



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO®

# ***TECTZAPIC***

*Revista Académico-Científica*

**Tecnológico Nacional de México  
Campus Ciudad Valles**



Diciembre 2022 Vol.8 N°2  
ISSN: 2444-4944

“Calidad Educativa Para La Productividad”

## **DIRECTORIO**

*Ing. Héctor Aguilar Ponce*  
**DIRECTOR TecNM Campus Ciudad Valles**

*Ing. Luis Medina Urbina*  
**SUBDIRECTOR DE SERVICIOS ADMINISTRATIVOS**

*M.S.E.P. Azucena de los Ángeles Gutiérrez Reyes*  
**SUBDIRECTORA DE PLANEACIÓN Y VINCULACIÓN**

*M.S.C. Jaime Jesús Delgado Meraz*  
**SUBDIRECTOR ACADÉMICO**

## **CONSEJO EDITORIAL**

<i>ING. HÉCTOR AGUILAR PONCE</i>	<i>PRESIDENTE</i>
<i>M.S.C. JAIME JESÚS DELGADO MERAZ</i>	<i>Secretario Académico</i>
<i>M.S.E.P. AZUCENA DE LOS ÁNGELES GUTIÉRREZ REYES</i>	<i>Secretaria de Relaciones Internas y Externas</i>
<i>ING. LUIS MEDINA URBINA</i>	<i>Secretario de Finanzas y Comercialización</i>
<i>M.I.A. BRENDA HORTENCIA MORENO FLORES</i>	<i>Secretario Técnico</i>
<i>M.E. ZENAYDA SALDIERNA CEPEDA</i>	<i>Jefa de Información</i>
<i>M.T.I. NITGARD ZÁPATA GARAY</i>	<i>Jefe de Edición Digital</i>
<i>M.E. SILVIA ELENA BARRIOS MENDOZA</i>	<i>Jefa de Edición y Producción</i>
<i>LIC. LETICIA DELGADO VELÁZQUEZ</i>	<i>Jefa de Resguardo y Distribución de Publicaciones</i>

## **COMITÉ CIENTÍFICO**

Dr. Jöns Sánchez Aguilar  
Dr. Mariano Mendoza Elos  
Dr. José Porfirio González Farías  
Ing. Luis Gregorio Becerra Turrubiate  
Dr. Rafael Nieto Aquino  
Dra. Laura Georgina Vázquez Lara de la Cruz.

## **COORDINACIÓN DE PUBLICACIÓN**

*M.E. Zenayda Saldierna Cepeda*  
Jefa Del Depto. De Comunicación y Difusión  
*M E. Silvia Elena Barrios Mendoza*  
Jefa de la Oficina Editorial

**Portada:** Fragmentos del Mural “La revolución de la Inteligencia”, ubicado en el edificio “E” de este instituto.

**ÍNDICE**

<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>3</b>
<b>NORMAS PARA PUBLICACIÓN EN TECTZAPIC</b>	<b>4</b>
<b>MONITOREO DE CULTIVOS CON INTERNET DE LAS COSAS POR MEDIO DE UNA RED DE SENSORES</b> García Aldape, H.; Chávez López, E; Reyes del Ángel, C.A. & Oyarvide Martínez, O. D.	<b>9</b>
<b>VALIDACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UN REACTOR DE BIOPELÍCULA UTILIZANDO HONGOS ENTOMOPATÓGENOS</b> Michel Michel, M. R.; Aguilar Zárate, P.; Rodríguez Durán, L. V.& Molina Cantú, M. V.	<b>20</b>
<b>INFUSIÓN A BASE DE SEMILLA DE OKRA, SIN CAFEÍNA, CON ANTIOXIDANTES Y ALTO VALOR NUTRIMENTAL</b> Leines Medina, D; Berlanga Reséndiz, K; Rocha Campos, X.& Hernández Pérez, A.C.	<b>28</b>
<b>DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL HOTEL SIERRA HUASTECA INN</b> Lara Izaguirre, B. I.; Torres Montalvo E. Ramírez Aguilar, C.& Alvarado Guzmán, M.	<b>38</b>
<b>EVOLUCIÓN Y TENDENCIA DE LA CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE CD. VALLES, S.L.P.</b> Ponce Medina, P. & Wong Arguelles, C.	<b>52</b>
<b>ENFRIAMIENTO CONVENCIONAL Y CON HIDRÓXIDO DE CALCIO Ca(OH)<sub>2</sub>: MÉTODOS DE COMPARACIÓN MÚLTIPLES TUKEY Y DUNCAN</b> Lugo Cornejo, E.; Guerrero Porras, M. G. & Rangel Reséndiz, D. A.	<b>61</b>

## PRESENTACIÓN

Una Institución de Nivel Superior se caracteriza por el parámetro de excelencia educativa que la distingue, la responsabilidad académica que va más allá de la imagen propuesta y que, en vías de un desarrollo que amerita reconocimiento con base a la experiencia de cuarenta dos años, propone y promueve en la Región de la Huasteca Potosina, una docencia y una investigación de gran alcance y compromiso, en lo que compete al proceso enseñanza- aprendizaje, apegado al modelo y enfoque por competencias.

Si bien es sabido, algunos teóricos, al referirse a la investigación como trabajo intelectual avalado por fuentes originales, cuyo fundamento sostiene su credibilidad y permanencia, sostienen que la verdadera intencionalidad creadora de proponer alternativas posibles encaminadas a una también posible solución, es resultado de teoría y praxis, cuya exposición y aplicación participativa, perfecciona lo establecido, innova lo investigado, corrobora lo previamente propuesto, sostiene con nuevos y/o novedosas aportaciones que el problema a investigar, es de alguna u otra manera inacabable y siempre susceptibles de nueva búsqueda y cambio. Por lo que, en general y substancialmente, la investigación da pie a procesos asiduos y permanentes cuya amplitud cognoscitiva, definitivamente conlleva responsabilidad, compromiso y respeto por el trabajo propio y por el de los demás.

TECTZAPIC, “Tecnológico Fuerte” es una revista semestral, con revisión por pares, dirigida y arbitrada por el Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Valles; editada y mantenida por Servicios Académicos Intercontinentales S.L. con el apoyo de Grupo EUMED.NET.

Todos los artículos publicados en esta revista son indexados en bases de datos científicas internacionales a través de los índices: **Latindex, IdeasRepec y Google Scholar**

### **Público al que va dirigida**

Esta revista está dirigida a todo tipo de público, principalmente a los interesados en los temas publicados: profesores, estudiantes, investigadores y lectores en general.

### **Política de acceso abierto**

Esta revista provee acceso libre inmediato a su contenido bajo el principio de poner disponible gratuitamente toda la información posible.

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

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Nacional del Derecho de Autor.

## **NORMAS PARA PUBLICACIÓN EN TECTZAPIC**

### **Primera. De los tipos de publicación**

Esta revista se enfatiza en la publicación de artículos de investigación técnico-científicos originales, así como notas de divulgación científica orientadas a difundir información relevante sobre avances en el campo de la educación, ciencia y tecnología; contemplando los siguientes:

- **Proyecto de investigación.** En este campo quedan incluidos los escritos que resulten de los proyectos de investigación que se desarrollen en el Instituto Tecnológico de Ciudad Valles (ITCV), y las tesis de licenciatura o posgrado que se consideren valiosas para darse a conocer entre la comunidad estudiantil y otro público interesado.
- **Nota de divulgación:** es un escrito breve donde el autor informa y describe de la forma más completa posible un tema de interés general y actual.

### **Segunda. De los campos temáticos**

- Vida y obra académicas
- Vinculación (institucional, educativa, empresarial, industrial, con egresados y comunitaria)
- Investigación, desarrollo y transferencia de tecnología
- Emprendimiento e incubadoras
- Desarrollo comunitario y convivencia social
- Desarrollo de competencias profesionales
- Práctica responsable de la ingeniería
- Arte, cultura y deportes

### **Tercera. De los contenidos**

- Los autores serán responsables del rigor académico y la certidumbre jurídica de los datos y la información que manejen sus escritos, ya sean resultado de su quehacer académico, de sus proyectos y logros en materia de investigación, desarrollo tecnológico, vinculación y transferencia de tecnología, o de actividades alternas relacionadas con los programas de extensión educativa.
- El autor es el único responsable ante la revista y ante el lector de la veracidad y honestidad del contenido de su trabajo. Por ello se recomienda dar siempre los créditos correspondientes al trabajo de otros. De incurrirse en plagio intelectual o daño de cualquier índole, TECTZAPIC no asumirá ninguna responsabilidad al respecto. En el caso que alguna publicación incurra plagio parcial o total el autor será sancionado de acuerdo con lo que indique el Consejo Editorial del Instituto.
- Cuando el artículo se haya publicado en otro medio y/o se derive de una investigación que cuente con el apoyo económico de alguna instancia, se deberá señalar y proporcionar los datos del evento y/o publicación y organismo de apoyo.

### **Cuarta. Del lenguaje**

- El lenguaje que presente el escrito debe ser claro y didáctico de modo que el contenido resulte accesible para un público con estudios mínimos de licenciatura. No deberá contener faltas de ortografía y debe ser redactado adecuadamente.

### **Quinta. De la estructura**

La extensión máxima será de 10 cuartillas incluyendo cuadros y gráficas. La estructura recomendada es la siguiente:

**Título de la Ponencia:** Extensión máxima de 15 palabras en mayúsculas con acentos y alineado centro, en letra negritas de 14 puntos. Deberá incluirse en inglés en 12 puntos.

**Autores:** Indicar con referencia numerada a pie de página la responsabilidad o cargo dentro de la institución, a la que pertenece, así como el correo electrónico; el texto deberá estar alineado a la izquierda en letra normal de 9 puntos).

**Resumen:** En un párrafo de máximo 15 líneas se deberá plasmar el contenido esencial de la ponencia (usualmente el planteamiento del problema, la metodología, los resultados más importantes y las principales conclusiones —todo resumido—). Este apartado deberá ser comprensible, sencillo, exacto, informativo y preciso, escrito en letra negrita a 10 puntos e interlineado sencillo entre renglones, con alineación justificada.

**Abstract:** Plasmar el resumen en idioma inglés, escrito en letra normal a 10 puntos e interlineado sencillo entre renglones, con alineación justificada.

**Palabras clave** Elegir las palabras que describen el contenido del artículo, ya que son utilizadas en bases de datos de artículos (o buscadores) para encontrar los artículos con temáticas en específico. También pueden ser frases cortas “polímero ecológico”, para identificarlas cuales utilizar, deben considerar qué palabras escribiría un usuario para encontrar su artículo a través de un buscador.

**Introducción:** Explicación del tema en general y explicar el porqué es importante. Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central. Explicación de las secciones del artículo. Los párrafos de este apartado deberán estar en letra normal a 12 puntos, interlineado sencillo entre renglones, alineación justificada.

**Metodología:** En este apartado se debe describir cómo fue llevada a cabo la investigación e incluye: Hipótesis y especificación de las variables. Diseño utilizado (experimento o no experimento). Sujetos, universo y muestra (procedencia, edades, sexo y/o aquellas características que sean relevantes de los sujetos; descripción del universo y muestra; y procedimiento de selección de la muestra). Instrumentos de medición aplicados (descripción precisa, confiabilidad, validez y variables medidas).

Procedimiento (un resumen de cada paso en el desarrollo de la investigación). Por ejemplo, en un experimento se describen la manera de asignar los sujetos a los grupos, instrucciones, materiales, manipulaciones experimentales y el desarrollo del experimento.

➤ Los párrafos de este apartado deberán estar en letra normal a 12 puntos, interlineado sencillo entre renglones, alineación Justificada.

### **Utilización de referencias o citas bibliográficas en el texto de la ponencia**

Las referencias o citas bibliográficas que utilicen los autores deberán ser ubicadas en el lugar exacto del texto en donde se menciona la fuente, utilizando el sistema de citas y referencias bibliográficas Harvard-APA.

Cada una de las referencias o citas deberá incluirse en el apartado correspondiente al final

del artículo y sólo se incluirán las referencias que se hayan citado en el trabajo; por lo tanto, no se integrarán otras complementarias, aunque se consideren de interés para el tema.

**Resultados:** Éstos son los productos del análisis de los datos. Normalmente se resumen los datos recolectados y el tratamiento estadístico que se les practicó. Aunque cuando no se aplican análisis estadísticos o cuantitativos, los resultados pueden ser frases o afirmaciones que resuman la información. Los párrafos de este apartado deberán estar en letra normal a 12 puntos, interlineado sencillo entre renglones, alineación justificada.

**Conclusiones:** En esta parte se derivan conclusiones, se hacen recomendaciones para otras investigaciones, se analizan las implicaciones de la investigación y se establece cómo se respondieron las preguntas de investigación y si se cumplieron o no los objetivos. Los párrafos de este apartado deberán estar en letra normal a 12 puntos, interlineado sencillo entre renglones, alineación justificada.

**Referencias o bibliografía:** Este es el último apartado de la ponencia, en éste se colocan todas y cada una de las fuentes que hayan referenciado o citado los autores a lo largo del artículo.

A continuación, encontrará ejemplos que le ayudarán para realizar las citas y elaboración de la bibliografía:

### **Libro**

Apellido paterno del Autor, iniciales (año). Título del libro. Lugar de la publicación: Editor.

Ejemplo:

Gardner, H. (1973). Las artes y el desarrollo humano. Nueva York: Wiley.

### **Informes y Manuales**

Institución, (año), Título del informe o manual. Lugar de la publicación: Autor.

Ejemplo:

American Psychological Association. (1994). Manual de la publicación de la American Psychological Association (4to ed.). Washington, D.C.,  
Autor.

### **Artículo en revista periódica científica**

Apellido paterno del autor, iniciales (año). Título del artículo. Nombre de la revista. Volumen(número). Páginas. DOI

Ejemplo

Teimouri, M., Hoseini, S. M., Nadarajah, S. (2013) Comparison of estimation methods for the Weibull distribution. Statistics. 47 (1) 93-109. DOI:  
<http://dx.doi.org/10.1080/02331888.2011.559657>

### **Fuentes electrónicas**

Autor, inicial(es) de su nombre (año). Título. Nombre de la página, día, mes, año de la consulta, dirección de internet

Ejemplo

Bancos, I (n.d.) Los NHS marcan la pauta del cuidado de la salud. Guardian Insurace, Mx

Obtenida el 29 de agosto de 2016 de <http://www.healthcraguide.nhsdirect.nhs.uk/>

### **Ley o Norma Oficial**

Número de la ley (o NOM), Fecha (indicar día, mes y año). Denominación oficial si la tiene. Título de la publicación en que aparece oficialmente. Lugar de publicación. Recuperado indicar día, mes y año, URL: \_\_\_\_\_

Ejemplo:

NOM-161-SEMARNAT-2011. (01 de 02 de 2013). Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo. *Diario Oficial de la Federación*. México Recuperado el 17 de oct de 2017, de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5286505&fecha=01/02/2013](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5286505&fecha=01/02/2013)

### **Sexta. De la presentación técnica y su envío**

De usarse abreviaturas, estas deberán explicarse solamente la primera vez que aparezcan en el texto. En el caso de nombres científicos, utilizar las normas internacionales y destacarlos con letras itálica. Cuando se utilicen términos técnicos o palabras solo significativas para el campo científico en cuestión, aclarar enseguida y de una manera sencilla su significado.

La inclusión de gráficas, cuadros, tablas, ilustraciones y figuras se realizará solamente en aquellos casos en los que su presentación sea estrictamente necesaria para la comprensión del texto y deberá colocarse lo más cercano al lugar dónde se mencionan. En caso de que las figuras contengan textos y símbolos, procurar que sean legibles. Todas las figuras y tablas deben numerarse progresivamente y llevar un título colocado en la parte inferior de las mismas.

Deberá usar un editor de fórmulas y ecuaciones cuando sea el caso, aclarando su significado de la forma más didáctica posible. Es conveniente presentarlas en el tamaño y espacios que se desea aparezca en la versión final. Se recomienda utilizar las variables tanto en las ecuaciones como en el texto. Todas las fórmulas y ecuaciones deberán ir numeradas progresivamente.



# MONITOREO DE CULTIVOS CON INTERNET DE LAS COSAS POR MEDIO DE UNA RED DE SENSORES CROP MONITORING WITH THE INTERNET OF THINGS THROUGH A NETWORK OF SENSORS

Recibido: 30 de septiembre del 2022  
Aceptado: 17 noviembre 2022

H. García Aldape<sup>1</sup>  
E. Chávez López<sup>2</sup>  
C.A. Reyes del Ángel<sup>3\*</sup>  
O.D. Oyarvide Martínez<sup>4</sup>

## RESUMEN

La agricultura inteligente, es un concepto que aplica el uso de nuevas tecnologías en los campos agrícolas para su monitoreo remoto. El objetivo principal de este artículo es optimizar dos de los principales recursos requeridos por el cultivo -el agua y la temperatura- para su desarrollo con la mejor calidad, tiempo y producción estimada. Aplicar tecnologías innovadoras a la agricultura es cada vez más necesario, por lo que; es común encontrar cultivos con sistemas de monitoreo basados en sensores, microprocesadores y medios de transmisión que aportan utilidad para lograr cumplir con el objetivo mencionado. La temperatura y humedad son dos variables que inciden en el crecimiento óptimo de una planta y la calidad del producto que proporciona. El presente trabajo, propone un prototipo para monitorear la humedad ambiente, la temperatura ambiente y la humedad del suelo en cultivos agrícolas. El usuario puede calibrar por programación los parámetros mencionados de acuerdo a los niveles óptimos requeridos por cada cultivo y tipo el suelo. Además, se describe por etapas la construcción de cada uno de los módulos, la forma como se miden, procesan y envían los datos en tiempo real, desde el cultivo en monitoreo hasta los dispositivos destinados para su visualización y toma de decisiones.

**PALABRAS CLAVE:** agricultura inteligente, sensores, internet de las cosas.

## ABSTRACT

Smart agriculture is a concept that applies the use of new technologies in agricultural fields for remote monitoring. The main objective of this article is to optimize two of the main resources required by the crop -water and temperature- for its development with the best quality, time and estimated production. Applying innovative technologies to agriculture is increasingly necessary, therefore; It is common to find crops with monitoring systems based on sensors, microprocessors and transmission media that provide utility to achieve the aforementioned objective. Temperature and humidity are two variables that affect the optimal growth of a plant and the quality of the product it provides. The present work proposes a prototype to monitor ambient humidity, ambient temperature and soil moisture in agricultural crops. The user can calibrate the mentioned parameters by programming according to the optimal levels required by each crop and type of soil. In addition, the construction of each of the modules is described in stages, the way in which the data is measured, processed and sent in real time, from the monitoring crop to the devices intended for its visualization and decision making.

**KEY WORDS:** smart agriculture, sensors, internet of things.

---

<sup>1</sup> Profesor del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, horacio.garcia@tecvalles.mx

<sup>2</sup> Estudiante del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, 17690299@tecvalles.mx

<sup>3</sup> Profesor del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, carlos.delangel@tecvalles.mx (**correspondencia**)

<sup>4</sup> Profesor del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, oscar.oyarvide@tecvalles.mx

## INTRODUCCIÓN

El sector agrícola se enfrenta a importantes retos como la necesidad de abastecer a una población cada vez más alta (según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, se espera que en el año 2050 se tenga que producir un 70% más de alimentos para 2.300 millones de personas adicionales), contando cada vez con menos espacios disponibles para el cultivo. (Maher, 2021).

La Agricultura Inteligente viene a solventar algunos de estos problemas, permitiendo que con menos recursos y un uso óptimo de los mismos; la producción de alimentos pueda llegar a incrementarse incluso en más de un 70% (según investigaciones recientes de entidades como Beecham Research). Por tal motivo; es necesario desarrollar métodos, tecnologías o herramientas que ayuden a cumplir este objetivo. (Maher. 2021).

En los años ochenta, nació el concepto de agricultura de precisión (AP); con los avances tecnológicos y el crecimiento de las telecomunicaciones en los últimos años, nació la internet de las cosas (IoT), esta red ha fortalecido a la agricultura de precisión; desarrollando proyectos y aplicaciones para medir y monitorear las cualidades de los cultivos, cualidades del suelo y los factores climáticos que se necesitan para proporcionar el mejor tratamiento en el lugar y el momento justos.

Los beneficios que trae consigo el uso de IoT en la agricultura de precisión (AP) son múltiples: Disminución de costos e insumos en el proceso de cultivo, disminución de los tiempos de trabajo en todo el proceso de cultivo, aumento de la productividad, aumento de la rentabilidad, sustentabilidad en el proceso de producción, optimización del consumo de agua y abonos, previniendo e impidiendo acciones contaminantes de distinto tipo, generación de productos sanos y de bajo costo, favorece el respeto al medio ambiente, optimiza el uso de agua, fertilizante y combustible. (Telcel, 2022).

El presente trabajo muestra el diseño y desarrollo de una red de sensores para el monitoreo de la temperatura ambiente, la humedad ambiente y la humedad del suelo presentes en un área de cultivo, consiste en cinco etapas que describen la metodología empleada en su elaboración. El objetivo de este proyecto, es proporcionar información en tiempo real de las variables mencionadas para optimizar recursos como el agua y ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones para obtener los resultados en cantidad, tiempo y calidad esperados.

## METODOLOGÍA

La estructura para el desarrollo del sistema se define en 5 etapas:

### **Etapas 1. Selección de sensores a utilizar.**

Para monitorear el comportamiento de variables físicas como la humedad y temperatura ambiental y la humedad del suelo, se diseña un dispositivo electrónico para medir estas variables en tiempo real. Para el sistema de monitoreo de cultivos, se decide emplear los siguientes sensores:

**Sensor DHT11:** es un sensor que mide humedad y temperatura ambiente. Es ideal para sistemas de medición climatológicos o para controles de temperatura y humedad. Este módulo está provisto de buena señal a ruido ante la interferencia y es calibrado en fábrica.

Lo anterior permite que sea preciso en calibración de humedad. Los coeficientes de calibración se almacenan como programas en la memoria OTP, que son utilizados por el proceso de detección de la señal interna del sensor. (AG Detalles DHT 11, s. f.).

**Sensor V1.2 Moinsture;** es un sensor que mide humedad de suelo, es de tipo capacitivo ya que contiene dos placas de condensadores y el suelo a donde se introduce actúa como el dieléctrico, por tal motivo; requiere calibración ya que las propiedades dieléctricas difieren dependiendo el tipo de suelo o es necesario recalibrarlo cuando se alteran las propiedades dieléctricas del suelo al agregar fertilizante, corrector de pH, etc. El sensor puede usarse para proyectos como jardinería o cultivos inteligentes. (Newark. 2022).

## **Etapa 2. Topología de conexión**

Se emplea la topología estrella para comunicar dos módulos sensores/maestro con el módulo esclavo/receptor de los datos, posteriormente; mediante una topología punto a punto, el módulo transmisor XBee configurado en modo router, realiza la transferencia de la información por medio de comandos de atención (AT), hacia el módulo receptor Xbee configurado como coordinador. (Faludi, 2011).

## **Etapa 3. Configuración de la comunicación en campo**

Para comunicar la red de sensores de los módulos sensores/maestro y transferir las lecturas de las variables medidas al módulo esclavo, se utiliza la WI-FI integrada que ambos módulos tienen ya que están fabricados con la placa de desarrollo ESP8266; esta característica, permite que los módulos sensores maestros transfieran la lectura de sus sensores al módulo esclavo a través de una señal de radiofrecuencia. (Faludi, 2011).

## **Etapa 4. Configuración de la comunicación remota.**

La comunicación remota se refiere al envío de las lecturas de las variables que realizan los sensores en campo hacia el sistema remoto de monitoreo. Este sistema de monitoreo puede ser un equipo de cómputo fijo, portable o a un teléfono inteligente (smartphone). El nodo esclavo es quien recibe los datos recabados en campo para que sean leídos y procesados por el módulo XBee transmisor, quien envía por radiofrecuencia en la banda de 2.4GHz la información al módulo XBee receptor. Para finalizar se utiliza una placa ESP8266, para subir los datos a la nube y a la plataforma de desarrollo creada para su visualización y monitoreo. (Whats is zigbee, 2022).

## **Etapa 5. Graficación de datos en tiempo real.**

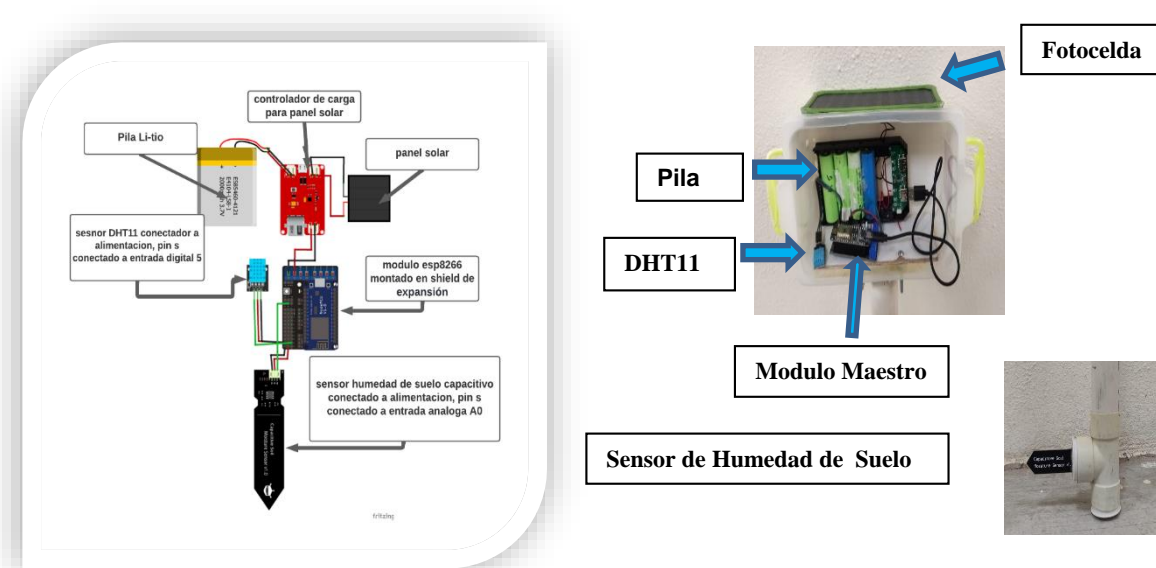
Para visualizar y monitorear la información, se desarrolló una aplicación en la plataforma de desarrollo para internet de las cosas (IOT) llamada Blynk, en ella se generan las gráficas de los datos que los sensores proporcionan en tiempo real para ser mostradas en la pantalla del equipo de cómputo y/o el teléfono inteligente que cuente con la aplicación instalada y configurada para recibirlas.

## **RESULTADOS**

### **Etapa 1. Selección de sensores a utilizar.**

#### **Módulo maestro (Caja de sensores)**

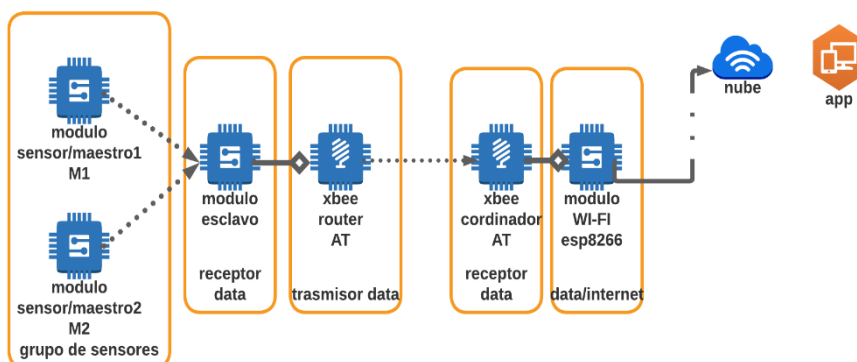
Este módulo, está constituido por una placa de desarrollo nodeMCU ESP8266 montada en una placa de expansión shield motor ESP12E; a esta última se le conecta el sensor de temperatura y humedad relativa DHT11 y el sensor de humedad de suelo v1.2. El módulo es autosustentable, cuenta con una celda solar (CN-3065) que suministra hasta 5 VCC con capacidad nominal de 160 mA, en condiciones de luz óptimas y que junto con un controlador de carga, suministra energía a una batería de litio de 3500 mA que es la encargada de energizar el módulo para su funcionamiento.



**Figura 1. Diagrama esquemático y físico del módulo sensor maestro. Fuente: Original**

## Etapa 2. Topología de conexión

Se muestra a continuación la topología utilizada y los canales de comunicación del prototipo



**Figura 2. Diagrama a bloques de la topología de red Fuente: Original**

### **Etapa 3. Configuración de la comunicación en campo.**

#### **Módulo sensor/maestro**

El módulo sensor maestro es colocado en campo, dependiendo el tipo de cultivo; es la profundidad a la que debe colocarse el sensor de humedad bajo el suelo. Los sensores de temperatura y humedad ambiente quedan en la parte superior de la estructura. El módulo es autosustentable, cuenta con una fotocelda conectada a un driver para proporcionar carga a un sistema de baterías que se encarga de proporcionar energía a todos los dispositivos electrónicos del módulo sensor maestro. En resumen, el módulo realiza lo siguiente:

1. Recibe las señales de lectura de los sensores.
2. Genera una estructura de variables que contiene cada lectura de los sensores.
3. Utiliza el protocolo ESP-NOW mediante dirección MAC para comunicarse con el



módulo esclavo y así enviarle la estructura de datos.

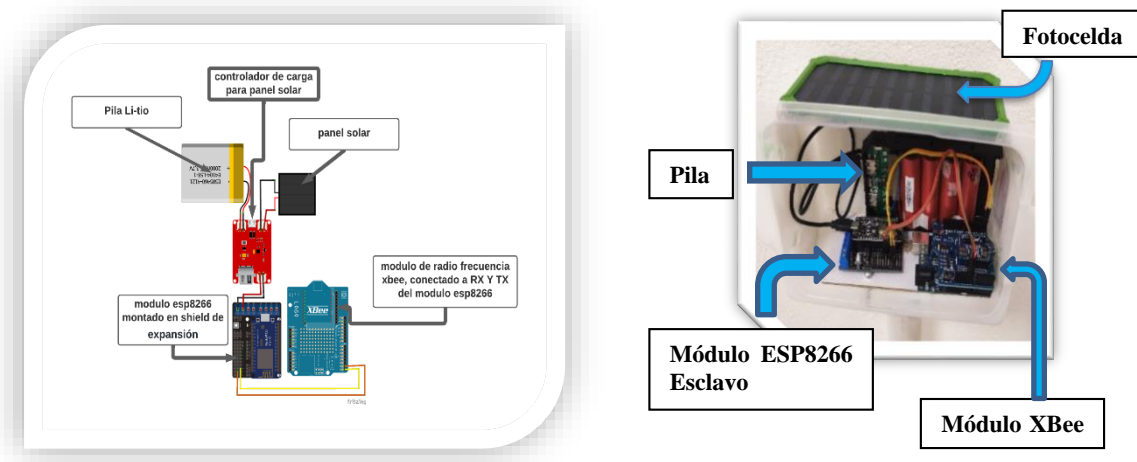
**Figura 3. Forma física del módulo sensor maestro. Fuente: Original**

#### **Módulo esclavo**

El módulo esclavo también es colocado en campo, de igual manera que el sensor maestro; es autosustentable, cuenta con una fotocelda conectada a un driver para proporcionar carga a un sistema de baterías que se encarga de proporcionar energía a todos los dispositivos electrónicos del módulo. La diferencia entre el módulo maestro y el módulo esclavo es que a este último se le conecta una etapa de radiofrecuencia con una tarjeta XBee cuya función es leer la información que llega al módulo esclavo y transmitirla en la frecuencia de 2.4 GHz al módulo receptor remoto. Básicamente realiza las siguientes tareas:

1. Recibe la estructura de datos que le envían los sensores maestro
2. Separa utilizando una coma (“,”) los datos de la estructura para concatenarlos en una cadena de texto.

3. El módulo XBee transmisor se configura en modo router con comunicación AT, lee



los datos concatenados y los envía por radio frecuencia.

**Figura 4. Diagrama esquemático y físico del módulo esclavo Fuente: Original**

#### **Etapa 4. Configuración de la comunicación remota.**

##### **Módulo receptor WI-FI con ESP8266**

El módulo receptor está colocado remotamente a una distancia máxima entre 800 a 1000 metros. Consiste en una tarjeta XBee que trabaja en la frecuencia de 2.4 GHz y está configurada en modo coordinador con comunicación AT y una tarjeta ESP8266 que interpreta los datos recibidos para darles un formato adecuado y subirlos a la nube. A continuación, se describe su funcionamiento:

1. El módulo XBee coordinador recibe la información proveniente como una estructura de datos.
2. El módulo WI-FI ESP8266 convierte la estructura de datos recibidas de la tarjeta XBee y la almacena en una variable tipo texto, para posteriormente separar cada dato en una variable específica (Dn) usando como referencia de extracción una coma (",").
3. Se tiene como referencia que el primer dato obtenido es el id (ID) que identifica al módulo sensor que envió los datos. Los datos restantes, son las lecturas de los sensores del mismo módulo que llegan en orden sucesivo: Variable2, Variable3 y Variable 4.

**Tabla 1 Separación de variables y su asignación a las variables específicas**

**Fuente original**

ID1		ID 2	
D1	Humedad relativa txt	D1	Humedad relativa txt
D2	Temperatura relativa txt	D2	Temperatura relativa txt
D3	Humedad de suelo txt	D3	Humedad de suelo txt

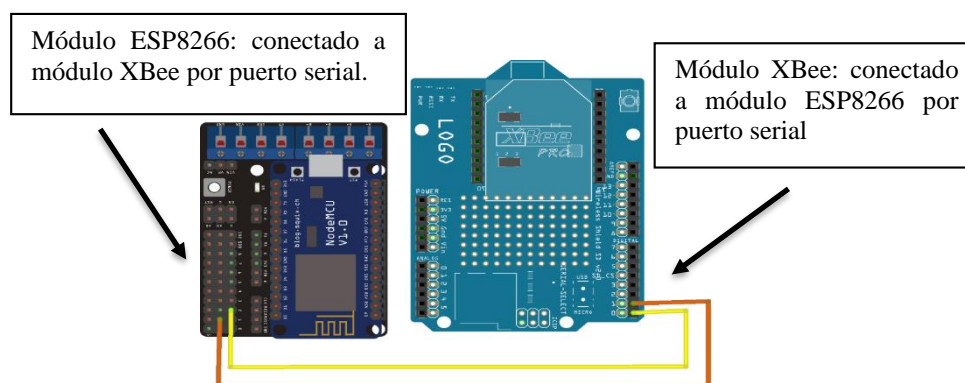
4. Finalmente, para subir los datos a la plataforma IoT Blynk, a cada variable específica ( $D_n$ ) se le asigna un pin virtual ( $V_1, V_2, \dots, V_n$ ); estos pines virtuales son vinculados mediante el uso de librerías y código exclusivo de la plataforma para mostrarse en widgets a los que fueros asignados.

**Tabla 2 Vinculación de variables a pines virtuales**

Fuente original

ID1		ID 2	
Pin virtual 1	D1	Pin virtual 4	D1
Pin virtual 2	D2	Pin virtual 5	D2
Pin virtual 3	D3	Pin virtual 6	D3

5. El módulo WI-FI debe estar conectado a un servicio de internet para enviar a la nube los datos extraídos de los pines virtuales.



**Figura 5. Diagrama esquemático del módulo receptor Fuente: Original**

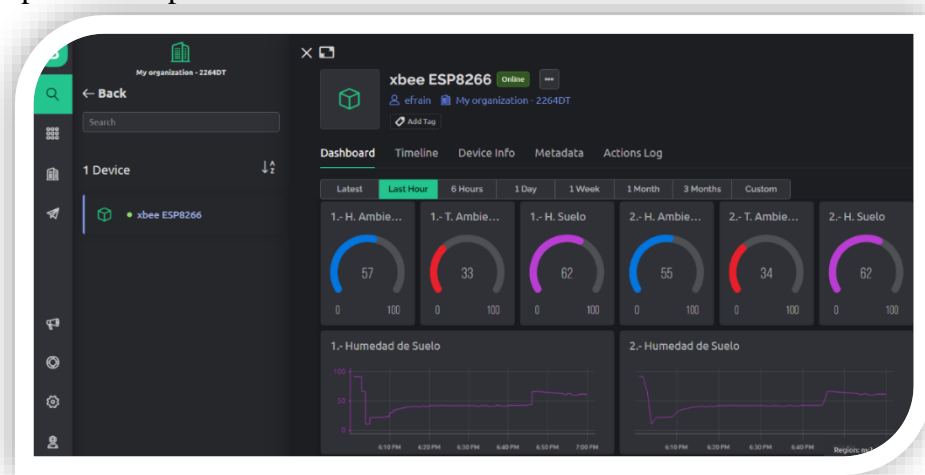
### **Etaapa 5. Graficar datos en tiempo real.**

### **Aplicación empleando la plataforma IoT BLYNK**

Esta aplicación está desarrollada con la plataforma para internet de las cosas llamada BLYNK, sirve para mostrar de manera numérica y gráfica la información de todas las variables del proyecto.

Para configurar la plataforma IoT Blynk se realiza lo siguiente:

1. Se genera una plantilla de trabajo, se le asigna un nombre y se le indica el tipo de dispositivo del cual se obtendrán los datos, para este caso es el módulo WI-FI ESP8266. Con esto, queda generado el proyecto en la plataforma.
2. Una vez creada la plantilla, se genera un virtual pin para cada variable, a cada uno se le asigna por configuración el dato que le corresponde proveniente del módulo WI-FI. A este proceso se llama DATASTREAM.
3. Se procede a crear el escritorio de trabajo, para esto se utilizan widgets que la plataforma proporciona. Para mostrar el dato numérico de cada variable se emplea el widget “gauge” y para su gráfica se emplea el widget “chart”. En ambos, es necesario indicar en su configuración el virtual pin que requieren de acuerdo a la variable para la que fueron creados.
4. Como paso final, se crea el dispositivo de trabajo en la plataforma Blynk para la plantilla del proyecto y con ello se generen las credenciales de acceso que requiere la plataforma para identificar donde colocar cada dato en el tablero monitor.



**Figura 6. Monitor de trabajo de la página WEB Fuente: Original**





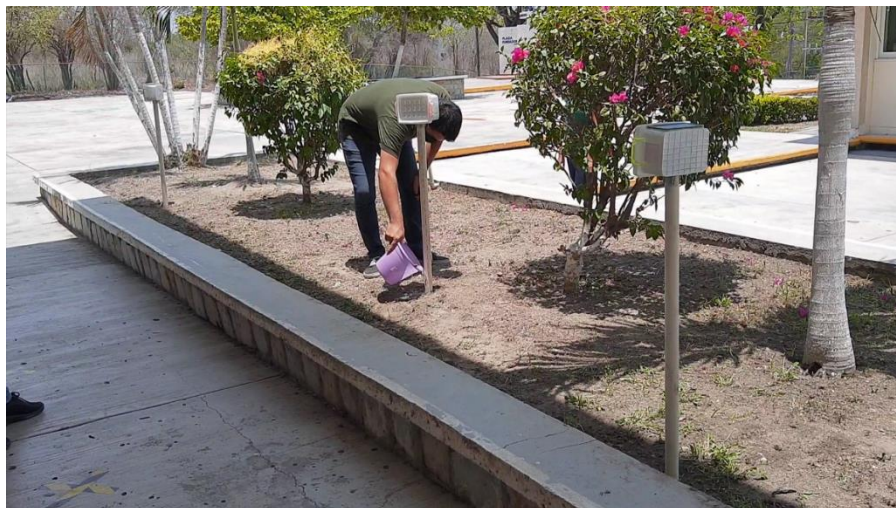
**Figura 7. Monitor de trabajo de la aplicación móvil Fuente: Original**

## CONCLUSIONES

El desarrollo exponencial de las comunicaciones e Internet de las cosas (IoT) ha permitido la creación de nuevos paradigmas de trabajo en todas las áreas de la humanidad. Con el tiempo, es cada vez mayor el uso de ambas en proyectos de medicina, deporte, sociedad, cultura, industria, etc. La agricultura también es una de estas áreas y gracias a ello, nació el concepto de agricultura inteligente. Actualmente, se han desarrollado proyectos tecnológicos que facilitan monitorear e incluso controlar de manera óptima y en tiempo real, las variables que permiten el desarrollo eficiente de los cultivos agrícolas.

En esta primera fase, se consiguió el objetivo de desarrollar el prototipo de una red de sensores para monitorear en tiempo real la temperatura ambiente, humedad ambiente y humedad del suelo en cultivos agrícolas; además, se realizaron pruebas de laboratorio satisfactorias para verificar el funcionamiento del prototipo como se muestra en la figura 8, por tal motivo, se propone como trabajo futuro realizar pruebas de campo en cultivos agrícolas, tomando en consideración asesorías de expertos en agricultura que nos indiquen los valores óptimos de las variables monitoreadas.

La finalidad de este proyecto, es ser una herramienta que proporcione información en tiempo real hacia cualquier dispositivo móvil conectado a la internet. Se considera que dichos equipos están bajo responsabilidad de quien administra el cultivo; además, cuentan con la aplicación y permisos requeridos para que el usuario acceda cuando lo requiera y tome decisiones basadas en sostenibilidad y sustentabilidad.



**Figura 8. Prueba de laboratorio para verificar la funcionalidad del prototipo.**

**Fuente: Original**



**Figura 9. Verificación de la recepción y visualización de datos en los dispositivos móviles. Fuente: Original**

## **BIBLIOGRAFÍA**

- AG Detalles DHT 11. Recuperado 7 de septiembre de 2022, de <https://agelectronica.lat/pdfs/textos/D/DHT11.PDF>
- Faludi, R. (2011). Building Wireless Sensor Networks. (B. Jepson, Ed.) Sebastopol, CA, United States Of America: O'Reilly Media, Inc.
- Maher, Smart agrocontrollers. Agricultura inteligente 2021: las tendencias agrícolas para el nuevo año. Obtenida el 12 de septiembre de 2021, de <https://www.maherelectronica.com/agricultura-inteligente-tendencias-tecnologicas/>
- Newark AN AVNet Company Recuperado 7 de septiembre de 2022, de <https://mexico.newark.com/dfrobot/sen0193/analog-capacitive-soil-moisture/dp/80AC9428pdf>Romero, S. (2021, 26 agosto). ¿Qué es la agricultura de precisión? La gestión digital del campo. BBVA NOTICIAS. Recuperado el 7 de septiembre de 2022, de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-agricultura-de-precision-la-gestion-digital-del-campo/>
- Telcel, 2022. IoT en la agricultura de precisión. Telcel.com. Recuperado el 20 de septiembre de 2022, de <https://www.telcel.com/empresas/tendencias/notas/como-funciona-iot-en-agricultura-de-precision.html>
- What Is Zigbee Protocol Wireless Mesh Networking? (s. f.). Digi. Recuperado el 7 de septiembre de 2022, de <https://es.digi.com/solutions/by-technology/zigbee-wireless-standard>

# VALIDACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UN REACTOR DE BIOPELÍCULA UTILIZANDO HONGOS ENTOMOPATÓGENOS

## VALIDATION OF THE OPERATION OF A BIOFILM REACTOR USING ENTOMOPATHOGENIC FUNGI

Recibido: 17 de octubre de 2022  
Aceptado: 17 de noviembre 2022

M.R. Michel Michel<sup>1</sup>  
P. Aguilar Zárate <sup>2\*</sup>  
L.V. Rodríguez Durán<sup>3</sup>  
M.V. Molina Cantú<sup>4</sup>

### RESUMEN

En este trabajo se realizaron tres fermentaciones utilizando la cepa de *Beauveria bassiana* PQ2, hongo entomopatógeno ampliamente utilizado para el control biológico, con el objetivo de producir oosporeina, pigmento activo que produce como metabolito secundario. Se trabajó con un reactor de biopelícula con capacidad de 1.3 L, unido a un sistema de funcionamiento continuo, estableciendo las condiciones fijas de operación: flujo de 2.5 L / min para proporcionar agitación al medio, temperatura 30 °C ± 2, una recirculación de medio de cultivo mediante el uso de una bomba peristáltica y conectado a su vez a un sensor e interfaz para monitoreo de CO<sub>2</sub>. El proceso de fermentación se llevó a cabo en un periodo de 168 horas, se manejó un volumen de 600 mL de medio de cultivo, inoculado a una concentración de 1 x 10<sup>7</sup> esporas / ml, el medio de cultivo se compone por sacarosa, extracto de levadura, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> y CaCl<sub>2</sub>. El crecimiento de *Beauveria bassiana* se evaluó de acuerdo con la producción de CO<sub>2</sub>, su punto de producción más alto de CO<sub>2</sub> se dio durante la fase exponencial, a las 68.5 horas de fermentación con una obtención de 1.35 g de CO<sub>2</sub> / mL. El promedio de producción de oosporeina se produjo una cantidad de 1011.5 mg / L respectivamente, con relación a la producción de esporas en el soporte del reactor se obtuvieron concentraciones de 8.19 x 10<sup>8</sup>, 7.09 x 10<sup>8</sup> y 4.68 x 10<sup>8</sup> esporas/g de soporte. El reactor de biopelícula es válido para desarrollar el crecimiento de hongos entomopatógenos.

**PALABRAS CLAVE:** *Beauveria bassiana* PQ2, fermentación, reactor de biopelícula, oosporeina.

### ABSTRACT

In this work, three fermentations were carried out using the *Beauveria bassiana* PQ2 strain, an entomopathogenic fungus widely used for biological control, with the aim of producing oosporein, an active pigment that it produces as a secondary metabolite. We worked with a biofilm reactor with a capacity of 1.3 L, linked to a continuous operating system, establishing the fixed operating conditions: flow of 2.5 L / min to provide agitation to the medium, temperature 30 °C ± 2, a recirculation of culture medium by using a peristaltic pump and connected in turn to a sensor and interface for CO<sub>2</sub> monitoring. The fermentation process was carried out in a period of 168 hours, a volume of 600 mL of culture medium was handled, inoculated at a concentration of 1 x 10<sup>7</sup> spores / ml, the culture medium is composed of sucrose, extract yeast, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> and CaCl<sub>2</sub>. The growth of *Beauveria bassiana* was evaluated according to the production of CO<sub>2</sub>, its highest point of CO<sub>2</sub> production occurred during the exponential phase, at 68.5 hours of fermentation, obtaining 1.35 g of CO<sub>2</sub> / mL. The average production of oosporein was produced in an amount of 1011.5 mg / L respectively, in relation to the production of spores in the reactor support, concentrations of 8.19 x 10<sup>8</sup>, 7.09 x 10<sup>8</sup>, and 4.68 x 10<sup>8</sup> spores/g of support were obtained. The biofilm reactor is valid for developing the growth of entomopathogenic fungi.

**KEY WORDS:** *Beauveria bassiana* PQ2, fermentation, biofilm reactor, oosporein.

<sup>1</sup>Profesora del Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad.

<sup>2</sup>Profesor del Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Valles. pedro.aguilar@tecvalles.mx (correspondencia)

<sup>3</sup>Profesor de Universidad Autónoma de Tamaulipas.

<sup>4</sup>Profesora del Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Valles.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los factores que limita la producción de los cultivos son las plagas agrícolas. El uso indiscriminado de insecticidas orgánicos sintéticos ha traído como consecuencia la selección de individuos resistentes, la resurgencia de nuevas plagas y la contaminación ambiental y del hombre. El manejo integrado de plagas (MIP), que se basa en principios totalmente ecológicos, considera todo el agroecosistema en su conjunto. Como tal, comprende la aplicación armónica de diferentes métodos de control, uno de ellos es el control biológico de las plagas mediante parasitoides, predadores (entomófagos) y organismos entomopatógenos que pueden ser hongos, bacterias, virus, nematodos y protozoarios (Cañedo & Ames, 2004).

El término hongo entomopatógeno se aplica aquellos microorganismos capaces de atacar insectos, o son un medio de control en la reducción de poblaciones de insectos vectores de enfermedades a humanos o causan daño a cultivos. También se les define como parásitos obligados o facultativos de insectos, con una alta capacidad de esporulación y sobrevivencia; sus mayores ventajas están en la manipulación y adaptación a diferentes ambientes, especificidad y capacidad de penetración directa a través del tegumento (García García et al., 2014).

La utilización de microorganismos como son los hongos entomopatógenos, que son de los principalmente usados en la industria como agentes de control biológico, involucra una serie de procesos para su producción masiva, desde la preparación del materiales y medios de cultivo, así como técnicas de asepsia para evitar contaminantes y lograr obtener los metabolitos secundarios de interés (Mascarin & Jaronski, 2016)..

El aislamiento y estudio de estos metabolitos reviste gran importancia debido a la posibilidad de su utilización como plaguicidas, los mismos poseen baja toxicidad en humanos, elevada acción insecticida y no necesita requerimientos especiales para su empleo. Aunque la producción de metabolitos secundarios es una propiedad genética inherente a los hongos entomopatógenos, la producción de un metabolito en específico puede ser significativamente alterada mediante la optimización de las condiciones del cultivo, como pueden ser los nutrientes, temperatura, pH, etc. (Borges, 2010).

Los biorreactores son equipos donde se desarrollan una serie de reacciones, por la acción de los microorganismos o de enzimas, puesto bajo un ambiente controlado en donde se pretende que haya un crecimiento celular o la producción de metabolitos de interés con una eficiencia óptima. Estos equipos son para el proceso de cultivo, generalmente un tanque de fermentación sólido o líquido. Su diseño debe asegurar la homogeneidad entre los componentes del sistema y las mejores condiciones para el crecimiento microbiano y la obtención del producto deseado (Ruíz-Leza et al., 2007). El empleo de estos sistemas incide en la reducción de los costos de producción en el cultivo a escala, ampliamente documentado en gran número de especies de valor comercial. Por otra parte, se controlan varias condiciones de cultivo como lo son pH, agitación, oxígeno disuelto, entre otros parámetros (Rosales-López, 2019)

En el control biológico, el principal problema a atacar es producir de forma rápida, eficiente y económica grandes cantidades de los microorganismos que resulten ser el enemigo natural de las plagas. El cultivo de microorganismos en reactores es la disciplina biotecnológica que cuenta con la mayor experiencia por lo que, en general, se puede decir que las tecnologías

para el control biológico están disponibles. La importancia de realizar este proyecto fue validar el correcto funcionamiento de un reactor de biopelícula utilizando hongos entomopatógenos, evaluando desde la manipulación de las condiciones del cultivo, el crecimiento de los microorganismos en el reactor y la eficiencia en cuanto a la producción de los metabolitos secundarios y esporas, y además el consumo de sustrato.

## METODOLOGÍA

### Revitalización de los hongos entomopatógenos

#### Microorganismo

Para la realización del presente trabajo se utilizó la cepa perteneciente al género *Beauveria bassiana* PQ2, la cual se obtuvo del Laboratorio de análisis de alimentos, ubicado en el Instituto Tecnológico de Cd. Valles.

#### Reactivación

Se realizó una resiembra utilizando como medio agar papa dextrosa para la reactivación, se incubaron durante 7 días a una temperatura de 30 °C en matraces que contuvieran 100 mL de agua destilada, 1000 µL del hongo y 3.9 g de agar PDA.

#### Preparación del inóculo

Se preparó una suspensión de esporas de conidios del hongo, inicialmente se adicionaron 40 mL de agua destilada estéril + Tween 80 al 0.01% a cada matraz y con la ayuda de un agitador vibratorio, durante 5 minutos se recuperaron las esporas producidas. Para la inoculación se manejó una concentración de  $1 \times 10^7$  esporas por mililitro de medio por cada reactor.

#### Fermentación

##### Preparación del medio de fermentación

Para el reactor se preparó en un matraz de 1000mL el medio para fermentación con un volumen de 600 mL de agua destilada, realizando inicialmente la dilución de las sales, y por último la sacarosa y extracto de levadura. Ajustar el medio a un pH de 6 ( $\pm 0.1$ , controlado con hidróxido de sodio 0.5 M), posteriormente se esterilizó a 121 °C, 15 psi durante 15 min. En condiciones asépticas el medio se le agregó 0.06 g de antibiótico, para evitar el crecimiento de bacterias, finalmente se inoculó a una concentración de  $1 \times 10^7$  esporas/mL. En la tabla 2 se muestra las cantidades de cada reactivo que contendrá el medio de cultivo líquido (Ávila-Hernández et al., 2020).

**Tabla 2.** Composición del medio.

Componente	Composición (g/L)
Sacarosa (azúcar)	22.5
Extracto de levadura	6
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.48
MgSO <sub>4</sub>	0.72
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	0.06

CaCl<sub>2</sub>

0.24

### Condiciones de operación del reactor

Para llevar a cabo la fermentación se utilizó el reactor de biopelícula, diseñado previamente en el laboratorio por Lara-Juache et al. 2021, con una capacidad de hasta 1.3 L de medio. Como parámetros de operación fijos son: temperatura de  $30 \pm 2$  °C, flujo de aire de 2.5 L/min de aire medido por un flujómetro, que es el que proporciona la agitación y el oxígeno al medio y una recirculación del medio cada 24 horas por medio de una bomba peristáltica, conectado a su vez a un sensor e interfaz para monitoreo de CO<sub>2</sub>, esto durante un periodo de 168 horas.

### Evaluación de la producción de metabolitos y del consumo de sustrato

#### Evaluación de producción de metabolitos

Se tomaron muestras desde el tiempo 0 hasta el final de la fermentación, en intervalos de 24 horas, para monitorear la estimación de producción de pigmento rojo. Se realizó una curva de calibración por medio de espectrofotometría, utilizando una solución madre de 10 mg del pigmento diluidos en 10 ml de agua destilada, se realizaron diluciones de 1 mL de solución madre en 1 ml de agua destilada para obtener una dilución de 500 ppm, este se diluirá en un valor de 31.25 ppm usando como valor 0 para el espectrofotómetro solo agua destilada.

#### Evaluación del crecimiento.

La evaluación del crecimiento del microorganismo se monitoreó midiendo la concentración de CO<sub>2</sub> del gas de escape del reactor por medio de un analizador (sensor) de CO<sub>2</sub> tipo Go Direct®, conectado a una interfaz tipo LabQuest 2. Desde el inicio hasta el final de fermentación se utilizó el análisis de datos descrito por Aguilar-Zárate et al. (2018). La producción de CO<sub>2</sub> de todo el proceso se modela como X (mg CO<sub>2</sub> / g materia seca) a través de la aplicación de Velhursts-Pearl Logistics programada por Aguilar-Zarate et al. (2014) con el fin de evaluar el desarrollo de los hongos.

$$\frac{dX}{dt} = \mu X \left[ 1 - \frac{X}{X_{max}} \right]$$

(3)

Donde  $\mu$  es la tasa máxima de crecimiento específico y  $X_{max}$  es el valor de equilibrio para X donde  $dX / dt = 0$  la solución para la ecuación (3) se da a continuación:

$$X(t) = \frac{X_{max}}{1 - \left( \frac{X_{max} - X_0}{X_0} \right) e^{(-\mu t)}}$$

(4)

X0 se refiere al valor de X cuando  $t = 0$ . La ecuación (4) se usa generalmente para datos experimentales cuando se propone la ecuación (3). Los valores mínimos de error cuadrado se encuentran en función de parámetros  $X_0$ ,  $X_{max}$  y  $\mu$ .

### **Producción de esporas**

Al finalizar la fermentación se realizó un conteo de esporas recuperadas del medio de soporte, para la recuperación se preparó una solución de 100 mililitros de *Tween* 80 al 0.01 %. Para determinar el contenido de esporas por volumen contenido en la suspensión se determinó con ayuda de la cámara Neubauer, las diluciones fueron de acuerdo al manual para el Manejo de Hongos Entomopatógenos ( Cañedo & Ames, 2004) de 1:10, 1:100 y 1:100, la suspensión se llevó a la cámara y se colocó el cubreobjetos. Se observó con el lente de 40X y se contaron en total 13 cuadrados (5 arriba, 5 abajo y 3 en diagonal).

Se determinó el número de esporas por mililitro y el número total de esporas utilizando las siguientes formulas:

$$\text{Esporas/mililitro} = (x) (25)(10000)(\text{dilución})$$

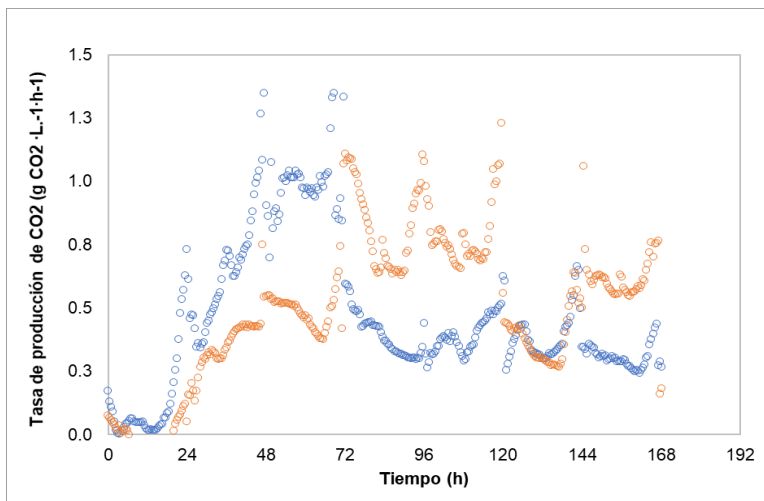
$$\begin{aligned} & \text{Esporas/g de soporte} \\ = & (\text{esporas/mililitro}) (\text{Vol. recuperado de suspensión de esporas})/\text{g de soporte} \end{aligned}$$

## **RESULTADOS**

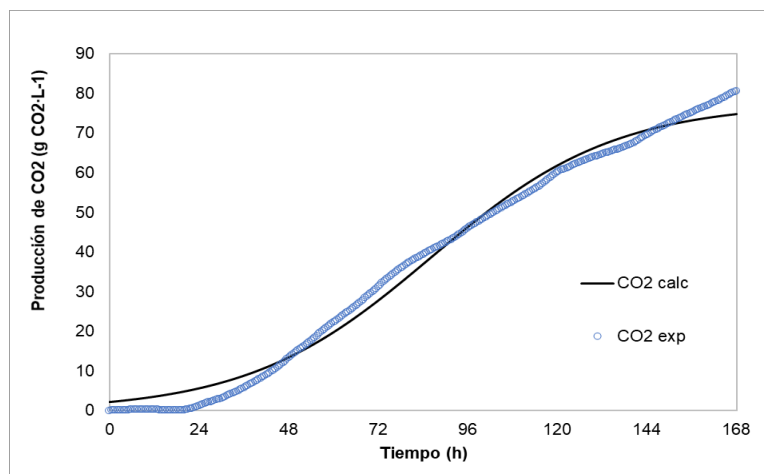
### **Evaluación de crecimiento**

Para realizar la cinética de crecimiento de *Beauveria bassiana* se evaluó la actividad respiratoria que *B. bassiana* produjo durante la fermentación, capturando los valores mediante el uso del analizador (sensor). El proceso se realizó dentro de un periodo de 168 horas, a partir de las 48 horas se visualizó crecimiento de micelio blanco característico del hongo en el soporte, tanto en el medio líquido como en el medio de soporte, al finalizar la fermentación se produjo un aumento masivo de micelio de color blanco. En la figura 1 se muestra la tasa de producción del CO<sub>2</sub> de 2 fermentaciones, se registró como la tasa más alta de CO<sub>2</sub> en la fermentación 1, como se muestra indicado de color azul, aproximadamente a las 68.5 horas hubo una producción de 1.35 g de CO<sub>2</sub>/ml.





**Figura 1. Tasa de producción de CO<sub>2</sub> por *B. bassiana*.**



**Figura 2. Producción de CO<sub>2</sub> por *B. bassiana* con ajuste de los datos al modelo Verlhust-Pearl.**

En la figura 2 se puede identificar la producción de CO<sub>2</sub> acumulado, de acuerdo con la figura, seguido de la fase estacionaria, después de llegar a la producción máxima por ambas fermentaciones, se puede observar que los valores se presentan disminuciones y aumentos de las concentraciones en las horas siguientes, entre las 144 y 168 horas, indicando que en el medio líquido como en el soporte aún se presenta un aumento de producción de micelio. La evaluación del CO<sub>2</sub> se realizó de acuerdo a la metodología expresada por Rodríguez-Durán et al. (2011) aplicado hacia un bioproceso para la producción de Tanasa en SSF por *A. niger* GH1. El ajuste de R<sup>2</sup> a los datos introducidos fue de 0.99, con una velocidad de crecimiento ( $\mu$ ) de 0.04, los resultados son comparados con los descritos en la fermentación de *B. bassiana* por (Lara Juache, 2020) donde el ajuste de R<sup>2</sup> fue de 0.097 y la tasa específica de velocidad de crecimiento de 0.046.

## Evaluación de producción de pigmento

A lo largo del proceso de fermentación se tomaron muestras cada 24 horas para estimar los valores de producción de pigmento. Como un indicativo de producción es la coloración que puede llegar a observarse en el medio a partir de las 72 horas de fermentación (Ávila-Hernández et al., 2022), para la comprobación y tener en cuenta la estimación de la cinética de producción, se realizó una curva de calibración por espectrofotometría. En la figura 3 se observa la cinética producida por *Beauveria bassiana*, en donde se muestra una concentración promedio de 177.7 mg/L de oosporeína en la muestra tomada a las 72 horas y a las 168 horas se observó una concentración de 1011.5 mg/L.

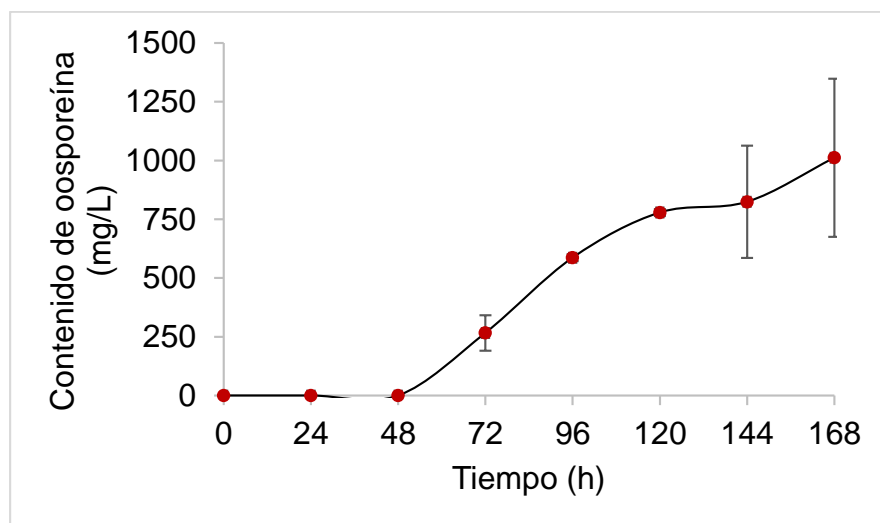


Figura 3. Cinética de producción de oosporeína.

## CONCLUSIONES

El reactor de biopelícula presentó un buen funcionamiento para llevar a cabo fermentaciones de hongos entomopatógenos. Se logró evaluar el crecimiento que presentó *Beauveria bassiana* PQ2 durante el proceso, presentando valores aceptables en cuanto a CO<sub>2</sub> producido, se obtuvo una concentración de esporas máxima de  $8.19 \times 10^8$  y se evaluó la producción promedio de oosporeína obtenida de cada repetición, validando que el reactor presenta un buen sistema para realizar fermentaciones, mostrando resultados buenos que se encuentran dentro de los estándares para la obtención de metabolitos secundarios.

## BIBLIOGRAFÍA

Aguilar-Zárate, P., Wong-Paz, J. E., Rodríguez-Duran, L. V., Buenrostro-Figueroa, J., Michel, M., Saucedo-Castañeda, G., Favela-Torres, E., Ascacio-Valdés, J. A., Contreras-Esquivel, J. C., & Aguilar, C. N. (2018). On-line monitoring of *Aspergillus niger* GH1 growth in a bioprocess for the production of ellagic acid and ellagitannase by solid-state fermentation. *Bioresource Technology*, 247, 412–418. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.115>

Aguilar-Zarate, P., Cruz-Hernandez, M. A., Montanez, J. C., Belmares-Cerda, R. E., &

- Aguilar, C. N. (2014). Enhancement of tannase production by *Lactobacillus plantarum* CIR1: validation in gas-lift bioreactor. *Bioprocess and biosystems engineering*, 37(11), 2305-2316.
- Ávila-Hernández, J. G., Carrillo-Inungaray, M. L., De-La-Cruz-Quiroz, R., Wong-Paz, J. E., Muñoz-Márquez, D. B., Parra, R., Aguilar, C. N., & Aguilar-Zárate, P. (2020). *Beauveria bassiana* secondary metabolites: A review inside their production systems, biosynthesis, and bioactivities. *Mexican Journal of Biotechnology*, 2020(4), 1–33. <https://doi.org/10.29267/MXJB.2020.5.4.1>
- Ávila-Hernández, J. G., Aguilar-Zárate, P., Carrillo-Inungaray, M. L., Michel, M. R., Wong-Paz, J. E., Muñoz-Márquez, D. B., ... & Martínez-Ávila, G. C. G. (2022). The secondary metabolites from *Beauveria bassiana* PQ2 inhibit the growth and spore germination of *Gibberella moniliformis* LIA. *Brazilian Journal of Microbiology*, 53(1), 143-152.
- Borges, D. D. A. O. ; S. J. A. N. G. E. (2010). Metabolitos secundarios producidos por hongos entomopatógenos . *ICIDCA. Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar*, 44, 49–55.
- Cañedo, V., & Ames, T. (2004). *Manual de Laboratorio para el Manejo de Hongos Entomopatógenos*. <https://doi.org/cip@cgiar.org>, [www.cipotato.org](http://www.cipotato.org)
- García García, M. A., Cappello García, S., Leshner Gordillo, J. M., & Molina Martínez, R. F. (2014). Aislamiento y caracterización morfológica de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *metarhizium anisopliae*. *HORIZONTE SANITARIO*, 10(2), 21. <https://doi.org/10.19136/hs.a10n2.229>
- Lara-Juache, H. R., Ávila-Hernández, J. G., Rodríguez-Durán, L. V., Michel, M. R., Wong-Paz, J. E., Muñoz-Márquez, D. B., ... & Aguilar-Zárate, P. (2021). Characterization of a Biofilm Bioreactor Designed for the Single-Step Production of Aerial Conidia and Oosporein by *Beauveria bassiana* PQ2. *Journal of Fungi*, 7(8), 582.
- Mascarin, G. M., & Jaronski, S. T. (2016). The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 32(11), 177. <https://doi.org/10.1007/s11274-016-2131-3>
- Rodríguez-Duran, L. V, Contreras-Esquivel, J. C., & Prado, L. A. (2011). Optimization of Tannase Production by *Aspergillus niger* in Solid-State Packed-Bed Bioreactor Pomegranate and DM View project Popping quality in sorghum grain View project. *Article in Journal of Microbiology and Biotechnology*. <https://doi.org/10.4014/jmb.1103.03025>
- Rosales-López, C. (2019). Los bioprocesos en la biotecnología: uso de biorreactores para la producción y el escalamiento de productos de interés comercial. *Revista Tecnología En Marcha*, 32, 41–46. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i9.4626>
- Ruíz-Leza, H. A., Rodríguez-Jasso, R. M., Rodríguez-Herrera, R., Contreras-Esquivel, J. C., & Aguilar, C. N. (2007). Diseño de biorreactores para fermentación en medio sólido. *Revista Mexicana de ingeniería química*, 6(1), 33-40.

# INFUSIÓN A BASE DE SEMILLA DE OKRA, SIN CAFEÍNA, CON ANTIOXIDANTES Y ALTO VALOR NUTRIMENTAL

## INFUSION BASED ON OKRA SEED, CAFFEINE FREE, WITH ANTIOXIDANTS AND HIGH NUTRITIONAL VALUE

Recibido: 27 de septiembre de 2022  
Aceptado: 07 de noviembre 2022

D. Leines Medina<sup>1</sup>  
K. Berlanga Reséndiz<sup>2\*</sup>  
X. Rocha Campos<sup>3</sup>  
A.C. Hernández Pérez<sup>4</sup>

### RESUMEN

Hoy en día son frecuentes los problemas generados por un ritmo de vida acelerado; es común encontrar problemas de salud, como la obesidad, diabetes, insomnio, ansiedad, problemas estomacales y digestivos entre otros. Estudios confirman que gran parte de la población busca en el consumo de infusiones tipo "Te", solucionar alguna de estas problemáticas. En este sentido, la okra (*Abelmoschus esculentus*) es una planta tropical de fruto comestible, originaria de África y perteneciente a la familia de las malváceas, conocida como quingombó, gombo, molondrón u okra; en México se le conoce como quimbombó o simplemente okra. La okra crece en regiones tropicales de clima cálido, en algunas regiones es considerada un alimento, aprovechando su tallo, hojas y fruto; es consumida por su valor nutrimental, poseedora de antioxidantes naturales que ayudan a prevenir padecimientos como estrés oxidativo, daño celular, cúmulo de placas lipídicas en vasos sanguíneos, colesterol entre otros. Particularmente es una planta silvestre de la Huasteca Potosina, utilizada de forma empírica y limitada por pobladores de la Zona Tének de Ciudad Valles, S.L.P., sin aprovechar su semilla, ni dar valor agregado a ella por su gran aporte nutrimental. Por lo anterior, se propone OKRAF'T, una infusión tipo café a base de semilla de okra, sin cafeína, con antioxidantes y alto valor nutrimental. Un producto atractivo, sostenible, saludable e innovador que aporte a través de su consumo una mejora en la calidad de vida del consumidor.

**PALABRAS CLAVE:** OKRAF'T, Infusión, Salud, Obesidad, Antioxidantes.

### ABSTRACT

Nowadays, problems generated by an accelerated pace of life are frequent; it is common to find health problems such as obesity, diabetes, insomnia, anxiety, stomach and digestive problems, among others. Studies confirm that a great part of the population seeks in the consumption of "tea" type infusions, to solve some of these problems. In this sense, okra (*Abelmoschus esculentus*) is a tropical plant with edible fruit, originally from Africa and belonging to the malvaceae family, known as okra, gombo, molondrón or okra; in Mexico it is known as okra or simply okra. Okra grows in tropical regions of warm climate, in some regions it is considered a food, taking advantage of its stem, leaves and fruit; it is consumed for its nutritional value, possessing natural antioxidants that help prevent ailments such as oxidative stress, cell damage, accumulation of lipid plaques in blood vessels, cholesterol, among others. Particularly, it is a wild plant of the Huasteca Potosina, used in an empirical and limited way by inhabitants of the Tenek Zone of Ciudad Valles, S.L.P., without taking advantage of its seed, nor giving added value to it for its great nutritional contribution. Therefore, OKRAF'T is proposed, a coffee-like infusion based on okra seed, caffeine-free, with antioxidants and high nutritional value. An attractive, sustainable, healthy and innovative product that contributes through its consumption an improvement in the consumer's quality of life.

**KEY WORDS:** OKRAF'T, Infusion, Health, Obesity, Antioxidants.

1 Docente del Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

2 Docente del Instituto Tecnológico de Ciudad Valles; karina.berlanga@tecvalles.mx (Correspondencia)

3 Estudiante de Ingeniería en Industrias Alimentarias, TECNM Campus Ciudad Valles

4 Estudiante de Ingeniería en Industrias Alimentarias, TECNM Campus Ciudad Valles

## INTRODUCCIÓN

El sobrepeso y la obesidad son un problema de salud que afecta a gran parte de la población, representan el principal precursor de enfermedades tales como la diabetes, hipertensión, enfermedades cardiovasculares, cáncer, estrés e insomnio. Información obtenida de estudios realizados estiman que la obesidad y el sobrepeso afectan a 38 de cada 100 adolescentes y 8 de cada 10 personas adultas y tan solo tomando como referencia el año 2019 se registraron más de 260 mil muertes a causa de la obesidad: 156 mil por enfermedades cardiovasculares y más de 104 mil por diabetes (Gemedé *et al.*, 2015; Jaramillo, 2017; Kanter, 2021).

La okra da un fruto cuyas semillas al ser procesadas permite obtener una bebida tipo café, con sabor y aroma de diferencia imperceptible; en la actualidad esta planta ha sido muy poco aprovechada tanto en la región huasteca, como en México. Esta semilla es rica en nutrientes y principios activos, posee vitaminas, aceites, fibra dietética, polisacáridos y polifenoles, por lo que se le atribuye funciones antioxidantes, antiinflamatorias, hipoglucemiantes, hipolipemiantes, entre otras. Posee un importante contenido de proteínas, vitamina A, B1, B2 y Niacina, cuenta con minerales como calcio, fósforo, magnesio, potasio, hierro y sodio, así como un bajo contenido de grasas y calorías (Liu *et al.*, 2021; De Rosa *et al.*, 2010).

Por lo anterior, se elabora OKRAF<sup>™</sup>T, una infusión con alto valor nutrimental, desarrollada a partir de las semillas de okra de plantas sembradas y cosechadas en suelos fértiles y libres de agroquímicos de la zona tének de Ciudad Valles, S.L.P. En este contexto, se producen sobres individuales, los cuales contienen 4 gramos de okra para preparar una taza de infusión instantánea, lista para consumir. El proceso de producción es innovador y cumple con las disposiciones normativas de la NOM-251-SSA1-2009. Dentro de la investigación realizada, se comprobó de forma experimental que el producto posee 140 mg de polifenoles equivalentes a ácido gálico (Técnica Folin Ciocalteu) con propiedades antibióticas, antiinflamatorias, anticancerígenas, antioxidantes y de protección cardiovascular; además cada gramo de producto tiene el 85% de antioxidantes (Método DPPH y ABTS). Respecto al análisis químico proximal realizado, este producto tiene alto valor nutrimental y no posee sellos de advertencia según la etiqueta diseñada con base en la NOM-051-SCFI-2010.

El proyecto realizado considera la puesta en marcha de la planta de producción de OKRAF<sup>™</sup>T, ya que incluye un plan de negocios completo, el cual se inició con un estudio de mercado, donde se logró conocer que más del 72% de los encuestados estarían dispuestos a consumir el producto, además con la información obtenida se logró identificar el segmento de mercado a quien va dirigido este producto, así el arquetipo del cliente se denominó Multi-dinamix.

En la determinación de la factibilidad financiera se proyectaron los costos fijos y variables para la obtención de costo de producción y el cálculo del precio de venta, así como del punto de equilibrio. Se desarrolló la estimación de los indicadores financieros Valor Presente Neto, Tasa Interna de Retorno, así como del análisis Costo Beneficio y Retorno de la Inversión, así, con la obtención de los mismos se determinó que el proyecto es factible de realizar, al haberse obtenido una evaluación positiva en todos los indicadores analizados.

Para la puesta en marcha de la empresa se propone una personalidad jurídica de Sociedad por Acciones Simplificada y se considera el programa de financiamiento “Crédito Fondo San Luis para la Microempresa (SIFIDE) como la primera opción para obtención del

financiamiento del monto estimado como inversión inicial.

## **METODOLOGÍA**

Como parte del proyecto de innovación en perspectiva de emprendedores, se realizó: 1) Investigación documental, 2) Estudio de Mercado, 3) Proceso de producción, 4) Actividad experimental, 5) Identidad del producto, 6) Evaluación sensorial y 7) Viabilidad financiera.

### **1) Investigación documental**

Se realizó investigación documental en fuentes confiables, y con base en el estudio elaborado, fue posible seleccionar, compilar, organizar, interpretar y analizar la información existente acerca de las características y beneficios de la planta, así conocer los estudios previos que se han realizado para conocer las propiedades y beneficios a la salud, de la misma manera se identificaron los usos actuales de la misma. Dentro de los principales hallazgos se encontró que la okra es una hortaliza que crece en regiones tropicales o climas cálidos. Es un alimento consumido en países como África, Asia, América del norte y sur. Es consumida por su valor nutrimental, también es poseedora de antioxidantes naturales que ayudan a prevenir padecimientos tales como: estrés oxidativo y daño celular, el cúmulo de placas lipídicas en los vasos sanguíneos, colesterol, presión arterial, entre muchos otros (Laínez y Pérez, 2016).

Por otro lado, la okra es una valiosa fuente de nutrientes, posee fibra soluble que ayuda a bajar los niveles de colesterol y así reducir el riesgo cardiaco, contiene fibra insoluble y mucílagos que tienen un efecto balsámico y protector de la mucosa digestiva. Ayuda a mantener una buena salud intestinal, reduce el riesgo de ciertas enfermedades como el cáncer, especialmente de colon. Tiene un importante contenido de azúcares, proteínas, vitaminas A, B1, B2 y Niacina, cuenta con minerales como hierro, fósforo, calcio, magnesio, potasio, y sodio, así como un bajo contenido de grasas y calorías. Sus propiedades farmacológicas son basadas de acuerdo a su contenido de fitoquímicos, actividad antioxidante y antidiabética (Díaz et al., 2007; Lozano 2018; De Rosa et al., 2010).

### **2. Estudio de Mercado**

Se realizó un estudio de mercado exploratorio, para la recopilación de información se diseñó un instrumento con 16 ítems divididos en 3 categorías: cuidado de la salud, hábitos de consumo y preferencias de compra. El instrumento fue validado por jueces, los cuales evaluaron los ítems en cuanto a pertinencia, claridad de la redacción y relevancia.

El instrumento se aplicó a una muestra de 387 personas, considerando una población total de 179,371 habitantes en el municipio de Ciudad Valles, con un nivel de confianza del 95%. Con la información obtenida se pudo desarrollar el arquetipo de cliente y ajustar la presentación final del producto. Fue posible conocer que un 83% de la muestra encuestada si consumen café diariamente y un 75% estarían dispuestas a comprar OKRAF<sup>T</sup>. Así mismo se logró identificar que un 44% consumen infusiones con el principal objetivo de mejorar la salud digestiva y relajarse, en cuanto a la forma en que les gustaría adquirir el producto es: 20% compras en línea y 80% en tiendas de autoservicio. De igual manera se identificó que el medio por el cual les gustaría conocer el producto es a través de Facebook.

El mercado meta identificado corresponde a hombres y mujeres dinámicos, activos e interesados en mejorar su calidad de vida. En un rango de edad entre los 21-60 años,

dedicados al hogar, estudiantes o profesionistas, con un nivel educativo, medio superior o superior, con gusto por el café e infusiones.

### 3. Proceso de producción

Para la obtención de la infusión se realizó el siguiente proceso:

**Recepción de materia prima.** Esta es la primera etapa en la elaboración del producto y durante esta etapa del proceso se clasifican las semillas conforme su calidad y apariencia sensorial tomando en cuenta el tamaño, color, textura y forma.

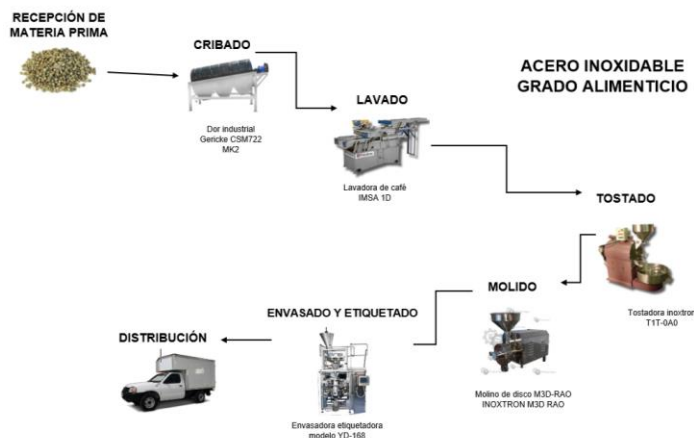
**Cribado.** Consta de la separación de los granos mediante un proceso mecánico que separa los materiales de acuerdo con su tamaño de partícula individual.

**Lavado.** Durante este proceso se eliminan todas las impurezas que se encuentren presentes en la materia prima seleccionada.

**Tostado.** Se someten las semillas a una temperatura apropiada hasta obtener el color deseado con el fin de resaltar las cualidades sensoriales de los granos.

**Molido.** Una vez seca la semilla, se dispone a triturar mediante un molino tipo industrial para reducir su tamaño y obtener partículas finas en forma de polvo similar al café molido.

**Envasado.** El producto obtenido del proceso de producción se envasa en bolsas individuales elaboradas con papel filtro especial biodegradables, las cuales permiten preparar de forma fácil e instantánea la infusión de okra, sin permitir la salida de partículas sólidas al recipiente al momento de estar en contacto con el agua caliente.



**Figura 1. Proceso de producción de OKRAF'T**

La presentación del producto innovador consiste en 20 bolsitas en una caja de cartón con un diseño especial y colores alusivos a la Zona Tének de la Huasteca Potosina. Así mismo está diferenciado por la marca OKRAF'T, la cual no tiene registro alguno en el acervo de marcas del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), lo cual lo hace susceptible para su registro formal. El producto fue elaborado en el Laboratorio de Frutas y Hortalizas del TecNM Campus Ciudad Valles, con los equipos, instrumentos y procedimientos necesarios para dar cumplimiento a la normatividad vigente. Específicamente se tomó en consideración la NOM-218-SSA1-2011, Productos y servicios. Bebidas saborizadas no alcohólicas, sus congelados, productos concentrados para prepararlas y bebidas adicionadas con cafeína.

Especificaciones y disposiciones sanitarias. Métodos de prueba. NMX-F293-1982, Alimentos para Humanos - Manzanilla para infusiones. NMX-F139-SCFI-2010 Café puro soluble, Sin Descafeinar o descafeinado - Especificaciones y métodos de prueba. Así mismo se dio cumplimiento a los lineamientos propuestos por la NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios.

#### 4. Actividad experimental

Se realizó un análisis químico proximal en el cual se determinó proteínas (NOM-F-68-S-1980), grasas (NMX-F615-NORMEX-2018), carbohidratos (NMX-F-312-NORMEX-2016), cenizas (NMX-F-066-S-1978), humedad (NMX F-083-1986), y fibra (NMX-F-090-S1978) principalmente. Los resultados obtenidos muestran porcentajes importantes, por cada 100 g de semilla de okra se tiene un contenido energético de 59 Kcal, 3.5 g de proteínas, 0.5 g de grasas totales, 10.0 g de hidratos de carbono disponibles, 3.2 g de fibra dietética y 8 mg de sodio. Además, se obtuvo que por cada gramo de okra se tienen 140 mg de polifenoles equivalentes a ácido gálico mediante la técnica de Folin Ciocalteu y un 85% de antioxidantes por los métodos DPPH y ABTS. La actividad experimental se realizó en el Laboratorio de Análisis de Alimentos del TecNM Campus Ciudad Valles, así mismo los resultados fueron validados por un laboratorio externo autorizado por la Secretaría de Salud.



Figura 2. Análisis químico proximal de la infusión



## 5. Identidad del producto

Tomando en consideración la cadena de valor extendida propuesta para la generación de OKRAF'T se identifican los elementos que dan identidad al producto y se obtienen los siguientes elementos:

### a. Logotipo



Figura 3. Logotipo de OKRAF'T

### b. Slogan (Oferta de Valor)

Infusiona-té con el sabor del café  
*e inicia tu día con alegría*

Figura 4. Slogan de OKRAF'T

### c. Empaques



Figura 5. Empaque de OKRAF'T

### d. Diseño de Etiqueta

Se realizó la elaboración de la etiqueta en la cual se incluye la denominación del producto, marca comercial, modo de preparación, ingredientes, contenido neto, información nutrimental obtenida del análisis proximal realizado, datos de contacto y otros elementos que dan cumplimiento a la NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas pre envasados, Información comercial y

sanitaria. Resaltando que la etiqueta no presenta ningún sello de advertencia demostrando que OKRAF'T es seguro para la salud del consumidor.



Figura 6. Etiqueta de OKRAF'T

### 6. Evaluación Sensorial

Se realizó un análisis sensorial preliminar, en el cual participaron 180 estudiantes del TecNM Campus Ciudad Valles, con la finalidad de conocer la aceptabilidad del producto elaborado. Los resultados arrojados en la prueba sensorial de aceptación indican que la infusión a base de la semilla de okra es altamente aceptada por los panelistas no entrenados y seleccionados al azar. Los participantes involucrados en la prueba sensorial argumentaron que la infusión fue agradable al paladar presentando un rico sabor y olor similar al café.

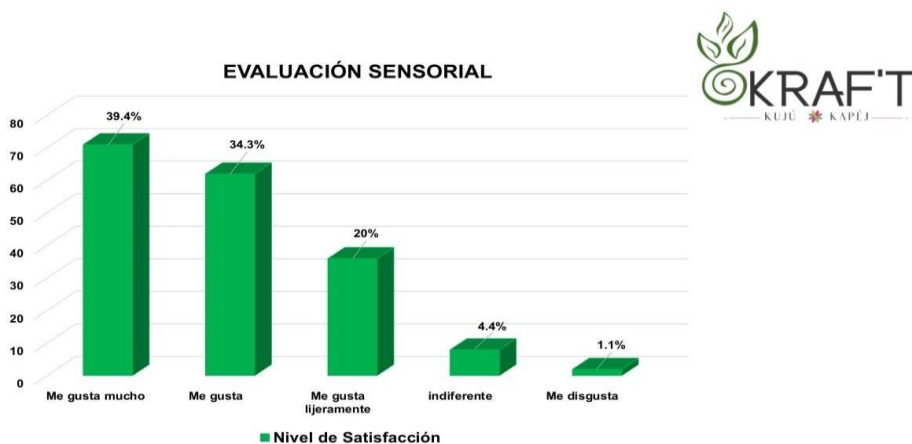


Figura 7. Evaluación sensorial de OKRAF'T

### 7. Viabilidad financiera

Se realizó un análisis de viabilidad financiera para el emprendimiento, destacando que se requiere una inversión inicial de \$1,065,210.00 pesos los cuales se cubrirán con el crédito “Fondo San Luis para la Microempresa” del gobierno del estado de San Luis Potosí, con una tasa fija del 12%, pagos mensuales por los primeros 6 meses de gracia de \$11,056.66, y los

42 meses restantes de \$31,403.05 pago que incluye interés y aportación al capital.

El cual será cubierto con las ventas de 4,500 cajas mensuales (en una primera fase de producción), con ingresos totales por mes de \$234,000.00. Los indicadores financieros analizados (Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno, Costo-Beneficio y Retorno de la Inversión) son positivos, lo cual permite inferir la viabilidad del proyecto.

Dentro de las estrategias de crecimiento se considera 1.- Incremento de la producción mensual de producción, 2.- la diversificación de los productos ofrecidos con la introducción de dos nuevas presentaciones de OKRAF<sup>™</sup>, 3.- uso de estrategias de marketing SEM como publicidad en videos de YouTube, anuncios de búsqueda pagados, publicidad en redes sociales, 4.- la creación de convenios específicos con dependencias gubernamentales como el Programa Federal Sembrando Vida. 6.- convenios con empresas como Amazon, MercadoLibre y tiendas de autoservicio para la distribución y venta del producto.

## RESULTADOS

En la presente investigación se comprobó que la semilla de okra (*Abelmoschus esculentus*) es una excelente alternativa de consumo, es rica en nutrientes y principios activos, lo que atribuye funciones antioxidantes, antiinflamatorias, hipoglucemiantes e hipolipemiantes, al igual que ayuda al sistema inmune y previene el cáncer. Los análisis realizados demuestran que la semilla de Okra posee grandes cantidades de nutrientes de los cuales destaca que por cada gramo se tienen 140 mg de polifenoles equivalentes a ácido gálico mediante la técnica de Folin Ciocalteu y un 85% de antioxidantes por las técnicas DPPH y ABTS.

Así mismo, con el análisis químico proximal se encontró buena cantidad de proteínas y se determinó que no contiene exceso de nutrientes e ingredientes críticos como calorías, grasas saturadas, grasas trans, azúcar y sodio, por lo cual no presenta sellos de advertencia ni leyendas precautorias sobre el contenido de cafeína ni edulcorantes presentes.

El producto realizado es innovador y con una presentación única en el mercado, la marca propuesta OKRAF<sup>™</sup> no se encuentra en el registro de marcas del IMPI, su proceso de producción consta de diversas etapas las cuales cumplen con la normatividad vigente garantizando un producto inocuo y de calidad para el consumo humano. De igual forma, permite dar valor agregado a la semilla de okra producida en la huasteca potosina.

El análisis sensorial admite resultados satisfactorios, donde los participantes argumentan que la infusión tipo té a base de la semilla de Okra, tiene un rico sabor a café, entre otras características similares a los cafés convencionales, además de manifestar su disposición a adquirir el producto por su alto valor nutrimental y beneficios que posee.

Finalmente, el estudio de mercado permitió conocer el arquetipo del cliente a donde irá dirigido el producto emprendedor, además de estimar la viabilidad técnica del proyecto, los costos, canales de distribución, así como la viabilidad financiera y financiamiento correspondiente. En general el proyecto es factible y deseable, además de tener una ventaja competitiva que asegura su posicionamiento en el mercado al ser un producto único e innovador que contribuirá a la salud de los consumidores y al bienestar social en general.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a la investigación realizada acerca de la semilla de Okra (*Abelmoschus esculentus*) y de las pruebas de laboratorio a las que fue sometida la infusión OKRAF<sup>™</sup>, se puede concluir que la Infusión de okra es una alternativa de consumo para contribuir al bienestar de las personas, mejorando el sistema inmune y que dadas las características obtenidas por el producto durante su proceso de producción, puede ser considerado como un sustituto del café, generando así una alternativa para las personas consumidoras del mismo.

Por otro lado, es evidente que en la Huasteca Potosina y México existe poco conocimiento sobre los beneficios de la semilla de okra, por lo que esta investigación será considerada como punto de partida para continuar con trabajos que permitan su aprovechamiento dadas las propiedades en beneficio de la salud que se identificaron a través de los estudios de laboratorio realizados.

Se logró desarrollar una propuesta de emprendimiento, al conformar las etapas para la puesta en marcha de una posible nueva empresa que de valor agregado a la semilla de okra, beneficiando a los productores primarios de la zona tének de Ciudad Valles, S.L.P., considerando en todo momento la sostenibilidad y respeto al medio ambiente. En este sentido, se pudo realizar con éxito una investigación documental con sustento confiable, un estudio de mercado completo que permitió conocer el mercado ideal y sus canales de distribución, un proceso de producción que muy seguramente continuará en experimentación con fines de patentamiento, la actividad experimental que fue un detonador importante para validar parte de la teoría analizada en diversos estudios empíricos, además de conocer nuevos datos relevantes de la semilla de Okra, por su parte, se propuso una identidad innovadora para el producto, destacando un logo único, slogan y etiqueta con base en la normativa vigente, de lo cual, se espera formalizar con un registro de marca ante el IMPI; así mismo se logró una evaluación sensorial previa que muy seguramente se tendrá que extender para evaluar otras características e inclusive nuevas formulaciones, además se proyectó una viabilidad financiera positiva que arroja como resultado una propuesta factible de emprender.

Finalmente, es importante resaltar el gran desarrollo de competencias profesionales adquiridas por los estudiantes participantes de los programas educativos de Ingeniería en Industrias Alimentarias e Ingeniería en Gestión Empresarial, al compartir y aplicar de forma transversal y multidisciplinaria todos los conocimientos, habilidades, actitudes y valores adquiridos durante su formación académica para desarrollar una propuesta real de la creación de una nueva empresa. Por otro lado, los docentes asesores de proyecto, encuentran una necesidad apremiante de vincular la teoría con la práctica, es decir llevar a los estudiantes a ambientes de aprendizaje fuera del aula, trabajar con base en proyectos o problemas de la vida real, trasladarlos directamente a la aplicación de sus conocimientos en la investigación, innovación y emprendimiento, lo cual se puede apreciar con claridad durante la presente investigación presentado muestra clara de un adecuado desarrollo de las competencias enmarcadas en el perfil de egreso de los estudiantes participantes, lo que deja una gran área de oportunidad para continuar con investigaciones más completas donde se pueda medir la incidencia de este tipo de estrategias educativas con el desarrollo de competencias profesionales en los estudiantes de nivel superior.

**BIBLIOGRAFÍA**

- De Rosa I. M., Kenny, J. M., Puglia, D., Santulli Carlo, C., Sarasini, F. *Morphological, thermal and mechanical characterization of okra (Abelmoschus esculentus) fibres as potential reinforcement in polymer composites. Composites Science and Technology*, Num. (70), (2010), 116–122, [https://www.academia.edu/15293717/Morphological\\_thermal\\_and\\_mechanical\\_characterization\\_of\\_okra\\_Abelmoschus\\_esculentus\\_fibres\\_as\\_potential\\_reinforcement\\_in\\_polymer\\_composites](https://www.academia.edu/15293717/Morphological_thermal_and_mechanical_characterization_of_okra_Abelmoschus_esculentus_fibres_as_potential_reinforcement_in_polymer_composites)
- Díaz, A., Loera, J., Rosales, E., Alvarado, M., Ayvar, S. (2007). *Producción y tecnología de la Okra (Abelmoschus esculentus) en el noreste de México*. Agricultura técnica en México, 33(3), 297-307. Recuperado en 17 de septiembre de 2022, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0568-25172007000300009&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172007000300009&lng=es&tlng=es).
- Gemedé, H. F., Ratta, N., Haki, G. D., Woldegiorgis, A. Z., & Beyene, F. (2015). *Nutritional quality and health benefits of okra (Abelmoschus esculentus): A review*. J Food Process Technol.
- Jaramillo E. (2017). *Estrategia Nacional de Prevención y el Control del Sobrepeso, la Obesidad y la Diabetes “Situación actual en México*, ponencia presentada en el foro Hacia una visión transversal de los derechos sociales: Salud, Educación y Alimentación, CESOP, 25 de octubre, Ciudad de México.
- Kánter, I. (2021). *Magnitud del sobrepeso y obesidad en México: Un cambio de estrategia para su erradicación*. Mirada Legislativa No. 197, Instituto Belisario Domínguez, Senado de la República, <http://bibliodigitalibd.senado.gob.mx/handle/123456789/5127>
- Laínez, I. A. Pérez, R. G. (2016). *Utilización de la Okra (Abelmoschus esculentus) como sustituto de emulsionante y estabilizante en la elaboración de un yogurt su evaluación sensorial, microbiológica y fisicoquímica*.
- Liu, Y., Qi, J., Luo, J., Qin, W., Luo, Q., Zhang, Q., ... & Chen, H. (2021). *Okra in food field: Nutritional value, health benefits and effects of processing methods on quality*. Food Reviews International, 67-90. Madrid, V.A. 1989.
- Lozano, L. B, Artinian A. L. (2018). *Producción de okra*, Ediciones INTA, Libro digital, [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_asaho\\_web\\_okra.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_asaho_web_okra.pdf)

# DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL HOTEL SIERRA HUASTECA INN

## DIAGNOSIS OF ELECTRICITY CONSUMPTION AT HOTEL SIERRA HUASTECA INN

Recibido: 30 de septiembre de 2022

Aceptado: 17 noviembre de 2022

B.I. Lara Izaguirre<sup>1</sup>

E. Torres Montalvo<sup>2\*</sup>

C. Ramírez Aguilar<sup>3</sup>

M. Alvarado Guzmán<sup>4</sup>

### RESUMEN

El presente trabajo presenta el Diagnóstico del consumo de energía eléctrica nivel básico, también conocido como nivel I, en un Hotel de cuatro estrellas en Ciudad Valles, S.L.P. Para lo cual se revisó la facturación de consumo de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) del 2019, revisión de sistema de iluminación, climatización y otros equipos consumidores de energía eléctrica. Para el sistema de iluminación se realizaron mediciones con el procedimiento de la NOM-025-STPS-2008. Identificándose como áreas de oportunidad cambio de tecnología en luminarias, corrección de Factor de Potencia y programas de mantenimiento para sistema de climatización. Se estimó la emisión de CO<sub>2</sub> mensual por consumo de energía en 23.71 tCO<sub>2</sub>e. Se recomienda realizar estudios de calidad de energía y mediciones por 24h en tableros eléctricos para corroborar balance de cargas, analizar el sistema de climatización debido a que aporta el 56% del consumo.

**PALABRAS CLAVE:** Tarifa eléctrica, factor de potencia, eficiencia energética, diagrama unifilar, desbalance.

### ABSTRACT

This paper presents the Diagnosis of basic level electrical energy consumption, also known as level I, in a four-star hotel in Ciudad Valles, S.L.P. For which the consumption billing of the Federal Electricity Commission (CFE) of 2019 was reviewed, review of the lighting system, air conditioning and other electrical energy consuming equipment. For the lighting system, measurements were made with the NOM-025-STPS-2008 procedure. Identifying as areas of opportunity change of technology in lighting, Power Factor correction and maintenance programs for air conditioning system. The monthly emission of CO<sub>2</sub> due to energy consumption was estimated at 23.71 tCO<sub>2</sub>e. It is recommended to carry out energy quality studies and measurements for 24 hours in electrical panels to corroborate load balance, analyze the air conditioning system because it contributes 56% of consumption.

**KEY WORDS:** Electricity rate, power factor, energy efficiency, single line diagram, unbalance.

---

<sup>1</sup> Profesor del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles,

<sup>2</sup> Profesor de la Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo, etorres@uqroo.edu.mx (**Correspondencia**)

<sup>3</sup> Profesor del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles,

<sup>4</sup> Ingeniero Industrial estudiante actualmente egresado del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles

## INTRODUCCIÓN

La implementación de buenas prácticas ambientales entre las que se destaca el uso eficiente de la energía eléctrica no solo tiene efectos en el equilibrio ecológico de las localidades y regiones, sino que se ha comprobado que tiene un efecto directo en la economía de las organizaciones, esto se ve reflejado en la facturación por consumo de energía eléctrica (Ibarra, 2014). El sector turístico requiere de este tipo de energía para realizar las operaciones propias de esta economía, dentro de este sector se destaca el ramo hotelero. Debido a que la experiencia de los huéspedes y el confort que demandan debe ser atendido, y para ofrecer dicho confort se requiere de un uso y consumo intensivo de energía, agua y recursos naturales.

En el Manual para la Evaluación de inversiones en eficiencia Energética en el Sector de Hoteles y Hospitales del Banco de Desarrollo de América Latina, (s.f.) se destaca que los hoteles presentan una distribución típica en el consumo de energía eléctrica: aire acondicionado y climatización representando el 50% del consumo, ventilación y bombas, iluminación, refrigeración de alimentos y otros. Los costos operativos por consumo eléctrico son más elevados, representando entre el 3% y 6%, además del impacto económico es de considerar las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) que contribuyen al cambio climático. En el Análisis de la relación entre consumo de electricidad y Turismo en Hoteles y Restaurantes en países europeos se hace referencia a que el turismo impacta positivamente el desarrollo económico, pero además contribuye a la degradación ambiental por las emisiones de GEI, derivado de servicios de hospedaje, transporte y alimentación (Pablo, Sánchez and Sánchez, 2017).

La Organización Mundial del turismo (OMT) de Naciones Unidas sitúa en el 1% el porcentaje total de emisiones globales de CO<sub>2</sub> que representa la industria hotelera, una cifra que, se espera, siga creciendo por el aumento de la demanda. Por su parte, HOTREC, asociación paraguas de hoteles, restaurantes y establecimientos del sector de la hospitalidad en Europa estima que los hoteles son responsables del 20% del porcentaje de emisiones totales del sector turístico en esta región. Europa cuenta con aproximadamente 5,45 millones de cuartos de hotel: casi la mitad del total del mundo, pero representa solo el 21% de emisiones totales de CO<sub>2</sub> (Novacká and Topağlolu, 2015). La OMT define una serie de indicadores destinados a ayudar a gestores de empresas y destinos turísticos para tomar mejores decisiones; consumo de electricidad y energía en KWh por metro cuadrado, agua potable en litros o m<sup>3</sup> por huésped, así también cantidad de residuos por huésped (BBVA 2022). Algunos estudios realizados en hoteles de Turquía, Hong Kong y el Mediterráneo indican que el consumo de energía eléctrica depende del tipo de construcción, clima, ubicación, tamaño y categoría del hotel, tecnología de ventilación y aire acondicionado, sistemas de iluminación así como los diferentes servicios y la tasa de ocupación (Puig, Kiliç, Navarro, Albertí, Chacón and Fullana, 2017).

En 2020, más de 509 mil millones de pesos mexicanos del producto interno bruto (PIB) turístico de México se generaron a través de servicios de alojamiento (Statista Research Department, 2022). El Titular de la Secretaría de Turismo (SECTUR, 2022) señala que, el hotelería representa el 28.7% del PIB Turístico, genera el 9% del empleo en el sector, y que cada cuarto de hotel significa 1.5 empleos directos y tres indirectos. Puntualizó que de los 260 millones de turistas que conforman el mercado doméstico, 102.4 millones, es decir,

39.4% se hospedan en hotel, dejando una derrama económica aproximada de 215 mil millones de pesos.

En 2019 se estimó que en la Huasteca Potosina había 3532 cuartos hoteleros, lo que representa el 30% del total en el Estado de San Luis Potosí. La derrama económica por la ocupación hotelera fue de 509.3 millones de pesos, participando con el 14.5% de todo el Estado (SECTUR S.L.P.,2019).

La generación eléctrica basada en fuentes convencionales de energía conlleva la liberación de contaminantes que afectan el medio ambiente y la salud en zonas aledañas a la central de generación; afectaciones que han ido en aumento, debido al incremento en la demanda de energía eléctrica, como resultado del crecimiento de la población y de la actividad económica.

El uso eficiente de la energía eléctrica contribuye a la reducción de la contaminación del aire, puede generar un ahorro económico en los hogares y también ayudar a disminuir algunos de los daños causados a la salud de la población. En México, la generación de electricidad se lleva a cabo, principalmente, a partir de la combustión de energéticos fósiles; lo cual contribuye a la emisión de contaminantes tales como SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y compuestos orgánicos volátiles (COV) que afectan la calidad del aire (Incháustegui, Díaz, Osuna & Bermúdez,2019)

En el Informe Nacional de la Eficiencia Energética (2018) se destaca el papel y aporte al desarrollo sostenible que ha tenido la energía, siendo una parte fundamental del programa de desarrollo sostenible mundial del sistema de las Naciones Unidas, y figura como el ODS 7 de la Agenda 2030, siendo la Eficiencia Energética uno de los objetivos. México realiza esfuerzos en esta materia, dado los compromisos que adquirió en el Acuerdo de París en 2016 para lo cual cuenta con un marco normativo, es así que en noviembre de 2008 surge la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), esta Institución es la responsable de promover el uso eficiente de energía en el país. En 2015 fue promulgada la Ley de Transición Energética cuyo propósito es regular el aprovechamiento sustentable de la energía, así como las obligaciones en materia de energías limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la Industria Eléctrica, manteniendo la competitividad de los sectores productivos. Además, se cuenta con La Ley General de Cambio Climático (LGCC) emitida en el año 2020.

A pesar de contar con legislación pertinente que busca disminuir las emisiones de GEI a través del uso de energías limpias y de la eficiencia energética, se requiere fortalecer acciones en todos los sectores del país. Surge el interés de realizar propuestas que contribuyan al mejoramiento ambiental en el ramo hotelero, mediante un diagnóstico al sistema eléctrico del Hotel Sierra Huasteca INN, que deriven en el uso eficiente de la energía eléctrica, disminuyendo las pérdidas de esta, así como un menor costo en la facturación de CFE. Como resultado de estas estrategias también se contribuye a generar menos emisiones de GEI.

El Hotel Sierra Huasteca INN, a 11 años de su creación en la región, cuenta con 70 habitaciones distribuidas en 4 plantas, de categoría de 4 estrellas, así como gimnasio y alberca techada. Ofrece habitaciones sencillas, doble, estudio suite y suite. Todas las habitaciones se encuentran climatizadas mediante un aire central tipo chiller, tv con control remoto, teléfono, radio despertador, acceso a internet, cafetera con kit de café, secadora de cabello, kit de



planchado, escritorio con silla, servicio a la habitación y servicio de lavandería. La tarifa por noche va desde los \$1,785.00 hasta los \$4,870.00

## **METODOLOGÍA**

### **Diagnóstico Energético**

Es un estudio en el que se indaga los consumos y costos energéticos de una empresa y se evalúan las oportunidades de mejora de la eficiencia energética. Se realiza para determinar los consumos y costos energéticos de una organización y analiza la conveniencia de las propuestas de mejora referentes a la eficiencia. La aplicación de este tipo de herramientas permite a las organizaciones reducir costos por consumos de energía, de mantenimiento a equipos, así como las emisiones de GEI (Ministerio de Energía y Minería de Argentina, 2022). El diagnóstico que se plantea fue desarrollado con la guía que propone la Comisión Nacional de Energía Eléctrica de Guatemala (CNEE), que clasifica estos estudios en nivel uno, dos y tres. Para el presente trabajo se aplica el nivel uno, también conocido como básico, que considera el análisis a través de una inspección visual de las instalaciones, y equipos consumidores de energía eléctrica (CNEE, 2010).

El diagnóstico del consumo de energía eléctrica del Hotel se realizó considerando como primera etapa la descripción del Suministro Eléctrico en la que se detalla la facturación del año 2019. En la segunda etapa se identificó la capacidad instalada, realizando el levantamiento del sistema de iluminación, climatización, equipos consumidores de energía y tableros eléctricos, mediante los datos de placa. Los datos del sistema de iluminación se obtuvieron mediante inspecciones en cada una de las áreas del Hotel, identificando la potencia en Watts en cada luminaria. En este sistema se realizaron mediciones de los niveles de iluminación, se trabajó con el procedimiento de la NOM-025-STPS- 2008 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo (STPS, 2008), para ello se calculó el índice de área, este dato indica el número de mediciones en el espacio a evaluar. Con esta información se procedió a tomar las lecturas con el luxómetro modelo HER-410 marca STEREN. Para el sistema de climatización se revisaron los datos de placa de los equipos que se utilizan para el confort del clima en el Hotel. Se revisó la información de refrigeradores, lavadoras, secadoras, hornos de microondas, cafeteras, computadoras, entre otros aparatos consumidores de energía eléctrica. Se revisó el transformador principal y secundarios, también se procedió a realizar mediciones en los tableros eléctricos utilizando un Amperímetro de gancho SURTEK. Se elaboraron los diagramas unifilares en AUTOCAD 2017. El consumo en KWh se estimó con la potencia y horas de uso de todos los equipos consumidores de energía eléctrica.

### **Descripción del Suministro Eléctrico**

El suministro de energía eléctrica con el que opera el hotel es provisto por la red eléctrica de CFE. El Hotel cuenta con un transformador principal de 500 KVA y tres secundarios de 225, 112.5 y 9 KVA para abastecer todas las instalaciones y servicios que ofrece. La facturación eléctrica corresponde a una tarifa eléctrica de gran demanda de media tensión, se muestra en la Tabla 1, los cargos de las tarifas finales del suministro básico. Está integrado por transmisión, distribución, Operación del CENACE, Operación del Suministrador Básico, Servicios Conexos No MEM, Energía y Capacidad.

**Tabla 1. Tarifas Gran Demanda en Media Tensión Horaria. Fuente CFE,2021**

Int. Horario	Cargo	Unidades	Cargo
	Fijo	\$/mes	491.25
Base	Variable (energía)	\$/kWh	0.854
Intermedia	Variable (energía)	\$/kWh	1.4254
Punta	Variable (energía)	\$/kWh	1.6475
	Distribución	\$/kW	127.75
	Capacidad	\$/kW	323.87

## RESULTADOS

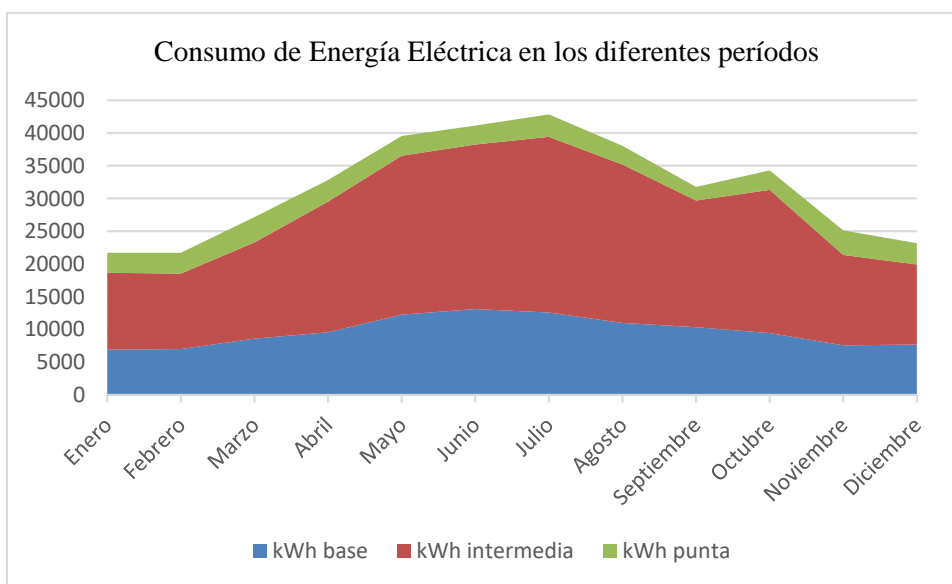
1. La tabla 2 muestra la información de las facturas de CFE en la que se observa un mayor consumo de energía eléctrica en el período intermedia con un total de 225,680 KWh, se destaca que en la temporada de primavera verano es donde se incrementa el consumo con esta tarifa. El hotel tiene contratado el suministro eléctrico con la tarifa Gran Demanda Media Tensión Horaria (GDMTH, además la demanda contratada y carga demandada es de 230KW.

**Tabla 2. Consumo eléctrico del Hotel de 2019. Elaboración propia**

Mes	Días Facturados	kWh base	kWh intermedia	kWh punta	kW base	kW intermedia	kW punta	kWMaxAño Movil	kVArh	Factor de potencia	Cargo por bajo FP	Cargo Final en \$
Enero	31	6,916	11704	3094	59	52	64	52	21560	70.96	8627.5	72169
Febrero	28	6,986	11550	3164	60	74	72	57	20622	72.49	8055.7	73790
Marzo	31	8,596	14686	3864	61	80	75	65	24934	73.65	8988.6	88823
Abril	30	9,548	19950	3304	83	97	97	84	28840	75.42	9834.7	107189
Mayo	31	12250	24276	3010	92	108	104	94	32984	76.79	10166	126282
Junio	30	13090	25144	2884	95	102	104	101	33152	77.85	9796.1	132252
Julio	31	12558	26852	3416	89	101	99	101	34230	78.11	9715.8	135119
Agosto	31	10990	24206	2814	84	94	96	90	31472	77.02	9599.9	121392
Septiembre	30	10318	19376	2072	71	97	93	78	27272	75.87	8810.7	101473

Mes	Días Facturados	kWh base	kWh intermedia	kWh punta	kW base	kW intermedia	kW punta	kWMax Año Movil	kVArh	Factor de potencia	Cargo por bajo FP	Cargo Final en \$
Octubre	31	9450	21854	2968	47	69	57	68	29330	76.17	9151.7	106527
Noviembre	30	7546	13832	3752	64	69	64	62	23450	73.11	8645.9	82183
Diciembre	31	7672	12250	3248	58	63	68	55	22344	71.98	8385.2	74572

En la fig. 1 se aprecia que en la tarifa horaria intermedia se tiene mayor consumo en KWh, se identifica que al inicio de la primavera y temporada de verano es cuando se incrementa considerablemente.



**Fig.1 Gráfica de Consumo Eléctrico de acuerdo con la Tarifa Horaria. Elaboración propia**

## 2. Capacidad Instalada

Se muestra la capacidad instalada del hotel considerando el sistema de iluminación, climatización y los diferentes equipos consumidores de energía eléctrica. En la tabla 3 se presenta la nomenclatura utilizada para las diferentes áreas y tableros eléctricos

**Tabla 3. Nomenclatura de áreas y tableros eléctricos. Elaboración propia**

Area	Significado	Área	Significado
------	-------------	------	-------------

Climatización	Equipo de climatización	RLA/SE	Ropería, Lavandería y Ama de llaves
S/HE	Equipo de distribución de agua y calderas, presente en subterráneo	H115-121/AE	Habitaciones 115 a 121 y pasillos 1er nivel
ACGAT/OE	Área de Comensales, Gimnasio y Área de Trabajo	H215-226/CE	Habitaciones 215 a 226 y pasillo 2do nivel
Ascensor	Ascensor	H315-326/EE	Habitaciones 315 a 326 y pasillos 3er nivel
SGV/ME	Área de piscina y RDI y Servicios Generales de Vendings	H301-316/FE	Habitaciones 301 a 316
C/KE	Cocina	H201-214/DE	Habitaciones 201 a 214
RDA/TEL	Área de RDA	H101-114/BE	Habitaciones 101 a 114
LSI/LE	Lavadoras y Secadoras Industriales	BRAN/RE	Baños, Restaurante y Área de Negocios
EFC/FZ2	Extractores y Fan & Coil	CS/UPS	Cámaras de Seguridad
ECV/Vigilancia	Caseta de Vigilancia y Estacionamiento	ASCE/SC	Alumbrado de Subestación y Comedor de Empleados

En la tabla 4 se concentran los consumos eléctricos mensuales en KWh de las diferentes áreas, destacando el sistema de climatización con mayor consumo de energía eléctrica debido a que el clima que impera en la región donde se ubica el hotel es predominantemente cálido con temperaturas de 30°C hasta más de 50°, por lo que se hace necesario el uso de aires acondicionados para mantener el confort de los huéspedes. El consumo total estimado fue de 47,930.6671 aproximadamente 48MWh, lo que representa una emisión aproximada de 23.71 tCO<sub>2</sub>e (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2021).

**Tabla4. Consumo en KWh mensual por áreas. Elaboración propia**

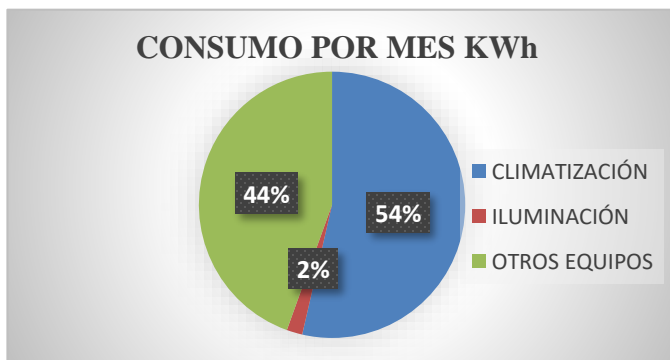
Área	Consumo eléctrico mensual (kWh)
Climatización	22556.80137
S/HE	4010.5728
ACGAT/OE	3945.409966
Ascensor	3942.432
SGV/ME	3199.1193
C/KE	2600.451875
RDA/TEL	1817.680176

LSI/LE	1806.70464
EFC/FZ2	882.265176
ECV/Vigilancia	732.6460791
RLA/SE	666.2273249
H115-121/AE	347.2692444
H215-226/CE	260.0125164
H315-326/EE	231.0356412
H301-316/FE	211.4396856
H201-214/DE	202.6927188
H101-114/BE	194.3539884
BRAN/RE	193.5618516
CS/UPS	128.348064
ASCE/SC	1.64268
<b>Total</b>	<b>47,930.6671</b>

Se realizó la clasificación del consumo de energía eléctrica por sistema de climatización, iluminación y otros equipos. En otros equipos se destacan lavadoras y secadoras industriales, bombas, refrigeradores, televisores, cafeteras, computadoras, entre otro

**Tabla 5. Consumo mensual en KWh de los diferentes Sistemas. Elaboración propia**

SISTEMA	KWh
CLIMATIZACIÓN	25,694.19
ILUMINACIÓN	913.8
OTROS EQUIPOS	21,322.68

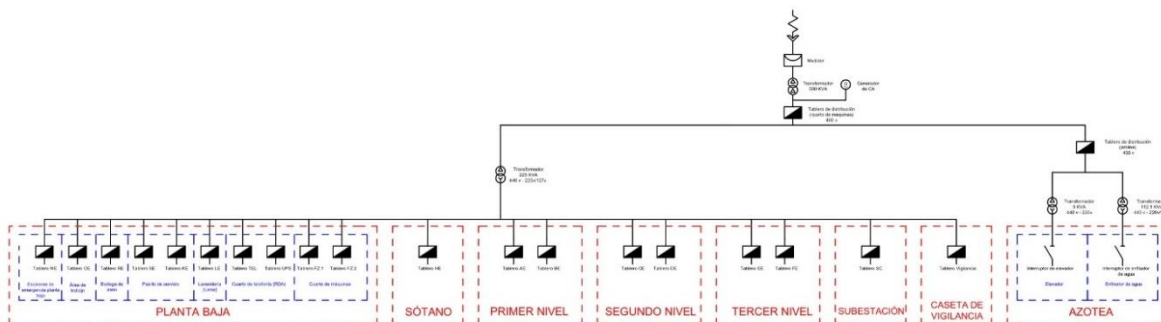


**Fig. 2 Gráfica de Consumo de Energía Eléctrica por Sistema. Elaboración propia**

Se tiene que del total estimado de KWh, el 54% representa el consumo por sistema de climatización, el 44% corresponde a otros equipos y tan solo 2% representa el sistema de iluminación, esto se observa en la Fig. 2.

### 3. Diagrama Unifilar

El diagrama unifilar es un elemento clave para entender el flujo de la potencia eléctrica a través de la instalación eléctrica y debe mantenerse actualizado con las modificaciones que se presentan en la instalación eléctrica. Derivado del levantamiento de la instalación eléctrica que incluye transformadores principales y secundarios, se realizó el diagrama unifilar que se muestra en la Fig. 3, se consideraron los tableros eléctricos de las diferentes áreas descritas en la Tabla 4.



**Fig. 3 Diagrama Unifilar General. Elaboración propia**

### 4. Sistema de iluminación

Para el análisis de este sistema integrado por las diferentes lámparas utilizadas en las instalaciones del hotel, se hizo un levantamiento identificando las diferentes tecnologías utilizadas como tipo LED, ahorradoras, fluorescentes, e incandescentes. Aplicando el procedimiento de la NOM-025-STPS-2008 y con la ayuda de un luxómetro marca STEREN modelo HER-410, se midieron los niveles de iluminación en luxes (Lux), en la Tabla 6 se muestra una parte del trabajo de campo realizado.

**Tabla 6. Mediciones en Luxes (Lux). Elaboración propia**

Área	Lux medidos	Lux permisibles
Pasillo de emergencia	38.75	50
RDA	21.75	100
Recepción	197.25	200
Oficinas	32.22	100
Contabilidad	48	100
Área de negocios	114.5	100

Área	Lux medidos	Lux permisibles
Checkroom	0	50
Gerencia de mantenimiento	87	50
Sala de conferencias	187.33	100
Pasillo planta baja	19.33	100
Área de teléfono	12.35	50
Sótano de máquinas	32.12	300
Hab. 326	87.88	100
Hab.324	48.88	100
Hab. 322	77.33	100

## 5. Sistema de Climatización

El sistema de climatización utilizado en el Hotel está integrado por dos equipos tipo Chiller, éstos se utilizan para las habitaciones y algunas áreas de recepción y administrativas, dos equipos minisplit y tipo ventana complementan este sistema. Se identifica en la Tabla 7 el factor de uso y el consumo de energía eléctrica estimado por mes.

**Tabla 7. Consumos de equipos de Climatización. Elaboración propia**

Equipo	Marca y modelo	Voltaje (V)	Corriente (A)	P(Kw)	Horas de uso al día	KWh/día	Factor de uso mensual	KWh/mes
Bomba hidráulica	213TTDBA4026AAH	220	20	4.508	17	76.636	1	2,331.267
Bomba hidráulica	213TTDBA4026AAH	220	20	4.508	17	76.636	1	2,331.267
Bomba hidráulica	213TTDBA4026AAH	220	20	4.508	13	58.604	1	1,782.734
Equipo de climatización tipo Chiller	Carrier 30RAN055	220	21.818	4.8	0.033	0.157808	1	4.800526

Equipo de climatización tipo Chiller	Daikin AGZ050EPM N-ER00	460	109	50.14	24	1203.36	0.44	16,106.73
Equipo Minisplit	York	220	17.63	3.8	24	91.2	1	2,774.304
Equipo de Ventana	York	220		1.492	8	11.936	1	363.0931
				<b>73.756</b>		<b>1,518.53</b>		<b>25,694.23</b>

## 6. Factor de potencia

En el análisis de los recibos de facturación por consumo de energía eléctrica que se muestran en la Tabla 2, se aprecia un bajo Factor de Potencia (FP), lo que se traduce en una penalización por parte de CFE, ocasionando un costo mayor para el Hotel. Se observa que el FP oscila entre 70.9 a 78.1, la CONUEE (2015) hace referencia que en México se ha establecido un FP de 90% (0.9) como mínimo aceptable, un FP por debajo de este parámetro ocasiona sanciones económicas que se reflejan en la facturación. En el año que se revisa el Hotel pagó por este concepto \$ 109,777.80, por lo que se detecta área de oportunidad en este apartado.

## 7. Desbalance

Se detectó desbalance de cargas en algunos tableros de distribución del hotel, como en los tableros KE (Cocina), HE (Sótano), FZ2 (Extractores y Fan & Coil), LE (Lavadoras y Secadoras Industriales) y ME (Área de piscina, RDI y servicios generales de Vendings), KE (Cocina), UPS (Cámaras de seguridad), FZ2 (Extractores y Fan & Coils) Y HE (Equipo de Sótano). Estos datos se muestran en la Tabla 8, se reportan las mediciones tomadas a las 14:00h de un solo día, considerando el horario de mayor demanda de consumo eléctrico. Se muestra el Voltaje en Volts (V), Intensidad de Corriente (I) en Amperes (A) en Fase 1 (F1), Fase 2(F2) y Neutro (N).

**Tabla 8. Mediciones en tableros de distribución. Elaboración propia**

Table ro	V <sub>F1-2</sub>	V <sub>F2-3</sub>	V <sub>F1-3</sub>	V <sub>F1-N</sub>	V <sub>F2-N</sub>	V <sub>F3-N</sub>	I <sub>N</sub>	I <sub>F1</sub>	I <sub>F2</sub>	I <sub>F3</sub>	DIF <sub>IF1-IF2</sub>	DIF <sub>IF2-IF3</sub>	DIF <sub>IF1-IF3</sub>
ME	212	214	211	112	119.2	126	0.342	1.072	6.7	6.54	5.628	0.16	5.468
OE	210	214	211	125	27.2	128.4	4.63	1.735	6.08	2.45	4.345	3.63	0.715
RE	211	216	212	125.4	127.8	128.8	2.05	0.463	0.364	1.668	0.099	1.304	1.205
SE	210	216	215	125.8	127.5	129.1	1.572	2.67	0.254	0.229	2.416	0.025	2.441



Table ro	V <sub>F1</sub> -2	V <sub>F2</sub> -3	V <sub>F1</sub> -3	V <sub>F1</sub> -N	V <sub>F2</sub> -N	V <sub>F3</sub> -N	I <sub>N</sub>	I <sub>F1</sub>	I <sub>F2</sub>	I <sub>F3</sub>	DIF <sub>IF1-</sub> IF2	DIF <sub>IF2-</sub> IF3	DIF <sub>IF1-</sub> IF3
KE	211	215	213	124 .8	127 .1	129	15. 5	16. 57	0.8 76	1.0 86	15.694	0.21	15.484
LE	215	212	212	125 .3	127 .6	124 .7	0.1 81	10. 37	5.4 5	3.6 5	4.92	1.8	6.72
TEL	214	216	217	127 .6	126 .1	128 .7	0.0 07	0.3 32	0.1 26	0.9 4	0.206	0.814	0.608
UPS	213	214	220	129	125 .4	129 .6	5.0 6	0.8 22	5.2 1	0.2 78	4.388	4.932	0.544
FZ2	213	209	213	127 .2	126 .6	125 .1	7.6 4	13. 69	8.9 6	7.4	4.73	1.56	6.29
HE	218	214	217	127 .5	128 .1	126 .1	11. 56	3.5 1	4.8 3	13. 66	1.32	8.83	10.15
AE	213	217	215	126 .5	129 .1	128 .5	0.1 03	0.5 02	2.3 9	1.5 72	1.888	0.818	1.07
BE	214	218	215	125 .4	127 .2	127 .8	1.9 79	0.6 26	1.4 67	2.1 6	0.841	0.693	1.534
CE	213	217	216	125 .6	129 .4	128 .4	1.3 26	2.0 5	1.1 52	0.6 59	0.898	0.493	1.391
DE	212	215	214	125 .3	127 .8	129 .6	1.8 5	2.8 6	1.0 7	2.5 6	1.79	1.49	0.3
EE	211	217	215	125 .3	129 .8	128 .4	3.1 9	3.2 7	0.4 85	2	2.785	1.515	1.27
FE	213	217	214	125 .9	126 .9	127 .6	0.7 19	2.0 5	1.5 55	2.4 7	0.495	0.915	0.42
SC				129 .1		8.1 5		0.5 17					

## 8. Otros equipos consumidores

Estos equipos están conformados por lavadoras, secadoras y planchas industriales ubicadas en el área de lavandería, equipos en las habitaciones como televisores, cafeteras, secadoras de pelo, planchas, entre otros enseres menores, también se consideró herramienta eléctrica como taladros y destornilladores. En el área de cocina se inventariaron refrigeradores, horno, cafetera, torteadora eléctrica, entre otros electrodomésticos; del cuarto de máquinas bombas y calderas; equipos de cómputo, impresoras, teléfonos y fax. Se estimó el consumo mensual de estos equipos considerando las horas de uso al día, y tomando un promedio de 30.4 días por mes, resultando en consumo 21,322.68 KWh.

## CONCLUSIONES

Las empresas de toda índole perciben las prácticas ambientales derivado de factores

económicos, por lo que la reducción de costos por consumo eléctrico presenta una buena motivación para implementarlas. El estudio realizado en el Hotel mostró que en la facturación de CFE se incurre en costos por penalización de bajo FP, al corregirlo se evitaría este cargo. Se identificó que el sistema de climatización genera la mayor demanda de electricidad en el Hotel. El desbalance de cargas presentado en este trabajo solo fotografía un instante, no es un resultado definitivo, se requiere ampliar las mediciones. El diagnóstico eléctrico se ha planteado como una primera etapa que ha permitido identificar áreas de oportunidad y trabajar líneas futuras de investigación, que permitan además de eficientizar el consumo de energía eléctrica se contribuya a reducir las emisiones de GEI.

### Áreas de oportunidad

**Sistema de iluminación:** Se detectaron niveles de iluminación por debajo de los valores marcados por la NOM-025-STPS-2008, así como el uso de luminarias tipo incandescente. Se debe analizar la posibilidad de la sustitución de las luminarias de baja eficiencia por otras de alta eficiencia.

**Aire acondicionado:** Siendo este sistema el mayor consumidor de energía, es importante que se realicen las actividades de mantenimiento necesarias para garantizar una operación eficiente.

**Factor de potencia:** se recomienda corregir el factor de potencia a un valor mínimo de 90 con lo que se obtendría un ahorro anual de aproximadamente \$ 109,777.80.

**Desbalance:** es necesario realizar mediciones con medidor de calidad de energía durante periodos de tiempo representativos para obtener más información y determinar si los desbalances medidos en el primer recorrido se mantienen o son por periodos cortos de tiempo.

**Otros equipos:** es importante que los equipos de refrigeración cuenten con mantenimiento periódico y se debe analizar la posibilidad de sustituirlos por equipos más eficientes.

### BIBLIOGRAFÍA

Banco de Desarrollo de América Latina. Manual para la Evaluación de Inversiones en Eficiencia Energética en el Sector de Hoteles y Hospitales. [https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1314/EMP\\_Manual%20Hoteles%20y%20Hospitales.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1314/EMP_Manual%20Hoteles%20y%20Hospitales.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Banco Bilbao Vizcaya Argentaria, S.A. (2022) (¿Qué es el turismo sostenible? Un modelo respetuoso con el planeta; BBVA. Recuperado de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-turismo-sostenible/>

Comisión Nacional de Eficiencia Eléctrica (CNEE), 2010. Diagnósticos Energéticos. [https://www.cnee.gob.gt/EficienciaEnergetica/FIDE/001%20M%C3%B3dulo%20%20\(Diagn%C3%B3sticos%20Energ%C3%A9ticos\).pdf](https://www.cnee.gob.gt/EficienciaEnergetica/FIDE/001%20M%C3%B3dulo%20%20(Diagn%C3%B3sticos%20Energ%C3%A9ticos).pdf)

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (Noviembre de 2015). Guía práctica de factor de potencia. Obtenido de [www.conuee.gob.mx: https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/APF/guias/GUIADEEXAMEN01-2020-FACTORDEPORTENCIA.pdf](https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/APF/guias/GUIADEEXAMEN01-2020-FACTORDEPORTENCIA.pdf)

- Gascueña, Dory. (2020) ¿Cuánta Energía Eléctrica Consume Y Puede Ahorrar Un Hotel? Estrategia Sustentable. Recuperado de: <https://www.estrategia-sustentable.com.mx/2020/12/24/cuanta-energia-electrica-consume-y-puede-ahorrar-un-hotel/>
- Ibarra-Michel, J. (2014). Sustentabilidad y Competitividad de la Industria Hotelera en México. *Journal of Intercultural Management*. 6. 10.2478/joim-2014-0004.
- Incháustegui Moreno, A.B.; Díaz Guerrero, T.; Osuna, E.; Bermúdez Contrera, A.S. (2019). Efecto ambiental y socioeconómico de la producción de energía eléctrica. *Ciencia y Desarrollo*. <https://www.cyd.conacyt.gob.mx/?p=articulo&id=482>
- Ministerio de Energía y Minería. (2022) "Diagnósticos Energéticos", Presidencia de la Nación Argentina. <https://www.minem.gob.ar/www/835/25409/diagnosticos-energeticos>
- Novacká, I.; Topağlıolu C. (2015). Environmental Management Practices in Hotels
- Pablo-Romero, M.; Sánchez-Braza, A. and Sánchez-Rivas, J. (2017) *Relationships between Hotel and Restaurant Electricity Consumption and Tourism in 11 European Union Countries*. *Sustainability* 2017, 9, 2109; doi:10.3390.
- Puig, R.; Kiliç, E.; Navarro, A.; Albertí, J.; Chacón, L. and Fullana-i-Palmer, P. (2017) Inventory analysis and carbon footprint of coastland-hotel services: A Spanish case study. *Science of the Total Environment*.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (23 de Junio de 2021). *Registro Nacional de Emisiones RENE para el reporte de emisiones de compuestos y gases de efecto invernadero*. Obtenido de [www.gob.mx/semarnat](http://www.gob.mx/semarnat): <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/registro-nacional-de-emisiones-rene>
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS, 2008). NOM-025-STP0S-2008. Condiciones de Iluminación de los Centros de Trabajo. <http://asinom.stps.gob.mx:8145/Centro/ConsultaNoms.aspx>
- Statista Research Department, 2022 <https://es.statista.com/estadisticas/593353/pib-turistico-por-actividad-turistica-mexico/>
- Secretaría de Turismo. (SECTUR, 2022) <https://www.gob.mx/sectur/prensa/hotelaria-representa-mas-del-75-de-la-inversion-turistica-de-mexico>
- Secretaría de Turismo del Estado de San Luis Potosí, (2019). *Comportamiento del Sector Turismo 2019*. Obtenida el 17 de septiembre de [http://www.cegaipslp.org.mx/HV2020Dos.nsf/nombre\\_de\\_la\\_vista/31CF7BAE02EB4847862585DE00727DC4/\\$File/Comportamiento+del+Sector+Turismo+-+2019.pdf](http://www.cegaipslp.org.mx/HV2020Dos.nsf/nombre_de_la_vista/31CF7BAE02EB4847862585DE00727DC4/$File/Comportamiento+del+Sector+Turismo+-+2019.pdf)

## **EVOLUCIÓN Y TENDENCIA DE LA CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE CD. VALLES, S.L.P.**

### **EVOLUTION AND TREND OF THE WATER QUALITY AT THE SUPPLY SYSTEM IN VALLES CITY, S.L.P.**

Recibido: 30 de septiembre de 2022

Aceptado: 17 noviembre 2022

B. Ponce Medina<sup>1</sup>  
C. Wong Arguelles<sup>2\*</sup>

#### **RESUMEN**

El agua es el elemento más importante para la vida del ser humano. El objetivo del proyecto fue realizar el análisis de los resultados de la calidad del agua en el periodo 2007-2017 del sistema de abastecimiento del agua potable de Cd. Valles para evaluar la tendencia de cumplimiento con la NOM-127-SSA1-2021. La estrategia metodológica que se llevó a cabo en este trabajo para cumplir con el objetivo fue la revisión de los resultados de los parámetros fisicoquímicos de 2007 a 2017 analizados por el organismo operador (Dirección de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Ciudad Valles) encargado de la distribución del agua potable en Ciudad Valles para verificar si existe el cumplimiento de las normas relativas al suministro de agua potable. Los resultados demuestran que en la temporada de estiaje existe un 87.5% de cumplimiento para la calidad del agua mientras que en la temporada de lluvias un 75%. Esto sugiere la necesidad de realizar monitoreos frecuentes y análisis de evolución y tendencia anual de los parámetros fisicoquímicos establecidos en la NOM-127-SSA1-2021 para su cumplimiento y sobre todo establecer estrategias y mejoras en el proceso de potabilización de este organismo.

**PALABRAS CLAVE:** potabilización, análisis, calidad, población, distribución.

#### **ABSTRACT**

Water is the most important element for human life. The objective of the project was to carry out the analysis of the results of the water quality in the period 2007-2017 of the drinking water supply system of Cd. Valles to evaluate the trend of compliance with NOM-127-SSA1-2021. The methodological strategy that was carried out in this work to meet the objective was the review of the results of the physicochemical parameters analyzed by the operating agency (Dirección de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Ciudad Valles) in charge of water distribution. drinking water in Ciudad Valles to verify if there is compliance with the regulations related to the supply of drinking water. The results show that in the dry season there is 89% compliance for water quality while in the rainy season 78%. This suggests the need to carry out frequent monitoring and analysis of the evolution and annual trend of the physicochemical parameters established in NOM-127-SSA1-2021 for compliance and, above all, to establish strategies and improvements in the purification process of this organism.

**KEY WORDS:** purification, analysis, quality, population, distribution.

#### **INTRODUCCIÓN**

El acceso al agua potable es fundamental para la salud, un elemento esencial para la vida y uno de los derechos humanos básicos del hombre (WHO, 2017). Un manejo y tratamiento adecuado del agua es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales ya que está destinada para uso y consumo humano por lo que debe de contar con una calidad adecuada para la población de acuerdo a los estándares establecidos por la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2017) y en México por la Secretaría de salud a través de la NOM 127-SSA1-2021.

<sup>1</sup> Docente Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles.

<sup>2</sup> Docente Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles. [cynthia.wong@tecvalles.mx](mailto:cynthia.wong@tecvalles.mx) (**Correspondencia**)

Ciudad Valles, S.L.P., tiene una población de 179, 371 habitantes de acuerdo al INEGI en 2020 y cuenta con una planta potabilizadora la cual tiene la finalidad de ofrecer a la población agua potable de calidad y cantidad, la cual a lo largo del tiempo ha enfrentado diversas problemáticas (asuntos políticos, abastecimiento ineficiente, temporada de estiaje y lluvia). La Dirección de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Ciudad Valles (DAPA), es el órgano responsable y por lo tanto tiene la obligación de asegurar la calidad del agua que está enviando a los consumidores. Esto es importante porque está destinada para uso y consumo humano por lo que debe de contar con una calidad adecuada para la población, misma que cumpla con las características físicas, químicas y microbiológicas recomendada por la legislación mexicana (NOM-127-SSA1-2021). Por lo tanto, se debe garantizar a la población la calidad de agua potable con procedimientos mínimos y los valores de referencia específicos. Para que el agua cumpla con estas características es necesario una serie de procesos unitarios de tratamiento como la floculación, sedimentación, filtración, desinfección, almacenamiento y distribución, los cuales ayudaran a contrarrestar las enfermedades causadas por microorganismos patógenos, minerales y otras sustancias orgánicas que produzcan efectos fisiológicos adversos y que garanticen si es apta o no para consumo humano.

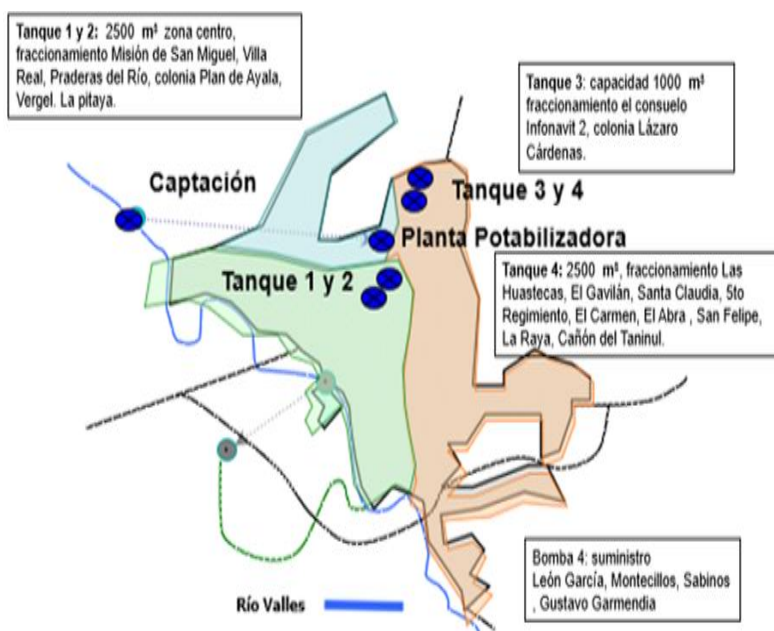
Como un elemento importante de gestión que coadyuve al manejo sustentable del recurso agua, el objetivo de esta investigación fue realizar un análisis de los resultados de la calidad del agua para determinar la evolución y tendencia en el periodo 2007-2017 para establecer un antecedente de la situación que guarda la operación, calidad y cantidad del agua potable del sistema de abastecimiento de la Dirección de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Ciudad Valles (DAPA) para evaluar el cumplimiento de la NOM-127-SSA1-2021. Con los resultados obtenidos se pueden emitir propuestas y estrategias integrales de solución a problemas que se han presentado a lo largo de los años en este organismo y con ello mejorar y eficientizar su sistema de potabilización a través de sus procesos unitarios y sus líneas de abastecimiento con la finalidad de que al usuario le llegue agua de calidad y cantidad suficiente para sus actividades.

## **METODOLOGÍA**

La estrategia metodológica que se llevó a cabo en este trabajo para cumplir con el objetivo fue la revisión de los resultados mensuales promedio de los parámetros fisicoquímicos analizados por el organismo operador (Dirección de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Ciudad Valles) encargado de la distribución del agua potable en Ciudad Valles para verificar si existe el cumplimiento de las normas relativas al suministro de agua potable ya que ellas definen las funciones y responsabilidades de quienes suministran el servicio y constituyen la base para que la autoridad competente determine si se está prestando el servicio debido y además la evolución y tendencia de estos resultados a través del tiempo. En este aspecto el marco normativo está integrado por: la NOM-127-SSA1-2021 y las recomendaciones de la Guías para la calidad del agua de consumo humano de la Organización Mundial de la Salud.

El análisis realizado a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos están comprendidos desde la fuente de abastecimiento subcuenca Rio Valles la cual presenta un caudal de 1,295 millones de metros cúbicos y una extracción de 806,070 metros cúbicos/mes lo que equivale a 26,869,000 L/día con una recarga pluvial de 1000 a 2000 mm anuales, esta extracción del

líquido de 26,400 metros cúbicos/día o 482 L/s, es conducida a la planta potabilizadora con entrada al parshall (fuente de abastecimiento), posterior a su potabilización es distribuida a través de las bombas (3 y 4) y almacenada en los diferentes tanques almacenamiento (1 al 4) y zona rural norte y este (Figura 1) para la población de Ciudad Valles; realizando un monitoreo diario del vital líquido y referenciar el resultado al cumplimiento de la NOM-127-SSA1-2021. De los resultados obtenidos de la calidad de agua por el Departamento de Productividad y Calidad del periodo 2007-2017 del organismo operador, se hizo un análisis bajo los límites máximos permisibles de la NOM-127-SSA1-2021 para evaluar la evolución y tendencia de los mismos a lo largo de estos 10 años y visualizar las mejoras de la calidad del agua.

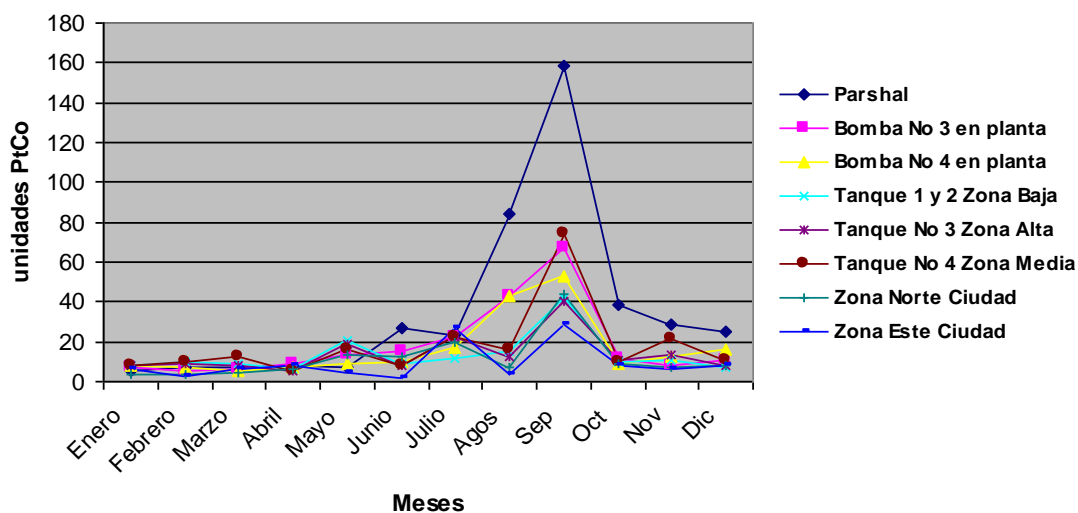


**Figura 1. Mapa de distribución del agua potable de la Dirección de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Ciudad Valles. (Documento Interno DAPAS)**

## RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados de los comportamientos de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua potable de la fuente de abastecimiento (Parshall), planta potabilizadora (Bomba No. 3 y 4), zona urbana (Tanque 1, 2, 3 y 4) y zona rural norte y este.

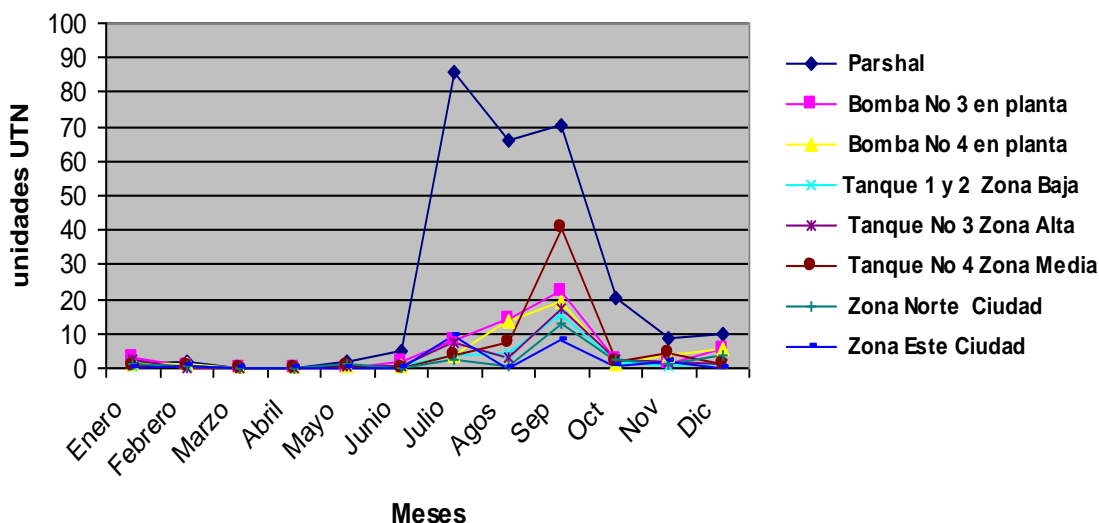
En la figura 2, se puede observar que en la temporada de estiaje (enero a junio y octubre a diciembre) a través de los años, el parámetro de color está por debajo del límite máximo permisible de 15 UC (Unidades de Color); el cual garantiza que no existe la presencia de materia orgánica, sustancias humitas o metales como el Fe y Mn en el agua.



**Figura 2: Tendencia del color (UC) en la calidad del agua del sistema de abastecimiento de Ciudad Valles, S.L.P.**

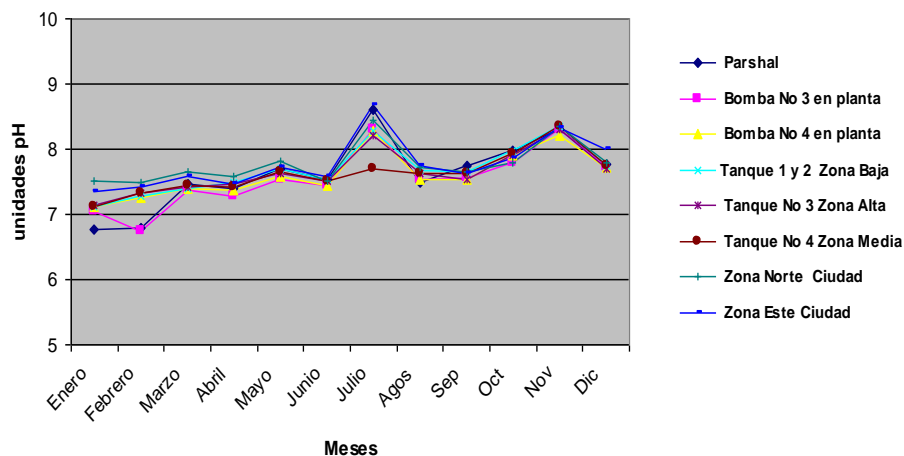
Mientras que, en la temporada de lluvias (junio a octubre) los valores obtenidos de color rebasan el límite máximo permisible en el Parshal, lo cual indica la presencia de materia particulada debido a la erosión del suelo y ante lo cual los consumidores pueden considerar que el agua muy turbia, con mucho color, o con un sabor u olor desagradables es insalubre y rechazarla. El agua de uso y consumo humano no debe tener ningún color visible y la presencia de color se puede deber a la materia orgánica (ácidos húmicos y fúlvicos) asociada al humus del suelo.

Para los resultados de turbiedad, se observa en la figura 3, que en la temporada de estiaje (enero a junio y octubre a diciembre) los valores se encuentran por debajo del límite máximo permisible de 4 UTN, el cual responde al aspecto aceptable del agua para el consumidor. A partir de julio cuando comienzan las lluvias, se observa que en el Parshall este parámetro es muy alto, lo cual genera efectos negativos ya que la alta turbiedad esporádica de la fuente de agua puede saturar los procesos de tratamiento, permitiendo el ingreso de agentes patógenos en el tratamiento de potabilización y en el sistema de distribución (WHO, 2017). Además, puede interferir sobre todo en el proceso de desinfección, ya que ayuda a la protección de los microorganismos contra los efectos de desinfección y estimula la proliferación de bacterias e interfiere con las pruebas microbiológicas del agua. Un valor por encima de la normatividad además de lo anterior, provoca que el tratamiento de potabilización se lleve a cabo utilizando productos químicos como sulfato de aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ) y el polímero catiónico AMERFLOC® para poder regular los procesos de floculación, coagulación, sedimentación y filtración en la potabilización del agua.



**Figura 3: Tendencia de turbiedad (UTN) en la calidad del agua del sistema de abastecimiento de Ciudad Valles, S.L.P.**

De acuerdo con la NOM-127-SSA1-2021 el rango de pH permisible para calidad del agua para uso y consumo humano es de 6.5-8.5, por lo que en la temporada de estiaje como de lluvia los valores se encuentran dentro del rango (Figura 4); esto los conserva en un equilibrio químico y permite que el cloro se active, y el valor de su comportamiento ayuda a que la clarificación y desinfección sean satisfactorios, lo que no afecta directamente a los consumidores en la calidad del agua.

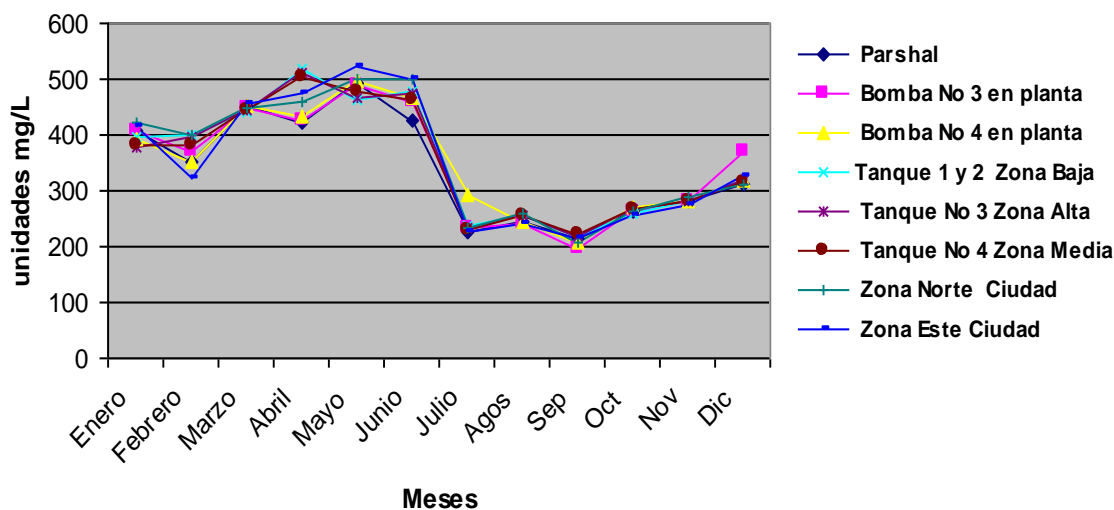


**Figura 4: Tendencia del pH en la calidad del agua del sistema de abastecimiento de Ciudad Valles, S.L.P.**

Los sólidos disueltos totales (SDT) comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos). Si los niveles de SDT en agua exceden los 1000 mg/L se considera no apta para el consumo humano (DOF, 1989;



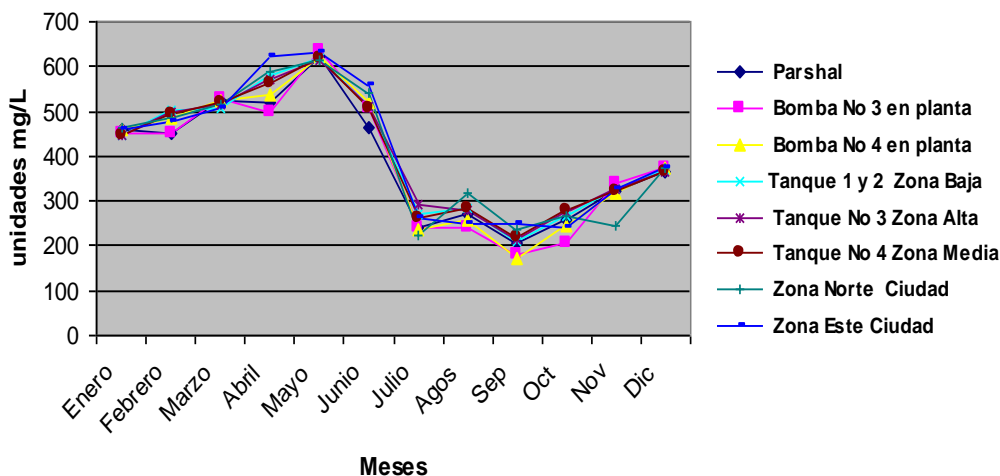
SSA, 2021); de acuerdo con este criterio todos los valores obtenidos en las dos temporadas se encuentran por debajo de este valor (Figura 5), lo cual la hace aceptable para consumo humano y su utilización no genera incrustaciones en tuberías.



**Figura 5: Tendencia de STD (mg/L) en la calidad del agua del sistema de abastecimiento de Ciudad Valles, S.L.P.**

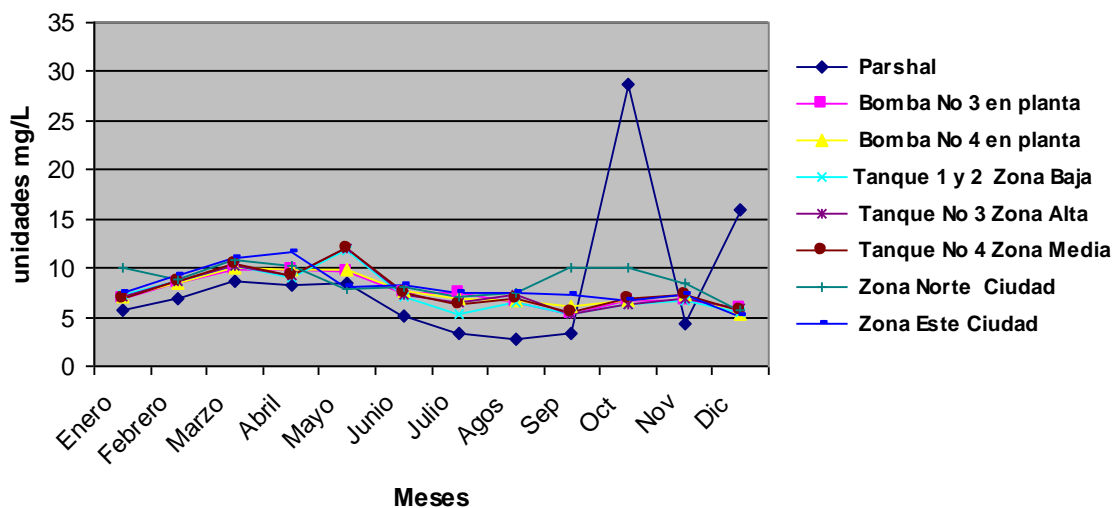
En la figura 6 se muestran los valores para la dureza total, en donde se puede observar que en la temporada de estiaje este parámetro se encuentra por encima del límite máximo permisible de 500 mg/L, lo cual es derivado de la presencia calcio y magnesio. El agua con una dureza mayor a aproximadamente 200 mg/l, en función de la interacción de otros factores, como el pH y la alcalinidad, puede provocar la formación de incrustaciones en las instalaciones de tratamiento, el sistema de distribución, y las tuberías y depósitos de los edificios (WHO, 2017).

Para la temporada de lluvias, los valores de dureza del agua se comportan por debajo del límite permisible lo cual indica la disminución de calcio y magnesio, y puede beneficiar a la formación de espuma rápida en el jabón para conseguir la limpieza deseada, la reducción de la precipitación de restos de jabón y que no se lleve a cabo la precipitación de carbonato cálcico. La aceptabilidad por parte de la población del grado de dureza del agua puede variar considerablemente de una comunidad a otra y de acuerdo a la Organización Mundial de Salud (WHO, 2017), no existe un valor de referencia basado en efectos sobre la salud para la dureza del agua de uso y consumo humano.



**Figura 6: Tendencia de Dureza total (mg/L) en la calidad del agua del sistema de abastecimiento de Ciudad Valles, S.L.P.**

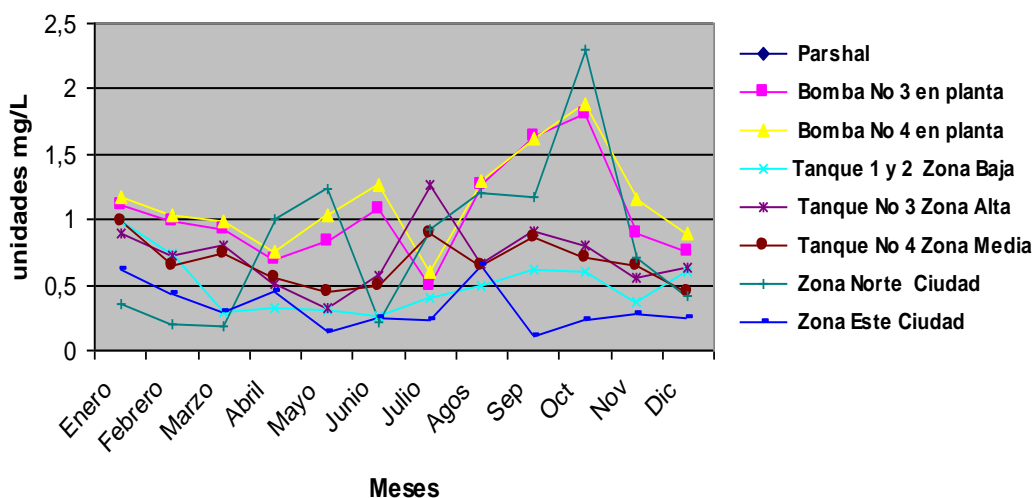
En la temporada de estiaje y lluvia los valores de cloruros (Figura 7), se encuentran por debajo del límite máximo permisible de 250 mg/L., lo cual indica que al tener bajas concentraciones de cloruros no interfieren en el sabor salado del agua potable, su valor no genera efectos sobre la salud en el agua de consumo (WHO, 2017).



**Figura 7: Tendencia de cloruros (mg/L) en la calidad del agua del sistema de abastecimiento de Ciudad Valles, S.L.P.**

Para el parámetro de cloro residual, su presencia se observa tanto en temporada de estiaje como temporada de lluvia (Figura 8); lo cual garantiza el procedimiento de desinfección o destrucción de microorganismos patógenos. Su baja concentración (menor a 2 mg/L) en el proceso de potabilización hace obtener un sabor agradable del agua y ayuda a que no produzcan en alta concentración compuestos como los trihalometanos que son cancerígenos para el ser humano. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2017), la tasa

y el grado de formación de THM aumentan en función de la concentración de cloro y de ácidos húmicos, la temperatura y el pH.



**Figura 8: Tendencia de cloro residual (mg/L) en la calidad del agua del sistema de abastecimiento de Ciudad Valles, S.L.P.**

Los coliformes totales, son uno de los parámetros de calidad del agua más importantes debido a su uso como indicador bacteriano de la contaminación fecal en aguas naturales ya que puede tener el potencial de propagar enfermedades como el cólera, tifoidea o diarrea (Leite *et al.*, 2018). En la tabla 1 podemos observar que en el Parshall existe presencia de coliformes totales lo cual no cumple con lo establecido en la NOM-127-SSA1-2021 que es ausencia o no detección de estos a través de los años en el área de abastecimiento o Parshall. El consumo de agua potable contaminada con microorganismos patógenos puede ocasionar enfermedades de origen entérico, la eliminación de estos microorganismos patógenos es una operación fundamental a través de la dosificación del reactivo de cloro, esta desinfección constituye una barrera eficaz contra numerosos agentes patógenos durante el tratamiento de agua para consumo humano (WHO, 2017).

**Tabla1: Tendencia de coliformes totales en la calidad del agua del sistema de abastecimiento de Ciudad Valles, S.L.P.**

Mes	Parshall	Bomba 3	Bomba 4	Tanque 1-2 Zona baja	Tanque 3 zona alta	Tanque 4 zona media	Zona norte	Zona este
Enero	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Febrero	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Marzo	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Abril	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Mayo	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Junio	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Agosto	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Septiembre	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Octubre	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Noviembre	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Diciembre	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

En cambio una vez potabilizada el agua y en sistema de abastecimiento y distribución se puede observar la ausencia de los mismos cumpliendo el parámetro que establece lo siguiente “*Los organismos coliformes totales no deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml; en sistemas de abastecimiento de localidades con una población mayor de 50 000 habitantes; estos organismos deberán estar ausentes en el 95% de las muestras tomadas en un mismo sitio de la red de distribución, durante un periodo de doce meses de un mismo año*”.

## CONCLUSIONES

La calidad del agua del sistema de abastecimiento de la Dirección de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Ciudad Valles, se ve afectada por la temporada de estiaje y lluvias desde 2007 a 2017. Este análisis de los resultados mensuales promedio de cada año arroja que en la temporada de estiaje exista un 87.5% de cumplimiento para la calidad del agua mientras que en la temporada de lluvias un 75%. Esto sugiere la necesidad de realizar monitoreos frecuentes y análisis de evolución y tendencia anual y actual de los parámetros fisicoquímicos establecidos en la NOM-127-SSA1-2021 para su cumplimiento y sobre todo establecer estrategias y mejoras en el proceso de potabilización de este organismo.

## BIBLIOGRAFÍA

- DOF, Diario Oficial de la Federación. (1989). Criterios ecológicos de calidad del agua. CEE-CCA-001/89. Diario Oficial de la Federación, 2 de diciembre, 26-36.
- INEGI (2020). Censo de Población y Vivienda. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Leite N., Stolberg J., Purin S., Tavela A., Safanelli J., Marchini H., Exterkoetter R., Johnson, M. (2018). Hydrochemistry of shallow groundwater and springs used for potable supply in Southern Brazil. *Environmental Earth Sciences*, 77. DOI:10.1007/s12665-018-7254-4.
- SSA (2021). NOM-127-SSA1-2021. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. Secretaría de Salud Ambiental. Diario Oficial de la Federación.
- WHO (2017). Guidelines for drinking water quality, 4th ed. World Health Organization, Geneva Switzerland.
- Documento Interno Dirección Agua Potable Alcantarillado Cd. Valles (Plano Ciudad) comercialización. Guayaquil, Ecuador: Repositorio Universidad de Guayaquil.
- Santolaya Hernández, M. J., Pérez Pulido, R., & Grande Burgos, M. J. (2016). Análisis microbiológico de diferentes encurtidos. Andalucía, España: Universidad de Jaén.

## ENFRIAMIENTO CONVENCIONAL Y CON HIDRÓXIDO DE CALCIO $\text{Ca}(\text{OH})_2$ : MÉTODOS DE COMPARACIÓN MÚLTIPLES

## TUKEY Y DUNCAN

### CONVENTIONAL AND CALCIUM HYDROXIDE $\text{Ca}(\text{OH})_2$ COOLING: TUKEY AND DUNCAN MULTIPLE COMPARISON METHODS.

Recibido: 13 de septiembre del 2021.  
Aceptado: 07 de diciembre de 2021

E. Lugo Cornejo<sup>1</sup>  
M. G. Guerrero Porras<sup>2\*</sup>  
D. A. Rangel Reséndiz<sup>3</sup>

#### RESUMEN

El acero en la vida cotidiana es de gran importancia, en los últimos años la tendencia con respecto al procesamiento del material en sus múltiples aplicaciones, han generado medidas más respetuosas con el medio ambiente.

El acero ofrece un gran potencial en aplicaciones por sus propiedades mecánicas, su alta relación resistencia/peso y propiedades de elongación. Este estudio tuvo como fin comprender la inferencia del hidróxido de calcio como medio de enfriamiento en el proceso de temple, comparándolo con aquellos tradicionales, e interpretarlo mediante los métodos de Tukey y Duncan, fueron necesarias 72 probetas que pasaron por los procesos de corte, lijado y pulido calidad espejo, a 36 se les aplicó un tratamiento térmico y se llevaron a una temperatura de austenización por un promedio de 1.30 horas, después de esto se sometieron a un enfriamiento rápido en distintas concentraciones de calcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , lo que determinó los cambios estructurales midiendo las durezas.

Se obtuvieron las durezas de los cambios estructurales y con los gráficos estadísticos se observa su resistencia a la penetración en  $\text{kgf}/\text{cm}^2$  y mediante los métodos de comparación múltiple Tukey y Duncan, se infiere el comportamiento de la cal en la dureza de las muestras, para plantear la posibilidad de utilizar el desecho industrial del proceso de nixtamalización de la industria de la masa y la tortilla “nejayote” como alternativa para medio de enfriamiento.

**PALABRAS CLAVE:** Aceros, propiedades mecánicas, hidróxido de calcio, métodos Tukey y Duncan,

#### ABSTRACT

Steel in everyday life is of great importance, in recent years the trend regarding the processing of the material in its multiple applications, have generated more environmentally friendly measures.

Steel offers great potential in applications due to its mechanical properties, its high strength-to-weight ratio, and elongation properties. The purpose of this study was to understand the inference of calcium hydroxide as a cooling medium in the tempering process, comparing it with traditional ones, and to interpret it using the Tukey and Duncan methods, 72 specimens were necessary that went through the cutting, polishing processes and sanded to mirror quality, and heat treatment was applied to 36 and they were brought to a temperature of between  $925^\circ - 950^\circ$  Celsius for an average of 1.30 hours, after this they were subjected to rapid cooling in different concentrations of calcium, which determined the structural changes measuring hardness.

The hardnesses of the structural changes were obtained and with the statistical graphs its resistance to penetration in  $\text{kgf} / \text{cm}^2$  is observed and by means of the Tukey and Duncan multiple comparison methods, the behavior of lime in the hardness of the samples is inferred, for propose the possibility of using the industrial waste from the nixtamalization process of the dough industry and the “nejayote” tortilla as an alternative for cooling medium.

<sup>1</sup> Profesor del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles.

<sup>2</sup> Profesora del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, [guadalupe.guerrero@tecvalles.mx](mailto:guadalupe.guerrero@tecvalles.mx)  
(Correspondencia)

<sup>3</sup> Estudiante Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, matrícula 15690126

**KEY WORDS:** Steels, mechanical properties, calcium hydroxide, Tukey and Duncan methods.

## INTRODUCCIÓN

La dureza se define como aquella propiedad de la capa superficial del material de resistir toda deformación elástica, plástica o destrucción debido a la acción de esfuerzos de contacto locales originados por otro cuerpo más duro, llamado indentador o penetrador de determinada forma y dimensiones, el cual no sufre deformaciones residuales durante el contacto.

Los materiales pueden resistir la penetración de un indentador sometido bajo carga. La dureza, por definición, es una propiedad de la capa superficial del material, y no es una propiedad del material en sí y los métodos de dureza por indentación presuponen la presencia de esfuerzos de contacto. (Callister, 2018)

Las propiedades mecánicas resultan de aplicar fuerzas mecánicas a los materiales de estudio. Las más importantes son la resistencia, la dureza, la ductilidad y la rigidez. En general, las propiedades mecánicas son difíciles de interpretar desde el punto de vista de teorías microscópicas, como la teoría de bandas, y dependen mucho de las impurezas e imperfecciones de las muestras. Para empezar, se deben definir los esfuerzos y las deformaciones, así como la relación que hay entre ellos en cada material. La deformación que se produce en un material es la respuesta mecánica a la aplicación de fuerzas mecánicas por unidad de área denominadas esfuerzos. Los esfuerzos pueden ser de tracción o compresión, donde el esfuerzo es equivalente a una presión (positiva o negativa), o bien de cizalladura, donde se aplican dos fuerzas en la misma dirección, pero en distintos sentidos y puntos de apoyo,” o bien de torsión, donde se aplican dos pares de fuerzas en la misma dirección, pero en distintos sentidos y puntos de apoyo. (González-Viñas, 2005).

La participación del hidróxido de calcio  $\text{Ca(OH)}_2$  dentro de la industria es muy amplia, que incluso forma parte del proceso de uno de los productos derivados del maíz más importantes de México; la tortilla, para la elaboración de esta se deben cocer los granos de maíz en agua con cal, este proceso se le conoce como nixtamalización, el cual genera grandes cantidades de aguas residuales conocidas como nejayote.

De comprobarse un cambio en la estructura, se pueden realizar estudios con estos residuos, con la posibilidad de ser una alternativa en los tratamientos térmicos como medio de enfriamiento, evitando que estos sean desechados y se formen sedimentos en ríos, desagües, cañerías y drenajes públicos, y es una opción amigable con el medio ambiente y de menor costo.

## METODOLOGÍA

El realizar el análisis de los medios de enfriamiento tradicionales y de las concentraciones intermedias de hidróxido de calcio mediante los métodos de comparaciones múltiples de Tukey y Duncan en los tratamientos térmicos del acero 1045 es el punto fundamental del estudio. Y aplicar métodos estadísticos para demostrar dicho proceso.

Se determinaron las concentraciones de 5% a 70%, tomando en cuenta cada 5%. Exceptuando 25 y 50%. (Lugo Cornejo, 2020).

Se prepararon las barras de acero 1045 para iniciar con el corte. Se colocó primeramente en una prensa de mesa y se ajustó para estabilizarla y evitar movimientos que puedan causar un mal corte. Se realizó el corte de probetas de 2.915 cm (las probetas son de 2.54 cm, pero se

les agrega 0.375 cm como margen para el proceso de acabado). Obteniendo la pieza, se retira la rebaba y residuos restantes con una lima. Para posteriormente se pulieron y nivelaron las piezas.

Se aplicó líquido refrigerante en antes y durante el proceso, para facilitar el maquinado y evitar que las piezas y la herramienta de pulido se dañen.

El proceso de lijado tiene la finalidad de obtener una calidad espejo en todas las probetas, por este motivo se realiza en ambas caras con una lija de agua con tamaño de grano 36, esto para borrar las marcas que dejó el proceso de fresado.

Para obtener el tamaño de muestra se tomó una malla metálica y se cortaron 36 círculos del diámetro de las probetas. Las mallas tenían una cantidad de 48, 49 o 50 agujeros, lo cual gracias a la tabla de “Códigos del tamaño según la MIL STD 150D” (ISO 2859), se determinó que el tamaño de lote entraba en el rango de 26-50, lo cual definió que el nivel general de inspección era D.

En la tabla de “planes de muestreo simple para la inspección normal” y a la letra código que arrojó la MIL STD 150D, dió que el tamaño de muestra fuera 8. Esto quiere decir que se tomaron 8 muestras de dureza en cada probeta.

Haciendo uso de Ran# en una calculadora científica y tomando en cuenta la cantidad de orificios en las piezas de malla metálica, se obtuvieron 8 números aleatorios los cuales indicaron la posición donde se tomaría la dureza.

Se le realizó el tratamiento térmico de temple a 36 probetas, se llevaron a una temperatura de austenización, pasadas 1.30 hrs. fueron sacadas de la mufla y sometidas a un enfriamiento por agitación. El tratamiento térmico fue similar para todas las piezas, la única variación fue el medio de enfriamiento.

Para la obtención de los valores de dureza Rockwell B, se utilizó un durómetro analógico mecánico. Con una carga de 100 kg e indentador de punta de bola de 1/16.

Se obtuvo la dureza de las probetas en estado alfa, a estas no se les aplicó algún tratamiento térmico y fueron utilizadas como medida de referencia. Posteriormente se colocó el indentador en la posición marcada, se aplicó la carga previa, se esperó un minuto y se liberaron los 100 kg. El mecanismo se dejó reposar 2 min. y se tomaron los datos que el durómetro arrojó. Se retiró la probeta y se dejó descansar 2 min. el durómetro, se repitió el mismo procedimiento con el resto de las piezas.

El procedimiento para obtener los valores Rockwell C es similar al proceso para obtener los datos HRB, la única diferencia es que se le coloca una carga de 150 kg y un indentador de punta en V.

Se realizaron tratamientos térmicos en los cuales se sometieron 12 piezas a temperaturas aproximadas de austenización, con el fin de que alcanzaran la temperatura de restructuración, al paso de 1.30 hrs. Se sacaron y se enfriaron aceleradamente en un recipiente con agua y su respectivo porcentaje de calcio (Ca(OH)<sub>2</sub>).

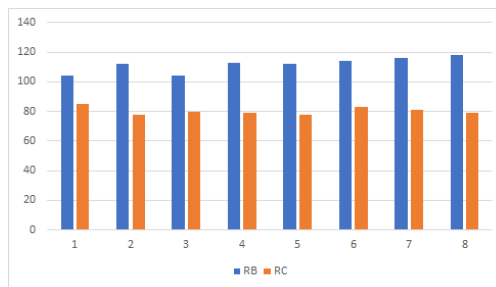
## RESULTADOS

Con la información de inicio (tablas 0.1-0.3 y gráficas 0.1-0.9) se obtuvieron los datos de los medios de enfriamiento tradicionales agua, salmuera y aceite.

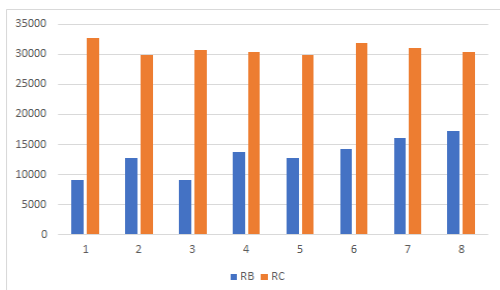
**Tabla 0.1.- Dureza inicial y reestructuradas enfriadas en agua**

Rockwell "B" (RB)				Rockwell "C" (RC)			
Probeta				Probeta (AGUA)			
Punto	Región	Normal (RB)	Dureza (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Punto	Región	Normal (RC)	Dureza (Kg/Cm <sup>2</sup> )
1	22	104	9170	1	22	85	32640
2	10	112	12740	2	10	78	29952
3	34	104	9170	3	34	80	30720
4	46	113	13720	4	46	79	30336
5	4	112	12740	5	4	78	29952
6	37	114	14280	6	37	83	31672
7	32	116	16030	7	32	81	31104
8	43	118	17290	8	43	79	30336
PROMEDIO		112	13143	PROMEDIO		80	30864

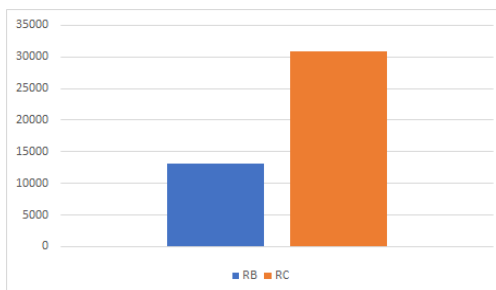
**Gráfica 0.1.- Dureza inicial (RB) y cambio estructural (RC) medio de enfriamiento agua**



**Gráfica 0.2.- Dureza inicial y cambio estructural en kgf/cm2 medio de enfriamiento agua**



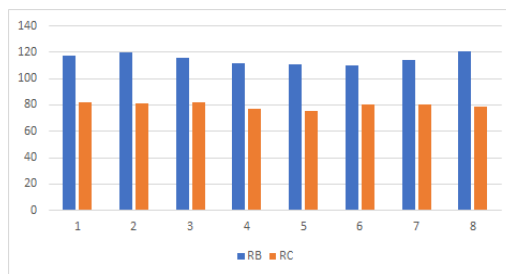
**Gráfica 0.3.- Promedio dureza inicial y cambio estructural en kgf/cm2 medio de enfriamiento agua**



**Tabla 0.2.- Dureza inicial y reestructuradas enfriadas en salmuera**

Rockwell "B" (RB)				Rockwell "C" (RC)			
Probeta				Probeta (SALMUERA)			
Punto	Región	Normal (RB)	Dureza (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Punto	Región	Normal (RC)	Dureza (Kg/Cm <sup>2</sup> )
1	43	117	16660	1	43	82	31488
2	25	120	19320	2	25	81	31104
3	30	116	16030	3	30	82	31488
4	21	112	12740	4	21	77	29568
5	7	111	12320	5	7	75	28800
6	44	110	11900	6	44	80	30720
7	14	114	14280	7	14	80	30720
8	11	121	19481	8	11	79	30336
PROMEDIO		115	15341	PROMEDIO		80	30528

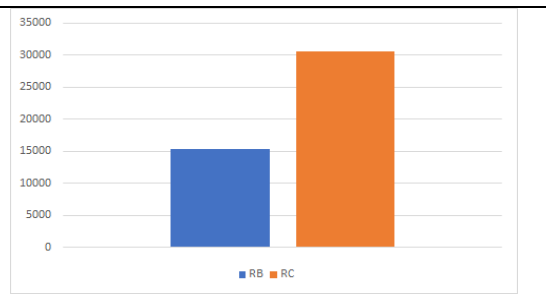
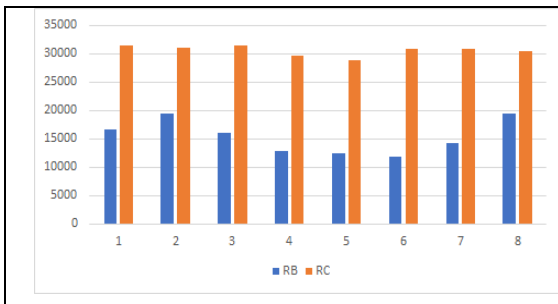
**Gráfica 0.4.- Dureza inicial (RB) y cambio estructural (RC) medio de enfriamiento salmuera**



**Gráfica 0.5.- Dureza inicial y cambio estructural en kgf/cm2 medio de enfriamiento salmuera**

**Gráfica 0.6.- Promedio dureza inicial y cambio estructural en kgf/cm2 medio de enfriamiento salmuera**

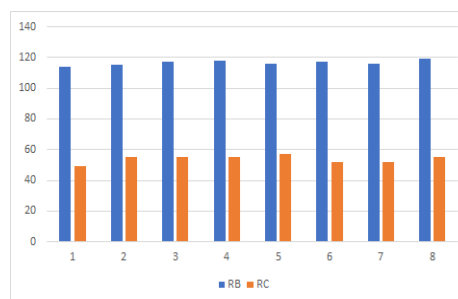




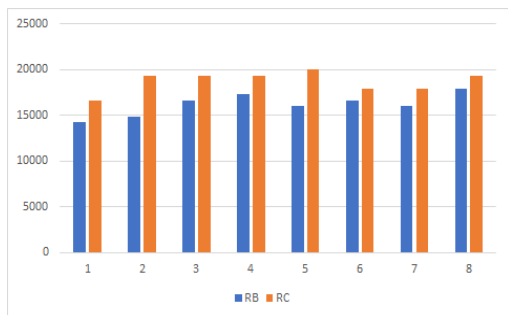
**Tabla 0.3.- Dureza inicial y reestructuradas enfriadas en aceite**

Rockwell "B" (RB)				Rockwell "C" (RC)			
Probeta				Probeta (ACEITE)			
Punto	Región	Normal (RB)	Dureza (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Punto	Región	Normal (RC)	Dureza (Kg/Cm <sup>2</sup> )
1	32	114	14280	1	32	49	16660
2	22	115	14840	2	22	55	19320
3	8	117	16660	3	8	55	19320
4	1	118	17290	4	1	55	19320
5	36	116	16030	5	36	57	20090
6	17	117	16660	6	17	52	17920
7	27	116	16030	7	27	52	17920
8	11	119	17920	8	11	55	19320
PROMEDIO		112	16214	PROMEDIO		54	18734

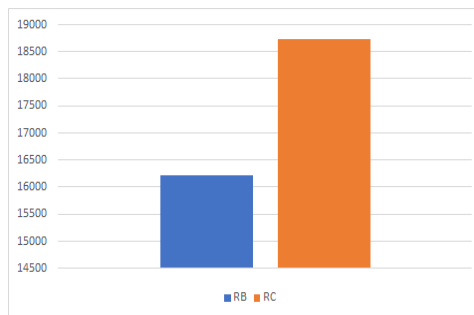
**Gráfica 0.7.- Dureza inicial (RB) y cambio estructural (RC) medio de enfriamiento aceite**



**Gráfica 0.8.- Dureza inicial y cambio estructural en kg/cm2 medio de enfriamiento aceite**



**Gráfica 0.9.- Promedio dureza inicial y cambio estructural en kg/cm2 medio de enfriamiento aceite**

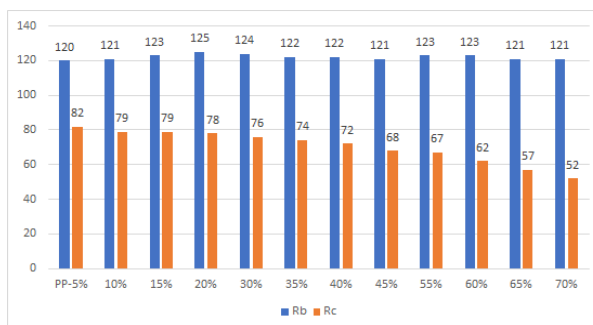


En la tabla 1 se representa el comparativo de las medias de cada porcentaje de calcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , mientras que la gráfica 1 es el promedio de durezas en relación al contenido de calcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , así como la gráfica 2 representa la dureza en  $\text{kg}/\text{cm}^2$  respecto a los porcentajes de calcio, se puede notar que el porcentaje de 5% es el promedio que arroja una mayor dureza en el cambio estructural.

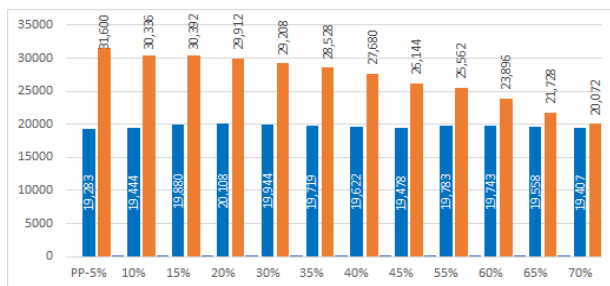
**Tabla. 1- Promedio de durezas en función del porcentaje de calcio Ca(OH)<sub>2</sub>**

TOTAL	Rb	Psi	Kgf/cm <sup>2</sup>	Rc	Psi	Kgf/cm <sup>2</sup>
PP-5%	120	275473	19,283	82	451429	31,600
10%	121	277773	19,444	79	433371	30,336
15%	123	284002	19,880	79	434171	30,392
20%	125	287260	20,108	78	427314	29,912
30%	124	284913	19,944	76	417257	29,208
35%	122	281702	19,719	74	407543	28,528
40%	122	280313	19,622	72	395429	27,680
45%	121	278252	19,478	68	373486	26,144
55%	123	282613	19,783	67	365166	25,562
60%	123	282038	19,743	62	341371	23,896
65%	121	279402	19,558	57	310400	21,728
70%	121	277246	19,407	52	286743	20,072

**Gráfica 1. Comparación del cambio estructural en probetas en función del porcentaje de calcio Ca(OH)<sub>2</sub>**



**Gráfica 2. Durezas en kgf/cm<sup>2</sup> respecto al porcentaje de calcio Ca(OH)<sub>2</sub>**



Para aplicar los métodos de Tukey y Duncan, se necesitó realizar el análisis de varianza ANOVA para lo cual se consideraron las medias obtenidas de menor valor, ya que para la dureza en Rockwell C es la de mayor oposición a ser ralladas o penetradas (tabla 5).

**Tabla 5.- Muestra la dureza de probetas del cambio estructural del acero 1045 enfriada con calcio tomando en cuenta la media de menor valor.**

Punto	5%	10%	20%	30%	35%	40%	45%	55%	60%	65%	70%
A	80.00	79.00	78.50	75.00	72.00	71.50	67.50	65.50	61.00	54.50	51.00
B	79.50	79.00	80.00	74.50	73.50	69.50	68.50	66.00	58.00	51.50	43.50
C	79.00	78.50	77.50	71.50	75.00	69.00	68.00	66.00	59.50	56.00	58.50
D	86.50	77.00	77.00	74.00	73.00	69.00	67.50	64.50	59.50	56.00	53.50
E	79.00	76.50	78.50	74.50	74.50	70.50	70.00	65.50	61.00	57.00	36.50
F	79.50	79.50	76.00	72.50	74.00	66.50	66.50	61.50	58.50	56.00	54.50
G	77.50	76.50	75.50	74.50	75.50	73.50	71.00	68.00	60.50	55.00	36.00
H	77.00	76.50	76.00	74.00	74.50	65.00	61.00	65.50	59.00	54.00	50.00
media	79.75	77.81	77.38	73.81	74.00	69.31	67.50	65.31	59.63	55.00	47.94

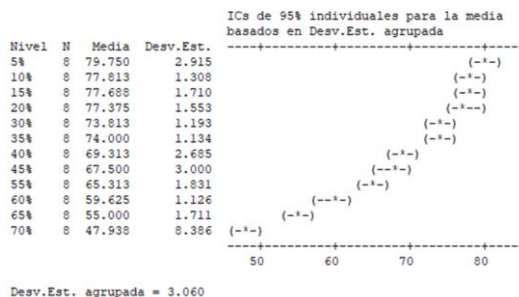
La tabla 6 muestra el análisis de varianza de un solo factor con valor P=0.00 se encuentra 0.0 y 0.01. Existe una inferencia altamente significativa entre los porcentajes de hidróxido de calcio en la dureza del acero 1045.

**Tabla 6.- Análisis de varianza de un solo factor ANOVA. Fuente Minitab 2016**

ANOVA unidireccional: 5%, 10%, 15%, 20%, 30%, 35%, 40%, 45%, 55%, 60%, 65%, 70%

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Factor	11	9038.18	821.65	87.78	0.000
Error	84	786.31	9.36		
Total	95	9824.49			

S = 3.060 R-cuad. = 92.00% R-cuad. (ajustado) = 90.95%



En la Tabla 7 se agrupa la información utilizando el método Tukey

**Tabla 7. Método Tukey. Medias que no comparten letras son significativamente diferentes.**

Nivel	N	Media	Agrupación
5%	8	79.750	A
10%	8	77.813	A B
15%	8	77.688	A B
20%	8	77.375	A B
35%	8	74.000	B C
30%	8	73.813	B C
40%	8	69.313	C D
45%	8	67.500	D
55%	8	65.313	D
60%	8	59.625	E
65%	8	55.000	E
70%	8	47.938	F

Los resultados que arroja el método de Tukey nos indican cuales son las medias que son significativamente diferentes:

- a) 5%, 10% 15% y 20% se relacionan y se indica con la letra A esto nos dice que las medias son significativamente iguales.
- b) 10%, 15%, 20%, 30% y 35% se relacionan y se indica con la letra B, esto nos dice que las medias son significativamente iguales.
- c) 30%, 35% y 40% se relacionan y se indica con la letra C, esto nos dice que las medias son significativamente iguales.
- d) 40%, 45% y 55% se relacionan y se indica con la letra D, esto nos dice que las medias son significativamente iguales.
- e) 60% y 65% se relacionan y se indica con la letra E, esto nos dice que las medias son significativamente iguales.
- f) 70% se indica con la F y no se relaciona con otra media, esto quiere decir que su media es diferente a las demás.

El resultado con el análisis Duncan -ver tabla 8- a través del software IBM SPSS *Statistics* 25 es el siguiente:

**Tabla 8.- Método de Duncan Fuente: IBM SPSS Statistics 25.**

Duncan <sup>a</sup>		Valores						
Calcio	N	Subconjunto para alfa = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
12.00	8	48.0000						
11.00	8		55.0000					
10.00	8			59.6250				
9.00	8				65.3125			
8.00	8				67.5000	67.5000		
7.00	8					69.3125		
5.00	8						73.8125	
6.00	8						74.0000	
4.00	8							77.3750
3.00	8							77.6875
2.00	8							77.8125
1.00	8							79.7500
Sig.		1.000	1.000	1.000	.153	.236	.902	.159

Considerando que los valores de porcentaje calcio son representados por número y son los siguientes:

1=5%; 2=10%; 3=15%; 4=20%; 5=30%; 6=35%; 7=40%; 8=45%; 9=55%; 10=60%; 11=65% y 12=70%.

Y los resultados que arroja el método de Duncan nos indican cuales son las medias que son significativamente iguales:

- (a) 5%, 10%, 15% y 20% se relacionan en la misma columna, esto quiere decir que son significativamente iguales.
- (b) 30% y 35% se relacionan en la misma columna, esto quiere decir que son significativamente iguales.
- (c) 40% y 45% se relacionan en la misma columna, esto quiere decir que son significativamente iguales.

(d) 45% y 55% se relacionan en la misma columna, esto quiere decir que son significativamente iguales.

(e) 60%, 65% y 70% no se relacionan con ninguna otra columna, esto quiere decir que son diferentes a las otras medias.

Con la información recopilada se realizó una comparación de medias de dureza Rc en las cuales se analizaron los datos obtenidos de la cantidad de hidróxido de calcio  $\text{Ca(OH)}_2$  y los métodos de enfriamiento tradicionales, y estos fueron los resultados:

**Tabla 9.- porcentaje de concentraciones de calcio  $\text{Ca(OH)}_2$  para el comparativo Tukey respecto a los medios de enfriamiento tradicionales**

Punto	PORCENTAJES DE CONCENTRACIÓN DE CALCIO CON MAYOR CANTIDAD DE DUREZA											MEDIOS ENFRIAMIENTO TRADICIONALES RC		
	5%	10%	20%	30%	35%	40%	45%	55%	60%	65%	70%	ACEITE	AGUA	SALMUERA
A	80.00	79.00	78.50	75.00	72.00	71.50	67.50	65.50	61.00	54.50	51.00	49	85	82
B	79.50	79.00	80.00	74.50	73.50	69.50	68.50	66.00	58.00	51.50	43.50	55	78	81
C	79.00	78.50	77.50	71.50	75.00	69.00	68.00	66.00	59.50	56.00	58.50	55	80	82
D	86.50	77.00	77.00	74.00	73.00	69.00	67.50	64.50	59.50	56.00	53.50	55	79	77
E	79.00	76.50	78.50	74.50	74.50	70.50	70.00	65.50	61.00	57.00	36.50	57	78	75
F	79.50	79.50	76.00	72.50	74.00	66.50	66.50	61.50	58.50	56.00	54.50	52	83	80
G	77.50	76.50	75.50	74.50	75.50	73.50	71.00	68.00	60.50	55.00	36.00	52	81	80
H	77.00	76.50	76.00	74.00	74.50	65.00	61.00	65.50	59.00	54.00	50.00	55	79	79
media	79.75	77.81	77.38	73.81	74.00	69.31	67.50	65.31	59.63	55.00	47.94	54	80	80

Al realizar el análisis de varianza de un solo factor ANOVA métodos tradicionales contra los porcentajes de hidróxido de calcio al 5, 10, 15, 20, 30, 35, 40, 45, 55, 60, 65, 70 % en todos los casos los valores de  $P=0.00$  están entre 0.00 y 0.01, por tanto, existe una inferencia altamente significativa entre las medias. Es decir, los métodos tradicionales y los diferentes concentrados de hidróxido de calcio  $\text{Ca(OH)}_2$  contribuye al cambio estructural del acero 1045.

Con el análisis ANOVA en los doce tratamientos percentiles de calcio  $\text{Ca(OH)}_2$ , el análisis del método de Tukey muestra lo siguiente:

<b>Método de Tukey 5, 10, 15, 20% Hidróxido De Calcio Vs Tratamientos Tradicionales.</b>																
El método de Tukey muestra que las medias del 5, 10, 15, 20% de hidróxido de calcio y los medios de enfriamiento tradicionales salmuera y agua son significativamente iguales. En cambio, la media del aceite es diferente.	<p>Agrupar información utilizando el método de Tukey</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>N</th> <th>Media</th> <th>Agrupación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C3</td> <td>80.375</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C1</td> <td>79.750</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C4</td> <td>79.500</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C2</td> <td>53.750</td> <td>B</td> </tr> </tbody> </table> <p>Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.</p>	N	Media	Agrupación	C3	80.375	A	C1	79.750	A	C4	79.500	A	C2	53.750	B
	N	Media	Agrupación													
C3	80.375	A														
C1	79.750	A														
C4	79.500	A														
C2	53.750	B														
	<p>Agrupar información utilizando el método de Tukey</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>N</th> <th>Media</th> <th>Agrupación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C3</td> <td>80.375</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C4</td> <td>79.500</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C1</td> <td>77.688</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C2</td> <td>53.750</td> <td>B</td> </tr> </tbody> </table> <p>Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.</p>	N	Media	Agrupación	C3	80.375	A	C4	79.500	A	C1	77.688	A	C2	53.750	B
N	Media	Agrupación														
C3	80.375	A														
C4	79.500	A														
C1	77.688	A														
C2	53.750	B														

	<p>Agrupar información utilizando el método de Tukey</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>N</th> <th>Media</th> <th>Agrupación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C3</td> <td>80.375</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C4</td> <td>79.500</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C1</td> <td>77.813</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C2</td> <td>53.750</td> <td>B</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">10% de Ca(OH)<sub>2</sub></p> <p>Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.</p>	N	Media	Agrupación	C3	80.375	A	C4	79.500	A	C1	77.813	A	C2	53.750	B
N	Media	Agrupación														
C3	80.375	A														
C4	79.500	A														
C1	77.813	A														
C2	53.750	B														
<p><b>Método de Tukey 30, 35, 40, 45, 55, 60% Hidróxido De Calcio Vs Tratamientos Tradicionales</b></p>																
<p>El método de Tukey muestra que las medias de los medios de enfriamiento salmuera y agua son significativamente iguales. En cambio, las medias del medio de enfriamiento tradicional aceite y del 30, 35, 40, 45, 55, 60% de hidróxido de calcio son significativamente diferentes, perteneciendo estos últimos al grupo B y C respectivamente.</p>	<p>Agrupar información utilizando el método de Tukey</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>N</th> <th>Media</th> <th>Agrupación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C3</td> <td>80.375</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C4</td> <td>79.500</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C1</td> <td>73.813</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>C2</td> <td>53.750</td> <td>C</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">30% de Ca(OH)<sub>2</sub></p> <p>Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.</p>	N	Media	Agrupación	C3	80.375	A	C4	79.500	A	C1	73.813	B	C2	53.750	C
	N	Media	Agrupación													
	C3	80.375	A													
	C4	79.500	A													
	C1	73.813	B													
C2	53.750	C														
<p>Agrupar información utilizando el método de Tukey</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>N</th> <th>Media</th> <th>Agrupación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C3</td> <td>80.375</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C4</td> <td>79.500</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C1</td> <td>74.000</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>C2</td> <td>53.750</td> <td>C</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">35% de Ca(OH)<sub>2</sub></p> <p>Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.</p>	N	Media	Agrupación	C3	80.375	A	C4	79.500	A	C1	74.000	B	C2	53.750	C	
N	Media	Agrupación														
C3	80.375	A														
C4	79.500	A														
C1	74.000	B														
C2	53.750	C														
<p>Agrupar información utilizando el método de Tukey</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>N</th> <th>Media</th> <th>Agrupación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C3</td> <td>80.375</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C4</td> <td>79.500</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C1</td> <td>69.313</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>C2</td> <td>53.750</td> <td>C</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">40% de Ca(OH)<sub>2</sub></p> <p>Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.</p>	N	Media	Agrupación	C3	80.375	A	C4	79.500	A	C1	69.313	B	C2	53.750	C	
N	Media	Agrupación														
C3	80.375	A														
C4	79.500	A														
C1	69.313	B														
C2	53.750	C														
<p>Agrupar información utilizando el método de Tukey</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>N</th> <th>Media</th> <th>Agrupación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C3</td> <td>80.375</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C4</td> <td>79.500</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C1</td> <td>67.625</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>C2</td> <td>53.750</td> <td>C</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">45% de Ca(OH)<sub>2</sub></p> <p>Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.</p>	N	Media	Agrupación	C3	80.375	A	C4	79.500	A	C1	67.625	B	C2	53.750	C	
N	Media	Agrupación														
C3	80.375	A														
C4	79.500	A														
C1	67.625	B														
C2	53.750	C														
<p>Agrupar información utilizando el método de Tukey</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>N</th> <th>Media</th> <th>Agrupación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C3</td> <td>80.375</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C4</td> <td>79.500</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C1</td> <td>65.313</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>C2</td> <td>53.750</td> <td>C</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">55% de Ca(OH)<sub>2</sub></p> <p>Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.</p>	N	Media	Agrupación	C3	80.375	A	C4	79.500	A	C1	65.313	B	C2	53.750	C	
N	Media	Agrupación														
C3	80.375	A														
C4	79.500	A														
C1	65.313	B														
C2	53.750	C														

	<p>Agrupar información utilizando el método de Tukey</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>N</th> <th>Media</th> <th>Agrupación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C3</td> <td>80.375</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C4</td> <td>79.500</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C1</td> <td>59.625</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>C2</td> <td>53.750</td> <td>C</td> </tr> </tbody> </table> <p>60% de Ca(OH)<sub>2</sub></p> <p>Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.</p>	N	Media	Agrupación	C3	80.375	A	C4	79.500	A	C1	59.625	B	C2	53.750	C
N	Media	Agrupación														
C3	80.375	A														
C4	79.500	A														
C1	59.625	B														
C2	53.750	C														
<p><b>Método de Tukey 65, 70% Hidróxido De Calcio Vs Tratamientos Tradicionales</b></p>																
<p>El método de Tukey muestra que las medias de los medios de enfriamiento tradicionales salmuera y agua son significativamente iguales. En cambio, la media del medio tradicional aceite y del 65, 70% de hidróxido de calcio son significativamente iguales, identificados con la letra B.</p>	<p>Agrupar información utilizando el método de Tukey</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>N</th> <th>Media</th> <th>Agrupación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C3</td> <td>80.375</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C4</td> <td>79.500</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C1</td> <td>55.000</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>C2</td> <td>53.750</td> <td>B</td> </tr> </tbody> </table> <p>65% de</p> <p>Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.</p>	N	Media	Agrupación	C3	80.375	A	C4	79.500	A	C1	55.000	B	C2	53.750	B
	N	Media	Agrupación													
	C3	80.375	A													
C4	79.500	A														
C1	55.000	B														
C2	53.750	B														
<p>Agrupar información utilizando el método de Tukey</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>N</th> <th>Media</th> <th>Agrupación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C3</td> <td>80.375</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C4</td> <td>79.500</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>C2</td> <td>53.750</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>C1</td> <td>47.938</td> <td>B</td> </tr> </tbody> </table> <p>70% de Ca(OH)<sub>2</sub></p> <p>Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.</p>	N	Media	Agrupación	C3	80.375	A	C4	79.500	A	C2	53.750	B	C1	47.938	B	
N	Media	Agrupación														
C3	80.375	A														
C4	79.500	A														
C2	53.750	B														
C1	47.938	B														

**CONCLUSIONES**

De acuerdo a la información recopilada, el cambio estructural se presenta en las probetas del acero 1045, después del análisis de varianza y de los métodos de Tukey y Duncan, se observó que las concentraciones de hidróxido de calcio Ca(OH)<sub>2</sub> como medio de enfriamiento tienen una inferencia significativa en la dureza del acero 1045.

Existe un cambio estructural por cada concentración de hidróxido calcio Ca(OH)<sub>2</sub>, en un 5% se manifestó una dureza en promedio de 31600 Kgf/cm<sup>2</sup>, en un 10% la dureza en promedio fue de 30336 Kgf/cm<sup>2</sup>, en un 15% fue en promedio de 30392 Kgf/cm<sup>2</sup>, en un 20% un promedio de 29912 Kgf/cm<sup>2</sup>, en un 30% fue un promedio de 29208 Kgf/cm<sup>2</sup>, en un 35% de 28528 Kgf/cm<sup>2</sup>, en un 40% de 27680 Kgf/cm<sup>2</sup>, en un 45% de 26144 Kgf/cm<sup>2</sup>, en un 55% de 25562 Kgf/cm<sup>2</sup>, en un 60% de 23896 Kgf/cm<sup>2</sup>, en un 65% la dureza fue de 21728 Kgf/cm<sup>2</sup> y en un 70% en promedio de 20072 Kgf/cm<sup>2</sup>, lo que confirma que el calcio en distintas concentraciones utilizado como medio de enfriamiento influye de manera significativa en la dureza del acero 1045.

El nivel de significancia en las concentraciones al 5, 10, 15, 20, 30, 35, 40, 45, 55, 60, 65, 70% es P=0.00, lo que nos dice que el hidróxido de calcio Ca(OH)<sub>2</sub> influye en el cambio estructural del acero 1045.

Cabe resaltar que la comparación de medias en los métodos de Tukey y Duncan, se observa que, entre menores son las concentraciones de calcio, mayor es la uniformidad en el promedio de durezas, mientras que, al aumentar el porcentaje de hidróxido de calcio, esta uniformidad se altera.

Esto abre la posibilidad de medir la cantidad de nejayote desechado como alternativa de un medio de enfriamiento.

Por lo que se recomienda realizar un prototipo para la Prueba Jominy con diferentes concentraciones de hidróxido de calcio para conocer la profundidad de dureza.

Realizar estudios en otros aceros comerciales y medir las concentraciones de calcio que se ocupan en el proceso de nixtamalizado en la industria de la masa y la tortilla de la zona.

Continuar con el estudio del efecto del hidróxido de calcio en la microestructura del acero y elaborar un prototipo para el proceso de acabado de las probetas.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Cabrero Armijo, J. (2012). Proceso de mecanización por arranque de viruta: mecanizado por arranque de viruta. Málaga : España: IC Editorial.
- Callister, W. (2018). Ciencia e Ingeniería de los materiales. España: Reverté.
- De Garmo, J. (1989). Materiales y procesos de fabricación. España: Reverté.
- Fink, D., & Carroll, J. (1981). Manual práctico de electricidad para ingenieros, tomo I. Barcelona : Reverté.
- González-Viñas, W. (2005). Ciencia de los materiales. España: Editorial Ariel.
- Hernández Ripalda, M. (2019). Estadística inferencial 2: aplicaciones para ingeniería. México : Patria.
- Kalpakjian, S. (2014). Manufactura: ingeniería y tecnología. México : Pearson Education.
- Kuehl, R. (2001). Diseños de experimentos : principios estadísticos de experimentos y análisis de investigación . México: Thomson Learning.
- Lara Loredó, T. R. (2020). Evaluación del efecto del calcio sobre la dureza del acero 1045, en el laboratorio de metrología del Instituto Tecnológico de Ciudad Valles. Ciudad Valles, México: T.L.L.
- Lugo Cornejo, E. (2020). Evaluación del efecto del calcio sobre la dureza del acero 1045. Tectzapic : Revista académico científica, 35-46.
- Miravete, A. (2000). Materiales compuestos. Zaragoza: Miravete.
- Molera Solá, P. (1991). Tratamientos térmicos de los metales. España: Marcombo.
- Moore, H. (2002). Materiales y procesos de fabricación, industria metalmecánica y de plásticos. México: Limusa.
- Morrall, F. (1982). Metalurgia general tomo 1. Barcelona: Reverté.
- Neely, J. (1992). Materiales y procesos de manufactura. México: Limusa.
- Orlicky, J. (2011). Material requirements planning: the new way of life in production and inventory management. New York: Mc Graw Hill.



Parker-Pope, T. (2020). Cual es el mejor material para el cubrebocas. New York Times, [www.nytimes.com/es/](http://www.nytimes.com/es/).

Pero-Sanz Elorz, J. A. (1988). Materiales metálicos: solidificación, diagramas, transformaciones. Espaa: Dossat.

Pero-Sanz Elorz, J. A. (1988). Materiales para ingeniería : fundiciones férreas. España: Dossat.



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO®  
Campus Ciudad Valles



Carretera al Ingenio Plan de Ayala Km 2  
Col. Vista Hermosa, C.P. 79010  
Ciudad Valles, S.L.P.  
Tel. (481) 38 1 20 44 - (481) 38 1 46 05



<https://www.facebook.com/TecNMcampusCiudadValles>

[cdvalles.tecnm.mx](http://cdvalles.tecnm.mx)

Carta de originalidad de revistas editadas en eumed.net

Fecha: 26 de enero del 2023. Ciudad Valles, San Luis Potosí.

Director de la revista: Héctor Aguilar Ponce.

Institución responsable: Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles.

Yo **Héctor Aguilar Ponce** como Director de la revista TECTZAPIC, con ISSN 2444-4944, editada por la Editorial Servicios Académicos Intercontinentales S.L. B-93417426, declaro:

Que el N° 8 Vol. 2, no posee plagio u otro elemento nocivo que va contra la calidad investigativa y científica, en pro de no mellar el prestigio de la Editorial y el nuestro propio. Además, confirmo que los artículos han sido sometidos a evaluación por el comité científico de la revista.

**ATENTAMENTE**

*Excelencia en Educación Tecnológica®*

**HÉCTOR AGUILAR PONCE**  
**DIRECTOR**

ccp. Archivo

HAP/AJR

