdida por corrosión exterior, para alcanzar la resistencia a la ruptura a las condiciones originales del ducto o tubería, cumpliendo con la metodología para defectos descritos en las normas y métodos de reparación aceptados internacionalmente. Estos sistemas de refuerzo mecánico no metálico para reparación de ductos y tuberías de proceso en operación son fabricados con resinas epóxicas combinadas con mallas sintéticas de alta resistencia como fibra de carbono, fibra de vidrio o kevlar, dándole acabados con pintura con protección UV, el cual ayudará a prolongar la vida del servicio y también a garantizar los trabajos realizados hasta por 10 años.

Referencias

Ahmed R. Alian, Mostafa Shazly, Mohammad Mohammad Megahed, Finite Element Simulation of In-Service Sleeve Repair Welding of Gas Pipelines Article in Applied Mechanics and Materials · March 2013

ALEJANDRO J. GIUDICI, ARIEL E. MATUSEVICH, Falla De Gasoductos Con Defectos Volumétricos, Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica. Vol. 20, N.º 1 pp. 03-20, 2016

American Society of Mechanical Engineers, Gas Transmission and Distribution Piping Systems, ASME B31.8, New York, New York, 2021 edition.

American Society of Mechanical Engineers, Repair of pressure equipment and piping, ASME PCC2, New York, New York, 2018 edition

Carl E. Jaske, Brian O. Hart, William A. Bruce, Pipeline Repair Manual, Catalog PRCI L52047, august 8, 2006

Chris Alexander, Bob Francini, STATE OF THE ART ASSESSMENT OF COMPOSITE SYSTEMS USED TO REPAIR TRANSMISSION PIPELINES, Proceedings of IPC2006, 6th International Pipeline Conference September 25-29, 2006, Calgary, Alberta, Canada

Lucas P. Djukic^{unb}Wei SiangSum^cK.H. Leong^cWayne D. Hillier^{unb}Timothy W. Eccleshall^{unb}Alan Y.L. Leong^c Desarrollo de una abrazadera compuesta de polímero reforzado con fibra para reparaciones de tuberías metálicas, Elsevier, Materiales y Diseño, Volumen 70, 5 de abril de 2015, páginas 68-80

Roland Palmer-Jones, John Hume, THE DEVELOPMENT OF AN EMERGENCY REPAIR SYSTEM, AND A CASE STUDY FOR A REMOTE GAS PIPELINE, of the 7th International Pipeline Conference IPC2008 September 29 – October 3, 2008, Calgary, Alberta, Canada

La Ergonomía como Factor de la Sustentabilidad

Dra. Raquel Muñoz Hernández¹, Dr. Saúl Rangel Lara ²

Resumen—La investigación aborda el tema de la Ergonomía y su relevancia para el diseño de lugares de trabajo. La mayor problemática es que muy pocas personas conocen el tema o no están capacitadas en ergonomía ni relacionan con la Sustentabilidad. El objetivo del presente es mostrar la incidencia y relevancia de la Ergonomía para lograr la Sustentabilidad. El estudio es de corte transversal, documental no experimental y forma parte de una investigación transdisciplinar de la Ergonomía. Es necesario que exista mayor difusión y conocimiento de la ergonomía así como de personal capacitado y especializado en la misma. Cabe destacar que los métodos ergonómicos son muy importantes y permiten evaluar y prevenir el riesgo de adquirir enfermedades crónico degenerativas en el desempeño de actividades laborales entre otras aplicaciones.

Palabras clave—riesgo, DTA, accidente, fatiga, prevención.

Introducción

La visión de las sociedades actuales en lo referente a las condiciones ambientales, sociales y económicas a partir de las últimas cuatro décadas ha cambiado paulatinamente, por los daños y efectos perjudiciales que ha sufrido el ecosistema debido a cada decisión empresarial, grupal y/o individual que se ha tomado sin considerar sus efectos potenciales. Con el fin de disminuir los daños sobre el planeta, se han llevado a cabo diversos planes y proyectos que tratan de reestructurar y restaurar los daños, además de cambiar la mentalidad integrado diversos conceptos de forma gradual apelando a la conciencia entre los seres humanos y los demás elementos del sistema.

Debido a que es un problema mundial, se han tomado medidas de mayor trascendencia, y la más relevante ha sido la Asamblea General de las Naciones Unidas de 2015, donde se establecieron los Objetivos de Desarrollo Sostenible, que consiste en 17 objetivos globales interconectados como un “plan para lograr un futuro mejor y más sostenible para todos”; incluyen desde la eliminación de la pobreza hasta el combate al cambio climático, la educación, la igualdad de la mujer, la defensa del medio ambiente o el diseño de ciudades. Fue aprobado por la ONU con la meta de lograrse en 2030, con el objetivo de una mejor vida para los países y sus sociedades. (ONU, 2022)

Desarrollo sustentable, se define como el desarrollo que logra satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades (Brundtland Commission, 1987).

El concepto de sustentabilidad ha tenido varias transformaciones, inicialmente se enfocaba en el daño al medio ambiente; actualmente, incluye la calidad de vida del ser humano. Con el fin de reconocer los límites reales y potenciales del medio ambiente, para enfrentar los retos de la humanidad.

En su investigación sobre la Historia del concepto de desarrollo sustentable, Pierri (2005), logra identificar lo que las diferentes teorías o corrientes de pensamiento destacan de los tres aspectos de la sustentabilidad (económico, ecológico y social). La importancia del Factor Humano es determinante en la sustentabilidad, no hay crecimiento sin la parte intelectual, los valores, ideas, conocimientos e interrelación de las personas. Pero también se menciona que los pobres generan problemas ambientales, presionados por sus necesidades. (Pierri, 2005)

La Real Academia Española define la ergonomía como el estudio de datos biológicos y tecnológicos aplicados a problemas de mutua adaptación entre el hombre y la máquina. Posiblemente esta definición es una de las que mejor se corresponde con el concepto con el que se comenzó a desarrollar la ergonomía de forma estructurada, sobre todo desde la primera mitad del siglo XX, aunque sabemos que hoy la ergonomía ha ampliado enormemente sus enfoques, de forma que actualmente se habla de ergonomía de los edificios, de las ciudades, de los productos o de los mobiliarios.

La ergonomía es definida como una disciplina científica que “estudia el diseño de los sistemas donde las personas realizan su trabajo y analiza el conjunto de elementos humanos y materiales que interaccionan dentro de un ambiente determinado”. (Mondelo et al., 1999, p. 29).

Por otro lado la ergonomía contempla el logro de la satisfacción en el trabajo, considerando las responsabilidades, actitudes, creencias y valores para el desarrollo personal así como las diferencias individuales y culturales. Otro enfoque es el que considera la ergonomía como un “elemento educativo del entorno, que facilita la interacción entre el individuo y su ambiente laboral; se traduce en mejor calidad de vida, reducción de posibles

¹Raquel Muñoz Hernández, Dra. Profesora de tiempo Completo “B”, Universidad Politécnica del Valle de México, raquel.munoz@upvm.edu.mx.

²Saúl Rangel Lara, Dr. Director de Div. Ing. Industrial, Universidad Politécnica del Valle de México, industrial@upvm.edu.mx.

accidentes y enfermedades, incremento del bienestar, productividad, cuidado de la salud y medio ambiente”
(Corripio, 1984)

Todo estudio Ergonómico es multidisciplinario, transdisciplinario e interdisciplinario. Entre las disciplinas más destacadas para éstos estudios son la Biomecánica y la Antropometría, motivo de la presente investigación.

De lo anterior se considera que las condiciones ambientales que pueden influir en el desempeño y salud del trabajador, son factores como la iluminación, el ruido, la temperatura, las vibraciones, el diseño de las herramientas, el de las máquinas, el de los asientos, el calzado y el del puesto de trabajo, incluidos elementos como el turnos, las descansos y horarios de comida, los cuales si se controlan en el marco de la Normatividad, representan un incremento de la productividad.

Descripción del Método

La investigación se puede definir como la acción y el efecto de realizar actividades intelectuales y experimentales de modo sistemático con el propósito de aumentar los conocimientos sobre una determinada materia y teniendo como fin ampliar el conocimiento científico, sin perseguir, en principio, ninguna aplicación práctica. (Ortíz & Bernal, 2013).

La definición de investigación es “Aquella actividad que se realiza mediante la recolección de los datos directamente de la realidad o del lugar donde se efectuará el estudio mediante la aplicación de técnicas de encuestas, entrevistas y observación directa”. (Arias, 2006, p. 31).

Esta investigación es un estudio prospectivo de la Sustentabilidad y su relación con la Ergonomía se estudia la asociación entre estas variables. El análisis de los factores se lleva a cabo mediante un procedimiento de investigación documental.

Los sistemas, son los ambientes donde las personas realizan su trabajo, se les llama sistemas de trabajo; y se definen como “el sector del ambiente sobre el que el trabajo humano tiene efecto y del que el ser humano extrae la información que necesita para trabajar”. (Cañas, 2011, p. 33).

El otro aspecto de la relación entre la persona y el sistema de trabajo es como una persona conoce y actúa ante el dimensionamiento de los espacios, equipos, muebles y herramientas. Para poder realizar su tarea la persona tiene que percibir estímulos del ambiente, recibir información de otras personas, decidir qué acciones son las apropiadas, llevar a cabo dichas acciones y transmitir información a otras personas para que a su vez puedan realizar sus tareas. (Salmerón, Fajardo & Cañas, 2004).

Ergonomía es una ciencia que estudia el trabajo, en relación con el entorno en que se lleva a cabo conocido como el lugar de trabajo y con quienes lo realizan, considera los principios de capacidades físicas y psicológicas de las personas, para finalmente diseñar o adecuar los equipos, herramientas y ambientes de trabajo, a fin de evitar o disminuir los riesgos de daños y enfermedades, así como aumentar la eficiencia, eficacia y mejorar la Productividad.

El Principio básico de la Ergonomía es hacer que el trabajo se adapte al trabajador en lugar de obligar al trabajador a adaptarse a él, siendo el primer escalón para la obtención de una producción con calidad.

Conjugar en ergonomía el aspecto práctico desde una perspectiva biomecánica, con una disposición personal a interaccionar con su entorno desde sus propias necesidades y disposiciones de alguna forma está relacionado con la esfera psicosocial en que cada trabajador vivencia su trabajo.

El estrés laboral también es generado por permanecer más tiempo de la jornada laboral en el mismo lugar, de acuerdo al estudio realizado en el estado de Zulia con 193 profesores universitarios; y éste trastorno también se presentó en la población UNAM, asociado al hecho de permanecer en el mismo lugar, estar sentado la mayor parte del tiempo y recibir órdenes confusas y poco claras por parte del jefe. (Sánchez & Martínez, 2014).

Otro ejemplo de la importancia de la ergonomía en un puesto de trabajo, con el estudio del conductor de autobús, donde el análisis ergonómico del mismo indica que dentro de las tareas que realizan estos trabajadores, existe una de ellas que consiste en controlar el descenso del pasaje en las paradas a través del retrovisor interior del vehículo, la cual aplicando el método, supone un movimiento no tolerable.

También es muy importante considerar el costo beneficio de las aplicaciones ergonómicas y su incidencia en la Productividad para incentivar las aplicaciones Ergonómicas se debe justificar su rentabilidad.

Para ello existen diversos métodos, y uno de ellos es el Método Occupational Repetitive Action (OCRA), método de evaluación del riesgo de movimientos repetitivos en extremidades superiores.

Los niveles de riesgo permiten una ponderación y una de las ventajas es que se pueden identificar el porcentaje de trabajadores con riesgo de adquirir daños acumulativos y que potencialmente, van disminuyendo su productividad de forma paulatina y adquiriendo así mismo una enfermedad profesional.

Everett y William (1997), en su obra Sustentabilidad y calidad menciona que desde el Siglo XIX los factores que han influido en la Sustentabilidad son:

- ✓ El desarrollo de una ética laboral exigente.
- ✓ El movimiento de la administración científica.
- ✓ El crecimiento de los sindicatos.
- ✓ La escuela del pensamiento de las relaciones humanas.
- ✓ Los grandes avances en el campo de la tecnología.
- ✓ El papel cambiante del gobierno.

En los estudios sobre Sustentabilidad se encuentran dos claras vertientes que muestran la evolución de las investigaciones sobre los métodos de trabajo en la industria, la primera conocida como Administración Científica y la segunda como Factores Humanos o Ergonomía, a las cuales se hará referencia a continuación.

En el intento de aplicar técnicas de la ciencia para aumentar la Sustentabilidad industrial surge la administración científica. Para ello se parte de métodos científicos básicos aplicables a los problemas, que son la observación y la medición.

Con el mismo enfoque, Carro y González (2009), señalan la Sustentabilidad como la relación que existe entre la producción obtenida y el trabajo empleado; situación en la que interviene la división del trabajo, reducción de costos, incentivos, y racionalización de tiempos y movimientos, con beneficios bilaterales al empresario y al trabajador; y concluye que el gran reto de la Sustentabilidad es la elevación de la capacidad competitiva de la economía, para la conservación y crecimiento de la entidad productiva.

Conocer el grado de eficiencia de una empresa debería suponer, de acuerdo con Loreto (2001), el conocimiento de su Sustentabilidad teórica, es decir, cuanto es el máximo posible a producir con la misma tecnología y bajo las mismas condiciones; por lo que se han desarrollado metodologías y/o herramientas informáticas para estimar dicha cantidad. Entre ellos se encuentran: los índices de Sustentabilidad global de los factores, los métodos de optimización y los modelos de simulación.

Carro y González (2009) dice que la Sustentabilidad es la resultante de tres elementos: tecnología, eficiencia de uso de la tecnología, y condiciones ambientales. La Sustentabilidad notoriamente depende de la tecnología y del desempeño del trabajador, identificando en este último la habilidad (conocimientos y destrezas) y la motivación (necesidad del individuo, condiciones físicas y condiciones sociales) del mismo.

La ergonomía organizacional es un enfoque de sistemas para el diseño de trabajo, y para su aplicación en las interfaces que regulan las relaciones entre los humanos y los trabajos, las máquinas, y los sistemas de comunicación. Es gracias a esta perspectiva de sistemas, que la ergonomía organizacional puede abordar los factores humanos a lo largo de la organización y la interacción entre los subsistemas socio técnicos que la componen.

La ergonomía organizacional es una herramienta, método, o estrategia utilizada de la ingeniería de factores humanos. La base es adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta al diseño de los puestos de trabajo, así como a la elección de los equipos, los métodos de trabajo y de producción.

De acuerdo con Wolfgang y Vedder (1983), la Sustentabilidad se relaciona directamente con las condiciones laborales, donde la ergonomía organizacional juega un rol de importancia, al buscar diseñar puestos de trabajo que eviten la fatiga y promuevan el mejor aprovechamiento de los recursos; considerando para ello el diseño de los equipos, del lugar de trabajo y la organización de las actividades; reduciendo así los costos de ausentismo por enfermedades ocasionadas a causa de las restricciones del trabajo.

La ergonomía organizacional delimitan la ejecución de la labor y los niveles de Sustentabilidad alcanzados; pues se parte del principio de que el operador humano rendirá tanto como lo permitan las circunstancias, por ende, si las circunstancias son mejores, la Sustentabilidad aumenta. (Ferraz & Grazziano, 2010).

La fatiga, que puede ser tanto física como mental, se asocia a condiciones que causan la disminución de la resistencia y de la capacidad de trabajo. Esta sensación, puede ser disminuida o prevenida con la ergonomía organizacional, al controlar los estímulos que percibe el individuo en el lugar de trabajo y la forma en que estos son procesados por el mismo, por lo que el control del nivel de ruido, el aire, la calefacción, la ventilación y la iluminación pueden retrasar la aparición de la fatiga en los trabajadores e incrementar la Sustentabilidad. (Grandjean, 1983)

Otro factor de interés se ha encontrado en estudios realizados en trabajadores de más edad tienen paradigmas difíciles de romper y las percepciones de los estímulos presentes en la tarea pueden verse viciadas por conocimientos previamente adquiridos y por el proceso mental aprendido para ejecutar la labor; de allí la necesidad de reinventar el proceso de aprendizaje y de manejo cognitivo de los datos, además del desgaste físico que puede ocasionar una tarea, repercutiendo en la Sustentabilidad. (Smolander & Louhevaara, 2001).

Contemplando las perspectivas anteriores, se puede decir que de acuerdo con la percepción del individuo sobre los estímulos de la actividad que ejecute y los procesos mentales que éste desarrolle para procesar la información y controlar la situación, se puede generar altos niveles de fatiga; por lo que la ergonomía organizacional pretende manipular los elementos interactuantes en el puesto de trabajo para favorecer el equilibrio mental y la ejecución efectiva de la labor; maximizando los niveles de Sustentabilidad, bajo el resguardo de la salud física y mental del trabajador.

Comentarios Finales

Lo más sobresaliente de esta revisión es ver que la Sustentabilidad depende mucho de las condiciones del contexto en que se desempeñan las funciones de los recursos humanos.

Conclusiones

Los resultados demuestran la necesidad de difundir el conocimiento de la Ergonomía, Antropometría y las ciencias y disciplinas en que se apoya debido a que el factor humano es el más vulnerable de los elementos que conforman todo proceso social, económico, deportivo, manufacturero; es decir en todos los ámbitos, sin embargo se dá poca importancia al dimensionamiento corporal y su contexto en movilidad funcional, el cual representa el principio del Diseño Universal y el desconocimiento trasciende en un factor de riesgo.

Con base en lo anterior es muy importante dar a conocer las disciplinas y sus aplicaciones en el uso cotidiano como parte de una cultura de concientización y seguridad propia y del entorno.

Cabe destacar con referencia a la Sustentabilidad del desempeño académico, el estudio realizado por Rodales y Chavez (2010), quienes mencionan que el nivel de calidad es un concepto que es medido y evaluado de forma normativa o en términos relativos, lo que obliga a la creación de indicadores que permitan constituir un instrumento que proporcione elementos de juicio para analizar a fondo los procesos y métodos de ergonomía.

Recomendaciones

Los riesgos incluyen insatisfacciones laborales, accidentes, enfermedades laborales o profesionales, físicas y mentales e incapacitantes; existen muchas formas de clasificar los riesgos, pero siempre para ello, deben considerarse tanto los aspectos materiales y técnicos del lugar de trabajo como los aspectos sociales que afectan al trabajador, es decir, pueden ser desencadenante posible de alteraciones psicológicas y significativos grados de estrés, que incluso pueden generar importantes limitaciones físicas.

Se relacionan con las características de los trabajadores. Si las demandas del medio ambiente de trabajo superan las capacidades de los trabajadores para hacerles frente se dan síntomas que conducen a cuadros de estrés.

Reacciones psicofisiológicas (fatiga, irritabilidad, trastornos del sueño, ansiedad) comportamentales (consumo de medicamentos, retraimiento social, tabaquismo, violencia). Hipertensión arterial, ansiedad generalizada, trastornos de adaptación, depresión y trastornos músculo-esqueléticos. Enfermedades cardiovasculares. Burn out: colapso emocional y cognitivo.

Referencias

- Arias, F. (2006). *Proyecto de investigación*. Caracas, Venezuela: Episteme, Ca.
- Brundtland Commission. (1987). *Our common future*. Bruselas: World Commission on Environment and Development
- Cañas, J. (2011). *Ergonomía en los sistemas de trabajo*. Granada: Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente de la UGT-CEC.
- Carro, E. & González, C. (2009). *Sustentabilidad científica, conocimiento y uso de fuentes de información en profesores de psicología*. Extraído el 23 de noviembre 2016 de: <https://cidetac.files.wordpress.com/.../ejemplo-de-extenso-2o-foro-de-investigac3b3>.
- Corripio, F. ((1984)). *Diccionario Etimológico General de la Lengua Castellana*. En F. Corripio.
- Everett, E. & William, A. (1997). *Sustentabilidad y Calidad: su medición como base del mejoramiento*. México. TRILLAS.
- Ferraz, B. & Grazziano, E. (2010). Impacto del estrés ocupacional y burnout en enfermeros. *Revista enfermería global*. (23) 1-20.
- Grandjean, E. (1983). Fatiga general. *Ergonomía*. Suiza. *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. 29(1) 1-12.
- Hernández, A. (16 de Febrero de 2014). WordPress.com. Obtenido de <https://angiehrndez.wordpress.com/2014/02/16/antropometria>
- Loreto, M. (2001). Relación entre los programas de doctorado con mención de calidad y la Sustentabilidad de tesis doctorales. *Revista Digital Universitaria*, (11) 1-14.
- Mondelo, P., Gregori, E. & Barrau, P. (1999). *Ergonomía 1 Fundamentos*. Barcelona: Ediciones de la Universidad Politécnica de Catalunya, SL. p. 16.
- ONU, (2022), Agenda 2030, Extraído de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Ortiz, P. & Bernal, M. (2013). *Importancia de la investigación científica en el bachillerato*. México: UDG.
- Pierrri, N. (2005). Historia del concepto de desarrollo sustentable. *Sustentabilidad*, 27-81.
- Rodales, M. & Chavez, (2010). *Evaluación de la calidad y Sustentabilidad en la docencia de la educación Superior*. México: Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas

- Salmerón, L. Fajardo, I., & Cañas, J. (2004). Sobre la relación entre la ergonomía y psicología cognitivas. *Anuario de Psicología*, (35) 507-519.
- Sánchez, C. & Martínez, S. (2014). Condiciones de trabajo de docentes universitarios, satisfacción, exigencias laborales y daños a la salud. *Salud de los trabajadores*, 22, 19-28.
- Smolander, J. & Louhevaara, V. (2001). Trabajo muscular. *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo*. 1(29) 29-32.
- Wolfgang, L. & Vedder (1983). *Ergonomía: Herramientas y Enfoques*. Extraído el 12 de septiembre de 2016 de: www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/.../tomo1/29.

Niveles de Vulnerabilidad de Inundaciones por Modificaciones al Sistema Agua/Suelo en la Cuenca del Río Sinaloa

Norzagaray Campos M.¹, Llanes Cárdenas O.¹, Ladrón de Guevara Torres M.², Muñoz Sevilla P.³, Montiel Montoya J.1

Resumen—El cambio climático obliga a que los análisis de riesgo sean un componente fundamental en la planificación del desarrollo de cualquier sociedad, y ante los actuales y diferentes eventos potencialmente peligrosos que este produce y engloban al planeta: la salud planetaria a través de la dinámica temporal ecosistémica y la de pueblos deben identificarse como un factor prioritario y oportuno. Por siglos los humanos influyeron en modificaciones al Sistema Agua/ Suelo (SAS), y por ende a que eventos naturales se conviertan en desastres, principalmente cerca de los reservorios y afluentes hídricos donde impactos se producen por inundaciones de repercusiones severas para las personas e infraestructuras. No considerar la vulnerabilidad ecosistémica respecto a los cambios actuales aleja de la protección social y de la recuperación natural de un ecosistema; por lo que el objetivo de esta investigación es determinar áreas expuestas al peligro por inundaciones para definir el nivel de riesgo que se incentiva por las modificaciones al SAS de uno de los lugares agrícolas más importantes del territorio mexicano, el cual irrigado por el Río Sinaloa produce en su suelo gran parte de los productos agrícolas del país. Se conjuntó un banco de información de 47 años de monitoreo (1974-2020) de la precipitación y se calculó a las principales variables que conjugan la amenaza a las inundaciones por precipitaciones excepcionales y fuertes; a los volúmenes hídricos que se incrementan en las presas y a los caudales de los afluentes hídricos principales que modifican al SAS. Según la intensidad de la precipitación y las modificaciones del uso del suelo, se da a conocer una vulnerabilidad variable que afecta económicamente el 72 % (2934.72 km²) del total de la superficie de irrigación en la Cuenca del Río Sinaloa (4,070 Km²).

Palabras clave—Cambio climático; riesgo, inundaciones, precipitaciones y modificaciones al SAS.

Introducción

El agua y su gestión representan para México una prioridad nacional desde hace muchos años, del territorio se ha enfrentado una serie de problemas que dificultan el acceso al agua para las distintas actividades socio económicas que se ejercen en algunas zonas del país p.e en el norte donde se ejerce la agricultura y el comercio bajo una lucha constante en un ambiente de la escasez del agua y las condiciones climáticas áridas y semiáridas, situación que pone en constante riesgo a la agricultura mexicana ya que en esta región se localiza 53 % de los terrenos cultivables cuya actividad junto con las demás actividades regionales dependen de una precipitación promedio anual (\bar{P}) del 7 % del total de lluvia que cae en el país; de tal forma que en esta zona la acumulación pluviométrica alcanzan tan sólo los 300 y 500 mm y en otras tan sólo llegan a recibir los 200 mm, por lo que está considerada como escasa (Descroix et al., 2004). Es aquí en el Noroeste de México colindando con el golfo de California, los estados de Sonora, Chihuahua, Durango y Nayarit; se sitúa el estado de Sinaloa, con fértiles suelos en los que se cultiva intensamente especies distintas y adecuadas para el consumo nacional y la exportación. Esta tecnificada agricultura se realiza en dos periodos de siembra, y ambos se favorecen por el almacenaje del agua precipitada que escurre por los gradientes accidentados de la Sierra Madre occidental y alimentan a la enorme infraestructura hídrica del estado: 13 presas y 4 derivadoras (Licón& Durán, 2017). Las distintas presas están situadas estratégicamente en zonas impermeables y concentran grandes volúmenes de agua en la mayor parte que son captadas durante el verano, y que son insuficientes para el suministro requerido de las actividades diarias que continuamente se ejercen bajo los escasos de agua. La \bar{P} promedio anual que se recibe en la llanura costera de Sonora y Norte de Sinaloa tal como se menciona llega a ser < 200 mm, sin embargo, en las laderas bajas de la Sierra Madre Occidental (SMO) y en la llanura del Sur de Sinaloa aumenta de 200 a 400 mm y parte estos volúmenes de la SMO del Norte de Sinaloa se almacenan para compensar la escases y dar continuidad a las actividades de esta región conocida para fines administrativos del recurso agua como la región hidrológica administrativa “Zona III Pacífico Norte”.

¹ Instituto Politécnico Nacional- Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-IPN- Unidad Sinaloa

Bld. Juan de Dios Bátiz Paredes No. 250. Colonia San Joaquín, Guasave, Sinaloa, México. Tel. +526878729625 or 26; E-mail: mnorzacam@yahoo.com.mx

² Instituto Politécnico Nacional- Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-IPN- Unidad Oaxaca.

³ Instituto Politécnico Nacional- Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIEMAD).

* Autor de correspondencia. ollanesc@ipn.mx

Esta región se subdivide en dos grandes regiones hidrológicas: Sinaloa (RH10) y Presidio – San Pedro (RH11) que ocupan respectivamente en 84.76 % y 15.24 % del territorio estatal y ambas en las últimas décadas ante los cambios climáticos que afectan la dinámica del monzón de Norteamérica ha enfrentado se verá sequías e inundaciones en las últimas décadas que se convierten en eventos temporales esporádicos y rápidos debido a una y evapotranspiración promedio anual mayor a \bar{P} .

En la región hidrológica RH10 se sitúan dos importantes cuencas que reciben su nombre por el afluente hídrico principal que por estas transita, y se les conoce como la Cuenca del río Sinaloa y la Cuenca del río Fuerte mismas que ocupan respectivamente el 12.3% y 14.9% del territorio estatal y tienen una longitud de 670 y 420 km. En la RH10 la presencia del monzón de Norteamérica permite una intensa sinergia ambiental de climas variables estrechamente ligados al bioma temporal y que resultan de la interacción de parámetros físicos, químicos y biológicos; cuyas afectaciones influyen significativamente en generar escurrimientos efímeros que afecta las actividades agrícolas y el estilo de vida que caracteriza a la zona Norte del estado (Llanes-Cárdenas *et al.* 2018).

Esta interacción ambiental y climática de la zona III Pacífico Norte ha permitido durante siglos el cultivo de una gamma variable de especies agrícolas p.e cereales, leguminosas, oleaginosas, hortalizas, frutales, ornamentales, entre otros. Sin embargo, la agricultura tecnificada e intensa que demandó la revolución verde en los años 60's transformó la dinámica del entorno regional de mucho valles agrícolas mexicanos, y específicamente en el norte de Sinaloa donde continuamente el ejercicio de los dos ciclos de siembra antes mencionados altero los parámetros edafológicos del suelo y en consecuencia ocurrió el endurecimiento por la compactación de la granulometría de muchos de sus suelos; y gran parte de los volúmenes de \bar{P} que se transportó por escorrentía superficial de gradientes mayores a menores a través hacia los cuerpos hídricos y el afluente (s) principal (es). Estos cambios propiciaron que la escorrentía superficial transportará grandes volúmenes de agua hacia los afluentes principales principalmente por el suelo superficial constituido por arcillas que no permite infiltraciones hacia el subsuelo para alimentar las aguas subterráneas para seguir los principios de Giles (1994) de la Mecánica de los fluidos de hidráulica.

Por otra parte, el desfogue de grandes volúmenes de agua de las presas hacia los ríos que se hace en múltiples ocasiones durante el verano cuando se considera que la cortina de una presa se encuentra en peligro de colapsar por exceder los límites volumétricos almacenados para los cuales fue diseñada, incrementan junto con la escorrentía los volúmenes hídricos que transporta los ríos a través de su cauce. En el trayecto de gradientes mayores a menores hace que en aquellos sitios de menor relieve topográfico principalmente cerca de las riberas de los ríos, los niveles de vulnerabilidad a la inundación se incrementen e inclusive se extienda hasta zonas que nunca se inundaron. Los cambios en el uso del suelo, en los cauces del escorrentía del agua, del río, de los arroyos, entre otros; han propiciado que en la actualidad, adicionalmente a las áreas que comúnmente son inundadas; existan nuevas zonas de inundación; indicadores de que existen incrementos en los niveles de vulnerabilidad donde los lugares más vulnerables son aquellos que por su característica de bajo relieve sufren las inundaciones más severas y profundas que repercuten en grandes pérdidas económicas de diversa índole. Por lo que el objetivo de esta investigación es determinar los niveles de vulnerabilidad de inundaciones por modificaciones al sistema agua/suelo en la cuenca del río Sinaloa. El alcanzar este objetivo permite información relevante del comportamiento de los sistemas hídricos y del suelo ante presencia de inundaciones; que son datos que se pueden utilizar en un buen número de estrategias para ejercer una planificación oportuna; principalmente en los sitios antes mencionados referentes a los lugares con alto potencial de inundación. El proteger a la ciudadanía de los peligros naturales, que eventualmente conducen a pérdida de vidas, daños personales, daños a la propiedad, a una lenta recuperación de los daños, y a defectuosas restauraciones de los mismos, entre otros efectos a servicios; hace que se una necesidad primordial. Alteraciones a la actividad económica agrícola (que es vital para la región); por modificaciones en las áreas de cultivo y en los servicios que esta región presta como modelo de negocios escalonados y completos a las actividades necesarias para la producción o servicios a la cadena de valores; puede tener consecuencias económicas catastróficas para el país ya que se trata de uno de los lugares más importante del territorio mexicano donde se produce un listado enorme de productos agrícolas que se consumen y que son exportados para su comercialización.

Materiales y método

Para determinar el índice de vulnerabilidad a las inundaciones asociado a los cambios en el uso del suelo se seleccionó la Cuenca del río fuerte debido a la variabilidad que existe a decrecer la agricultura en los dos ciclos de siembra que caracterizan al estado de Sinaloa una el verano y otra en otoño, por la presencia de \bar{P} variable entre la meseta de zona costera y la de zona de alto relieve de la Sierra Madre occidental y, por la variabilidad de suelos que intercepta el río Sinaloa en su viaje hacia el mar de Cortés mejor conocido como el Golfo de California; pero primordialmente por la producción agrícola indica modificaciones en las condiciones ambientales de este ecosistema. Para simplificar el marco geográfico de referencia el área de estudio se denominó “*Valle de Guasave*”, este se localiza al Norte del Estado de Sinaloa, a 150 km de la ciudad de Culiacán sobre una llanura costera de aproximadamente

4350 km² donde el 85 % del territorio es netamente agrícola. Al Sinaloa se conjuntan los volúmenes recabados por los arroyos de El Mesquitillo, Ocoroní y San Rafael. Dentro del territorio se pueden localizar dos importantes cuerpos de agua la laguna de Huyaqui y Chamicari así como los esteros de La presa y Cohui (SBCS & Siguiete, 2022).

El río Sinaloa, nace en el Estado de Chihuahua bajo la unión de las corrientes Mohinora y Basoapa, (Sandoval *et al.*, 2020); y tras recorrer 380 km atraviesa los municipios de Sinaloa de Leyva y Guasave; En la figura 1 se observa la localización del valle del río Sinaloa situado al norte del estado de Sinaloa, así como su afluente principal que es el río Sinaloa y a los dos principales afluentes secundarios conocidos en la región como “Arroyo de Ocoroní” y “Arroyo de Cabrera”.

Para determinar los niveles de vulnerabilidad de inundaciones por modificaciones al sistema agua/suelo en la cuenca del río Sinaloa se recopilamos datos históricos de 47 años (1974-2020) de monitoreo sobre \bar{P} misma que define de manera indirecta al potencial de los caudales de agua que transportaba el río Sinaloa desde los pies de montes de la sierra Madre occidental hasta la zona costera de golfo de California donde desemboca el río Sinaloa. Paralelo a esta actividad se recopilamos los mismos datos para dos de los afluentes y secundarios que interceptan a la Cuenca en la dirección NW-SE y NE-SW, y que descargan sus aguas al propio río Sinaloa del río Sinaloa, así como de los caudales de los dos afluentes principales que descargan sus aguas en este río y que lugares distintos en las direcciones antes mencionadas al interceptar a la Cuenca hidrológica.

En ambos tipos de afluentes secundarios y principales se determinó la pendiente topográfica con la cual el afluente hídrico intercepta a la Cuenca hidrológica, de tal forma que se obtuvo desde los gradientes mayores hasta los menores a cada quince km la variabilidad de esta pendiente que caracterizaba exclusivamente a cada uno de los cuerpos hídricos y que definía en cada tipo de afluente la velocidad en la cual se transportaba el agua en su trayecto hacia la costa.

Adjunto a esta actividad en cada lugar donde se midió y calculó la pendiente del terreno, se midió a través de imágenes satelitales el ancho de canal o del río (Giraldo, 2005), al igual para certeza de la medición de esta longitud que se determinó mediante imágenes satelitales se corroboró directamente en campo mediante la medición directa

insitu tomando como referencia el margen de error o umbral, una distancia <10% con respecto a la obtenida de forma indirecta como satelital.

En todas mediciones que se realizaron referente a los parámetros hidráulicos, se tomó en cuenta los posibles errores que se pudiera originar durante las mediciones en campo a través de los instrumentos, al igual que aquellos que se podían originar por omisión involuntaria del observador, Lo cual un quería conocer los valores reales de cualquier elemento hidrológico medido ya que estos eventos pueden enmascarar la información real del parámetro, y no se puede eliminar completamente de la información o datos medidos. Así que para evitar, la incertidumbre en la medición se consideró que ésta debía tener un carácter probabilístico que se podía inferir a través de intervalo de monitoreo En el cual dentro de este se podía tener la alta probabilidad de tener el Valor conjunto de valores reales Que queden en dentro de este el que se consideró que se podía tener dentro de este el valor real y que debía prevalecer

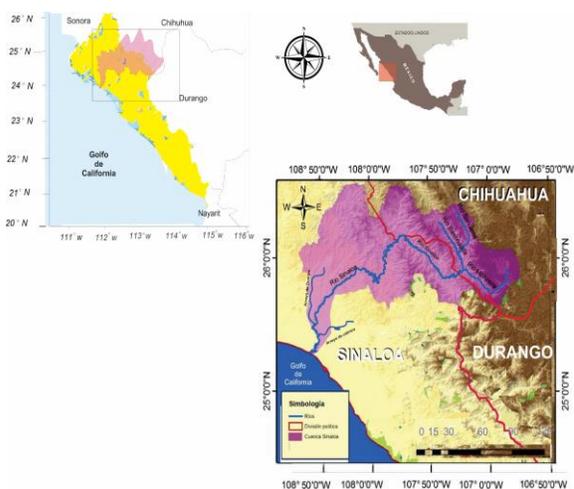


Figura 1. localización del valle del Río Sinaloa s al norte del estado de Sinaloa afluente principal río Sinaloa dos afluentes secundarios conocidos como “arroyo de Ocoroní” y “arroyo de Cabrera”

bajo un nivel de confianza (Tapia *et al.*, 2012), por lo que la medición del tirante de agua (h), o variación de la profundidad del río, con respecto al ancho de canal (B) e optó por medirse cada 0.5 m. La anchura de intervalo de confianza fue la que se mencionan el párrafo interior anterior con antes estableció un margen de error 10% con respecto a la obtenida de forma indirecta como satelital.

Para obtener el área por el cual cruza el caudal o tirante de agua en el río, se realizó un aforo directo sobre la profundidad a lo largo del ancho de canal mediante un ecosonda de alta eficiencia conformada por un transductor de bronce Thru Hull, que mide temperatura del agua velocidad, y profundidad. En total a través del ancho de canal fueron 15 tomas de la profundidad (m) temperatura del agua (°C) y velocidad ms⁻¹. A fin de obtener el perfil de la profundidad del río en cada una de las zonas donde se obtuvo la pendiente del terreno, mediante las mediciones de profundidad se diseñó el perfil de profundidad del río y junto con la longitud del ancho del canal se obtuvo la función integral que

permitió conocer el área bajo la curva, equivalente a la superficie por donde cruza el flujo de agua en cada sitio de monitoreo.

Antes de continuar con la descripción metodológica, es importante mencionar que cualquier río es un cuerpo hídrico siempre vulnerable a diversos factores derivado de las fuerzas que ejercen los agentes naturales y desde el punto de vista hidráulico se ve afectado por la socavación local que es una función directa de la granulometría que constituye en sus alrededores al ancho de Canal, por lo que en las mediciones se consideró que esta situación que puede hacer cambiar en el tiempo a la profundidad medida, por lo que es importante mencionar que estas mediciones a realizarse exclusivamente durante tiempos de avenidas o sea de altas \bar{P} , se consideró que este escenario temporal en el que se realizó estas mediciones fue oportunos dado que fueron los momentos en los que ocurre las mayores magnitudes de \bar{P} en la zona y que conducen a las inundaciones de las zonas de baja topografía. Por lo anterior las observaciones que se presentan y se obtienen mediante esta metodología; no dejan de pertenecer a un monitoreo que es el reflejo de la fuerza de tensión que ejerce el agua sobre las estructuras vulnerables a diversos efectos de agentes naturales, y que son las que producen las pérdidas económicas materiales principalmente en las zonas más afectadas a la inundación.

Volviendo a tomar la metodología, una vez conocida el área por donde circula el flujo de agua en determinada la velocidad mediante el ecosonda, se procedió a determinar el caudal que cruza a través del área conformada por el ancho de canal y el conjunto de del aforo. mediante la siguiente ecuación $Q = a.v$, donde Q en m^3s^{-1} , a fue el área conformada por el ancho de canal y las profundidades del aforo en m^2 y v la velocidad del flujo del agua en ms^{-1} .

Resultados y Discusión

Solo por fines de presentación y falta de espacio se reporta una de las secciones del río monitoreada para sus parámetros hidráulicos que definen Q , misma que se denominó “*Puente colgante la cofradía*”; En la figura 3 se presentan las dimensiones del ancho de canal o del río equivalente a 73 m de longitud, así como las dimensiones del tirante del agua medido con la ecosonda, la velocidad promedio del agua equivalente a $2.5 ms^{-1}$ resultante del promedio que fue medida a 0.6 h metros de profundidad, y que resultado del promedio entre la velocidad máxima (medida a 0.2 h) y mínima (medida a 0.8 h) con la cual el agua cruza la sección conformada por el tirante del agua, que presentó una profundidad máxima de 3 m y el anchor de canal de 73 m (véase figura 3). Considerando los anteriores resultados, el caudal promedio de este sitio de monitoreo resultó tener una magnitud equivalente a $Q = 547.5 m^3s^{-1}$.

De manera similar se determinó el caudal promedio anual histórico que aparecen en la Tabla I para cada uno de los sitios de monitoreo de cada sección en la que se dividió este trabajo de investigación. Los resultados de los parámetros hidráulicos en cada una de las secciones suman una distancia de variación a partir del mar de cortés (desde la costa) hasta la costa de 40 a 19 km, y una pendiente del terreno cuyas variaciones fueron de 0.5 a $1.6 mkm^{-1}$, un gasto máximo de escorrentía cuya variación presentó valores que van de 800 a $1,403 m^3s^{-1}$ y que algunos de estos circulan a través del río Sinaloa con volúmenes acumulados por las presas de la zona para acumular un caudal total que fluye a través del río de 700 a $2,240 m^3s^{-1}$ tal como se mencionó, desembocan desemboca en la *punta Perihuate*. La velocidad de traslado de este caudal desde la zona serrana hasta la costa fue de aproximadamente 1.54 a $3.6 ms^{-1}$, con un tiempo que va de 4 a 8 hrs. Este tiempo que se reportan es importante ya que a través de este se permite tomar medidas de precaución para evitar inundaciones, daños y perjuicios de manera oportuna que éstas pueden ocasionar en la zona de estudio.

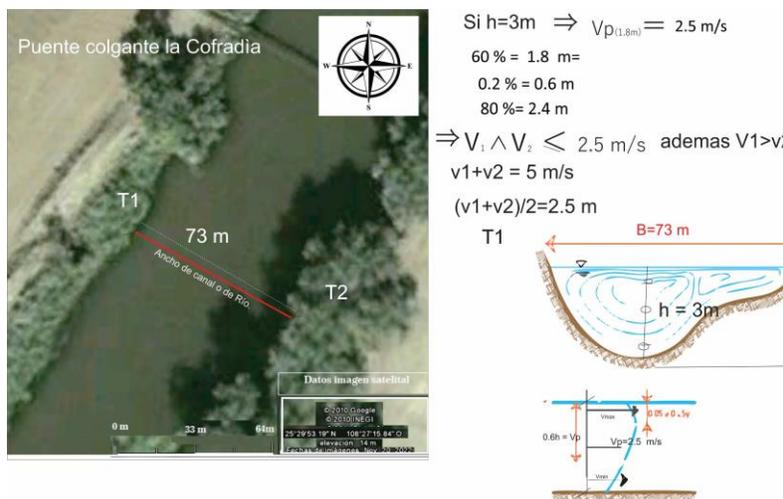


Figura 3. Obsérvese ancho del canal de 73 m, el nivel de la terraza T-1 semejante a T-2, ambas a 3 metros de altura por encima del tirante de agua y el contraste de T1 con la orilla contraria arboleada. En la parte superior se observa al puente colgante de La cofradía.

Los resultados dan a conocer que en distintos lugares del cauce del río Sinaloa los escurrimientos originan recurrentes problemas en terrenos que se inundan principalmente de las zonas bajas p.e colonias que se ubican al sur de la ciudad de Guasave, entre otras. Principalmente en aquellas zonas cercanas a estas viviendas y otras donde topográficamente invade el río con caudales que llegan a alcanzar aproximadamente hasta los 400 m³.

Conclusiones

Una prueba de las consecuencias del cambio climático es el aumento de las aguas que transportan los fenómenos hidrometeorológicos, como lo es el incremento del caudal promedio anual de los ríos, los cambios en los niveles de las presas (principalmente en la época de lluvias); entre otros que obstaculizan y la disminuyen la certeza en los pronósticos climáticos. Debido a este cambio climático, algunas de las presas de México presentan altos niveles de almacenamiento anuales generados por las lluvias torrenciales atípicas que superan el 36% de la \bar{P} histórica. Al momento aún son manejables, pero que no dejan de ser preocupantes por los niveles de amenazas que se fundamentan en posibles inundaciones que podrían ocurrir ante el desvío de sus cauces y los asentamientos humanos tan desorganizados situados en sus riveras. Ejemplos son la presa Internacional Falcón (al norte de la ciudad de Reynosa), cuya capacidad planeada de desfogue es de 13000 m³/s, y apenas arroja 2,000 m³S⁻¹ ya que su cauce ha sido invadido aguas abajo por obras urbanas y asentamientos humanos. Las presas Peñitas (Chiapas), Oviachic (Sonora) y Aguamilpa (Nayarit); que deberían desfogar entre 11000 y 18000 m³S⁻¹, y tan solo desalojan una décima parte de su capacidad. Otro caso lo es la presa Solís (Guanajuato), diseñada para 1000 m³S⁻¹, que reduce su desfogue a sólo 100 m³S⁻¹ y la presa Josefa Ortiz de Domínguez (Sinaloa); que lo reduce de 1870 m³S⁻¹ a 200 m³S⁻¹.

Recomendaciones

Ante la amenaza que representa este afluente hídrico, los usuarios del agua en coordinación con la Conagua y las autoridades deben de mantener vigilancia permanente fundamentada en una evaluación de los niveles de las presas y del río. Esto se menciona con la finalidad de monitorear continuamente al afluente hídrico para controles y manejos de los caudales ideales para su control y manejo de tal forma que se aminoren los daños y realicen las mejores prevenciones ante este fenómeno natural y así se aminoren los diversos daños que se puedan ocasionar ante futuras crecientes. Este control permitirá principalmente aquellas zonas de mayor riesgo evacuar estos sitios de manera oportuna y dar prioridad a las localidades ribereñas. Aplicar medidas estratégicas para el manejo de la ribera del río en lo que se refiere a la densidad poblacional con la finalidad de tener un mayor espacio para recibir las crecientes, y bajo estrategias oportunas, no perder el espacio ya ganado, donde ya se conocen los caudales que se pueden.

Toda acción a fin de prevenir el daño se debe realizar y revisar periódicamente, en coordinación con la Comisión Federal de Electricidad (CFE), la CONAGUA, SEMARNAP; protección civil entre otras instituciones que involucrar a la población civil y a los gobiernos estatales. Ante la variabilidad del clima que continuamente modifica sus condiciones ambientales en un ecosistema, y que además afecta el régimen de escurrimiento de manera adversa, es necesario extremar precauciones, principalmente en zonas costeras y ribereñas; que son sitios donde se deben de incrementar las precauciones para evitar riesgos a la población, p.e se reubiquen e impidan los asentamientos irregulares en cauces y zonas de inundación, consideradas federales

Referencias

- Cruz, E.P., Castro M. & Ibarra J. 2005. INUNDACIONES FLUVIALES Mapas de Amenazas. Proyecto MET-ALARN. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación INETER/COSUDE. 71 pp. Managua, Nicaragua.
- Descroix, L., Barrios, J. L. G., & Ávalos, J. E. (Eds.). (2004). La Sierra Madre Occidental: una fuente de agua amenazada (pp. 133-143). Gómez Palacio, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Giles, V.R., (1991). Mecánica de los fluidos de hidráulica. Editorial McGraw Hill. México, 161-163 pp.
- Giraldo R. M., Gaona A. y Cabrera R. (2005). Análisis de riesgo por inundación zona urbana del Cantón Portoviejo. Ong italiana cisp. proyecto Dipech. 96 pp.
- Licón, D. E. E., & Durán, G. L. (2017). Las grandes presas en el río Yaqui (Sonora, México) y sus efectos socio-ambientales. Revista de Antropología y Sociología: Virajes, 19(1), 165-188.
- Llanes-Cárdenas, O., Gaxiola-Hernández, A., Estrella-Gastelum, R. D., Norzagaray-Campos, M., Troyo-Diéguez, E., Pérez-González, E., ... & de J. Pellegrini Cervantes, M. (2018). Variability and factors of influence of extreme wet and dry events in Northern Mexico. Atmosphere, 9(4), 122. <https://www.mdpi.com/2073-4433/9/4/122>
- Sandoval, S., Escobar-Flores, J. G. y Sánchez-Ortiz, E. (2020). Inventario de cuerpos de agua de la Sierra Madre Occidental (México) usando SIG y percepción remota. Investigaciones geográficas, (102). <https://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n102/2448-7279-igeo-102-e59975.pdf>
- Sinaloa, B. C. S., & SIGUIENTE, L. (2022). Dispersión de materiales pétreos en el río Sinaloa, banco constructora sinaloense. Manifestación de impacto ambiental, modalidad particular. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales | Gobierno (SEMARNAT). México 208 pp. <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgiraDocs/documentos/sin/estudios/2022/25SI2022HD017.pdf>
- Tapia Rodríguez, G., Molina Aguilar, J. P., Pérez Morales, G. B., & Torres Acosta, A. A. (2012). Metodología para la medición de la velocidad de flujo en un río en el diagnóstico de la socavación en pilas de un puente, utilizando un dispositivo electrónico. Publicación Técnica, (356). <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt356.pdf>

Fabricación de Material Compuesto de Resina Tipo UF y Fibra de Coco, para Sustitución de Material Aglomerado Tipo Estándar

Ing. Víctor Hugo Ochoa Avilés¹, Dra. Ana Beatriz Martínez Valencia¹, Dr. Miguel Villagómez Galindo¹, M.C Luis Ernesto Ceja Martínez¹, Dr. Víctor Daniel Jiménez Macedo¹ y Dr. Luis Béjar Gómez^{1†}

Resumen— En la actualidad, existe una tendencia a utilizar materias primas que de principio y de forma social se consideran como desechos y forman parte de un problema de contaminación ambiental. En este sentido, el uso de fibras naturales, principalmente de residuos agroindustriales ha cobrado mayor atención, ya que el aprovechamiento de esos recursos ofrece una solución a problemas ecológicos y económicos al transformarlos a un producto de valor agregado.

Por lo anterior y teniendo en cuenta el área de oportunidad que existe en la recolección de la fibra de coco que nuestra zona geográfica ofrece (Michoacán, México), en este trabajo se aborda el uso de las fibras de coco como elemento en un material compuesto mezclado con una resina de tipo urea formaldehído, para su aplicación como sustituto de material aglomerado estándar. Se realizó la caracterización del compuesto en cuanto a propiedades mecánicas y físicas relevantes para la aplicación propuesta.

Palabras clave— Fibra de coco, composito, residuos agroindustriales, urea formaldehído.

Introducción

Se tiene conciencia de que los materiales compuestos han sido de beneficio para las diferentes actividades industriales, productivas y sociales además de ser creados con la idea de mejorar u optimizar factores ya sea para aprovechamiento de recursos, mejoramiento en procesos, mejorar las propiedades del material, etc., siempre siendo de gran utilidad en el desarrollo ingenieril.

En la actualidad hay una tendencia necesaria de utilizar materias primas que de principio y de forma social se ha considerado como desperdicio y forman parte de un problema de contaminación ambiental; en el campo de los materiales, se observa la utilización de materiales compuestos reforzados con fibras como respuesta a la necesidad de mejorar las prestaciones de los materiales tradicionales y aprovechar materiales que en algún momento fueron considerados como desechos (Faridul Hasan K.M. 2020).

Por lo anterior, se requiere trabajar incesantemente en el desarrollo de nuevos materiales que sean capaces de competir con los existentes y que tengan características iguales o superiores a estos. En estos momentos es factible combinar o mezclar agrofibras con materiales como el plástico, resinas epoxidicas, etc, con un único objetivo, el de obtener nuevos compuestos con buenas propiedades mecánicas, físicas, estéticas, etc., que los ya existentes en su forma simple (Arumugam S. et.al. 2022).

En este sentido, el estudio de fibras naturales como fibras vegetales principalmente de residuos agroindustriales, ofrecen una solución y al mismo tiempo ayuda al medio ambiente; por lo que su uso sería una solución alternativa y teniendo en cuenta el área de oportunidad que existe en la recolección de la fibra de coco que nuestra zona geográfica ofrece (Michoacán, México), en este trabajo se aborda el uso de las fibras de coco como elemento en un material compuesto con una resina de tipo urea formaldehído (UF), se caracterizan mecánica y físicamente comparado con un aglomerado comercial estándar, dado que es un material que se fabrica de modo similar al proceso a utilizar.

¹ Ana Beatriz Martínez Valencia es Profesora de la Facultad de Ingeniería Mecánica en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. beatriz.valencia@umich.mx (autor correspondiente)

¹ Víctor Hugo Ochoa Avilés es estudiante del Maestría en Ciencias de Ingeniería Mecánica en el posgrado de la Facultad de Ingeniería Mecánica en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. victor.ochoa@umich.mx

¹ Miguel Villagómez Galindo es Profesor de la Facultad de Ingeniería Mecánica en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. miguel.villagomez@umich.mx

¹ Luis Ernesto Ceja Martínez es Profesor de la Facultad de Ingeniería Mecánica en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. luis.ceja@umich.mx

¹ Víctor Daniel Jiménez Macedo es Profesor de la Facultad de Ingeniería Mecánica en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. victor.daniel.jimenez@umich.mx

¹ Luis Béjar Gómez[†] fue Profesor de la Facultad de Ingeniería Mecánica en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México.

Descripción del Método

Extracción de fibra de coco (FC)

La aportación del material o fibra de coco en fibras tipo estopa, proviene de la región costera de Lázaro Cárdenas Michoacán y zonas aledañas, de donde se tiene oportunidad de recolección de hasta 7.5 toneladas semanales como mínimo. La fibra obtenida es sometida dos veces a proceso de molienda y tamizada para obtener en promedio una longitud de fibra de 3cms y diámetro entre 0.05 a 0.4 mm. Posteriormente la fibra es sometida a secado expuesto a la intemperie y a la luz del sol por un lapso de 24 horas (figura 1).



Figura 1. Procesamiento de fibra de coco a fibras tipo estopa.

Preparación de la resina tipo urea formaldehído (UF)

El adhesivo debe ser diluido en agua tibia de entre 18 a 22 °C con una proporción de aproximadamente 2:1 (polvo:agua), dependiendo de la viscosidad deseada, por lo que la cantidad de agua a agregar puede variar. Para esta investigación, se mezclaron 80 g de resina UF en polvo con 100 ml de agua purificada, se agita rigurosamente por un lapso de 4 minutos para garantizar el mezclado completo de los elementos y posteriormente se vierte la mezcla a un atomizador. Se recomienda estar oscilando la mezcla contenida en el atomizador para mantenerla libre de posible endurecimiento parcial por causa del secado de la mezcla trabajada.

Preparación del compuesto de resina UF con fibra del coco (FC/UF)

El proceso de mezclado consiste en humedecer 70 g de la fibra de coco, con 14 g de contenido de la resina, revolver constantemente la fibra humedecida procurando impregnar la mayor cantidad posible para una correcta distribución de la resina y en todo el contenido de material fibroso por un lapso de 4 minutos como mínimo. Ya obtenida la mezcla, se procede a colocar en un contenedor de 10 centímetros de diámetro y 6 centímetros de altura, para someter a proceso de prensado, con condiciones operativas definidas.

El equipo mecánico a utilizar es una prensa hidráulica de 60 toneladas marca EKA, sus características operativas relevantes son, la potencia de prensado y su módulo para proporcionar energía calorífica hasta de 400°C. Se consideró un tiempo de prensado inicial de 2 minutos, posterior a eso, se retira la presión de 50 Kg/cm² para permitir liberación de aire caliente y evitar defectos internos, se presiona nuevamente y se concluye con presión continua de la muestra. Se deja enfriar a temperatura ambiente, por un lapso de 5 min (Chan M. et.al. 2004).

Se desarrollaron muestras conforme a especificación, utilizando las normas ASTM D1037-12 (Estándar Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials).

Caracterización mecánica de dureza.

El método utilizado bajo la norma ASTM D1037-12 sección 17, para caracterizar la dureza es el Janka-ball. El equipo con el que se cuenta es un equipo identificado como Máquina Universal, Marca Shimadzu, Modelo 1976, con penetrador de diámetro de 11.3 mm (0.444 in) requerido para dejar una huella equivalente a 1cm², capacidad de 10,000 Kgs de carga y velocidad de 6 mm/min. Se utilizaron muestras representativas de acuerdo a dimensión requerida de 50 x 50 x 25 mm.

Caracterización mecánica de flexión.

Para flexión, bajo la norma ASTM D1037-12 Sección 9, el ensayo de flexión se llevó a cabo en un equipo identificado como Máquina Universal, Marca Shimadzu, modelo 1976, capacidad de 10,000 Kgs de carga, velocidad de 6 mm/min y distancia entre apoyos de 210 mm. Se obtuvieron probetas de acuerdo a especificación de 1.25 cm de espesor, ancho de 7.6 ± 0.1cm y longitud de 5.1 más 24 veces el espesor de la muestra (figura 2).

El dispositivo de los dos puntos de apoyo de la máquina universal, requirió un ajuste dimensional, dado que la posición original (la distancia entre los apoyos es de 29 cm), al tener la longitud de la pieza más corta, se ajustó a 21cm de distancia entre los apoyos. Se aplicó la fórmula para la resistencia a la flexión:

$$RF = \frac{3 * F * Cl}{2 * a * e^2} = \frac{N}{mm^2} = \frac{Kg}{cm^2}$$

Donde:

RF = Resistencia a la flexión, cálculo analítico ($\frac{N}{mm^2}$, $\frac{Kg}{cm^2}$).

F = Fuerza de rompimiento definido en máquina universal en kilogramos.

Cl = Distancia entre apoyos del dispositivo de la maquina universal en centímetros.

a = ancho de la probeta en centímetros.

e = espesor de la probeta en centímetros.



Figura 2. Probetas para ensayo de flexión.

Ensayo de absorción de agua e hinchazón.

Bajo la norma ASTM D1037-12 sección 23 método B, el objetivo de este procedimiento es identificar en porcentaje, un cambio dimensional y de peso en la muestra, por efecto de estar inmersa en agua por un tiempo determinado. Se destinaron 5 muestras de material compuesto de dimensiones 5 x 5 x 2.5 cm y 3 muestras de 7.6 x 5 x 2.3 cm.

Ya definidas las características dimensionales iniciales de largo, ancho y espesor de las muestras, se sometieron a al agua pura 24 horas continuas en posición horizontal, manteniendo una temperatura de 20°C, a una profundidad de inmersión de 4 cms. Cumplidas las horas especificadas, se retira la pieza del agua, se libera de exceso de agua superficial a la pieza e inmediatamente se procede a pesar y medir dimensionalmente.

Para el cálculo de la absorción del agua se tiene la fórmula:

$$Ab = \frac{Mh - Ms}{Ms} * 100$$

Donde:

Ab = Absorción de agua %

Ms = Peso de la muestra seca (gr)

Mh = Peso de la muestra húmeda (gr)

Además, el cálculo del hinchamiento de espesor de las muestras se hace mediante la fórmula:

$$h = \frac{(ef - ei)}{ei} * 100$$

Donde:

h = hinchamiento a 24hrs.

ei = espesor promedio inicial

ef = espesor promedio final

Y finalmente, se tiene la fórmula para caracterizar la densidad:

$$\rho = \frac{Masa (gr)}{Volumen (cm^3)}$$

Resultados

Los datos registrados del ensayo de dureza fueron obtenidos de 10 muestras (cuadro 1), en las que se puede observar un comportamiento muy similar para todas las muestras, obteniéndose un promedio de 151.6 kp/mm² que

arrojan una dureza “blanda”, según la escala de valores para dureza Janka que va de un valor de 150 a 350 kp/mm² (cuadro 2).

Número de pieza	Espesor (mm)	Dureza (kp/mm ²)
1	22.5	180
2	22.5	125
4	25	148
7	25	240
8	25	200

Cuadro 1. Ejemplo de algunos datos registrados del ensayo de dureza.

Calificación	Dureza Janka (kp/mm ²)
Muy Blanda	< 150
Blanda	150 – 350
Semidura	350 – 650
Dura	650 – 900
Muy dura	> 900

Cuadro 2. Clasificación de dureza para tableros con base madera.

En lo que se refiere al resultado de flexión, de acuerdo con datos registrados en el procedimiento de aplicación de la fuerza para el ensayo de flexión y posteriormente el cálculo realizado bajo especificación, el resultado promedio fue de 9.35 Mpa (Cuadro 3). Se observa que el material es menos flexible que el aglomerado comercial, en referencia con valores por parte de Leidig Rangel et.al (2017), al presentar 22.5 Mpa, por lo cual ofrece un área de oportunidad para continuar con su estudio.

No. de Pieza	Largo (cm)	Ancho “a” (cm)	Espesor “e” (cms)	Fuerza aplicada “F” (Kgs)	RF (kg/cm ²)
T1	26.7	5.1	1.5	42	115.29
T1'	26.8	5.2	1.5	51	137.3
T4	26.5	5.1	1.6	38	91.68
T4'	26.1	5.1	1.65	33	79.62
T6	26.9	5.1	1.7	26	56.67
T6'	27	5.1	1.7	32	68.57
T7	26.6	5.3	1.53	42	106.69
T7'	26.6	5.1	1.52	40	106.96

Cuadro 3. Resultados obtenidos del ensayo de Flexión.

De acuerdo a la relación de peso entre las muestras secas y las muestras húmedas bajo especificación, se obtuvo que el porcentaje de absorción promedio fue de 90.88%, por lo tanto en comparación con referencia por parte de Gaitán A. et. al. (2016), que presenta un 86% para aglomerados, se tiene que el material FC/UF tiende a retener mayor cantidad de agua.

En los resultados de hinchamiento de espesor, de acuerdo a espesores medidos en seco y húmedo conforme a especificación, se obtuvo un valor de hinchamiento promedio de 6.98%, en comparativa con aglomerado comercial de acuerdo Rangel, que presenta un 15% para aglomerados, se tiene que el material FC/UF ofrece mayor resistencia a la deformación al haber tenido contacto con el agua.

Bajo consideración de factor, masa-volumen, se realizó el cálculo de densidad a 15 piezas fabricadas, de diferentes características dimensionales, se obtuvo un valor promedio de densidad de 0.489 grs/cm³, donde se considera un valor que clasifica al material compuesto en una categoría de media densidad, y en comparativa con un material aglomerado comercial, el material FC/UF resulta ser menos densa que el aglomerado, de acuerdo a comparativa de Rangel, que presentan 0.7 grs/cm³.

Comentarios Finales

Conclusiones

El material compuesto de fibra de coco con una resina tipo urea formaldehído, fue exitosamente fabricada bajo procedimiento propuesto y condiciones operativas definidas. El material muestra ser de media resistencia para aplicación práctica, pero aceptable por las normas y lo que lo convierte en viable es el hecho de ser constituido en mayor porcentaje de un material de desecho como lo es la fibra de coco. Además, los compuestos fabricados muestran ser de baja densidad comparada con un material comercial usado hoy en día, además de ser altamente resistente al agua, ya que presenta baja deformación física al hecho de estar en contacto pronunciado con mencionado elemento. Es por lo anterior por lo que si se recomienda para usos en los que sustituya a los tableros aglomerados de maderas.

Referencias

- Arumugam S., J. Kandasamy, S Venkatesan, R. Murugan, V. L. Narayanan, M. T. Hameed Sultan, F. Syazwani Shahar, A. Umaira Md Shah, T. Khan and T. Ali Sebaey, "A Review on the Effect of Fabric Reinforcement on Strength Enhancement of Natural Fiber Composites", *Materials*, Vol.15, 2022.
- Chan Martin M.H., O. Araujo Molina, M. Azueta García y L. E. Solís Rodríguez. "Tableros de madera de partículas", *Ingeniería*, Vol. 8. No. 3, 2004.
- Faridul Hasan K.M., P. György Horváth y T. Alpár. "Potential Natural Fiber Polymeric Nanobiocomposites: A Review", *Polymers*, Vol. 12, 2020.
- Gaitán A., G. Fonthal y H. Ariza-Calderón. "Fabricación y propiedades físicas de aglomerados de Pennisetum purpureum schum, Philodendron longirrhizum y Musa acuminata", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, Vol. 25, No. 1, 2016.
- Rangel L., P. Moreno, S y Trejo, S. Valero. "Propiedades de tableros aglomerados de partículas fabricados con madera de Eucalyptus urophylla", *Maderas. Ciencia y tecnología*, Vol. 19, No. 3, 2017.