

# **SISTEMA PARA EL MONITOREO DE VARIABLES FISICAS DENTRO DE UNA COLMENA**

***Dora Ofelia Rodríguez Martínez***

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Torreón

*dora\_ofelia@yahoo.com*

***Francisco Javier Ruiz Ortega***

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Torreón

*ruiz6812@hotmail.com*

***Karina Esquivel Murillo***

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Torreón

*kem\_1885@hotmail.com*

***María Estela Rodríguez Torres***

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Torreón

*e\_rodriguez1977@hotmail.com*

***José Luis Ibarra Casiano***

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Torreón

*icanet2006@hotmail.com*

## **Resumen**

Este documento presenta el desarrollo de un sistema para el monitoreo de variables físicas al interior de una colmena artificial, cuya finalidad es obtener información sobre el estado general la misma, enviarla a un servidor web donde será almacenada. Existen ciertas variables físicas dentro de la colmena y eventos sobre ésta que afectan la salud y productividad de las abejas. En este documento se muestra, la forma de obtener y procesar de forma automática las variables dentro y fuera de la colmena para ser presentada al usuario final, sobre una pantalla de cristal líquido y un entorno gráfico adecuado para su interpretación. El

sistema de monitoreo fue ensamblado y montado sobre una colmena apícola artificial en laboratorio, para realizar las pruebas necesarias, fueron establecidas ciertas condiciones controladas con el fin de evaluar la efectividad del sistema. Las condiciones de temperatura y humedad cerca de los sensores fueron modificadas. También fue simulado el ingreso y partida de abejas a través de los orificios dispuestos en la estructura. Los sistemas desarrollados para la apicultura bajo plataformas tecnológicas embebidas son herramientas eficaces y altamente robustas para realizar tareas específicas de medición de variables físicas y eventos que afectan las colmenas, manejo de información y comunicación para sistemas de monitoreo en campo y remoto a un bajo costo. El Sistema para el monitoreo de variables físicas dentro de la colmena tiene una interfaz fácil de entender y manejar por los productores en campo.

**Palabra(s) Clave:** Arduino, Colmena, Dispositivo de almacenamiento, Sensor, Software.

## **Abstract**

*This document presents the development of a system for the monitoring of physical variables inside an artificial hive, whose purpose is to obtain information about the general state of the hive, send it to a web server where it will be stored in a database. There are certain physical variables within the hive and events on it that affect the health and productivity of bees; the ranges that guarantee the health and stability of the hive for these physical variables were identified. This document shows how this information is obtained and processed to be presented to the end user, on a liquid crystal display and a graphical environment suitable for interpretation.*

**Keywords:** *Arduino, Hive, Sensor, Software, Storage device.*

## **1. Introducción**

La apicultura es el arte de criar abejas para aprovechar sus productos [Espores, 2014], como la miel, polen, propóleos y jalea real. La apicultura en México se encuentra en una situación de crecimiento, la africanización y la varroasis

terminaron con una gran parte de las colmenas existentes, alcanzado hasta dos millones de colmenas para el año 2010. Para ampliar las ventajas que ésta puede ofrecer al sector apícola es necesario difundir conocimiento y aprovechar la tecnología, siempre de la mano con los distintos grupos de interés para contribuir al bienestar, desarrollo y productividad de los apicultores y sus comunidades. México se encuentra enlistado entre los diez principales productores de miel a nivel mundial y es considerado también uno de los principales exportadores; no obstante, durante el 2016, Banxico reportó una reducción del 40 por ciento en las exportaciones, debido principalmente a los efectos del cambio climático en la producción. El propio Banxico señaló en su momento que, a consecuencia de esa contracción, después de 11 años de registros positivos, las ventas del año cerraron en 93.7 millones de dólares. En ese contexto, son de suma importancia los esfuerzos científicos encaminados a la conservación de las abejas y al incremento en la producción de miel. Ejemplo de ello son los hallazgos del investigador Héctor David Jimeno del Instituto Tecnológico Superior de Zongolica (ITSZ) que dan cuenta de nuevas especies nativas o el trabajo de Marco Antonio Álvarez Medina, director del Programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Politécnica de Aguascalientes (UPA), quien encabeza un proyecto para elevar la calidad de la apicultura en México [Bonilla, 2017]. Este artículo presenta el desarrollo e implementación de un sistema computacional de lectura y registro de información de variables físicas que afectan la salud y la productividad de la colonia de abejas melíferas.

## **2. Metodología**

Se desarrolló el sistema utilizando la metodología de análisis estructurado de sistemas, el ciclo de vida del software nos permite entablar una serie de procedimientos mediante las cuales se procede para la realización del mismo. De hecho, gracias a este término, es que se han ido creando los métodos del ciclo del software, que no son otra cosa más que metodologías que indican distintos pasos a seguir para el desarrollo de un producto. Para el desarrollo del sistema para el monitoreo de variables físicas dentro de la una colmena artificial se inició con el

proceso básico del desarrollo del ciclo de vida. El primer punto fue realizar un análisis de los requerimientos del sistema global, en este proceso se buscó que el sistema fuera amigable, que tuviera capacidad de recibir información a través de un archivo de texto creado, por una gama de sensores de temperatura y humedad relativa, instalados dentro y fuera de una colmena, estos envían información y esta a su vez es almacenada y procesada por un micro controlador Arduino mega, como se muestra en la figura 1.

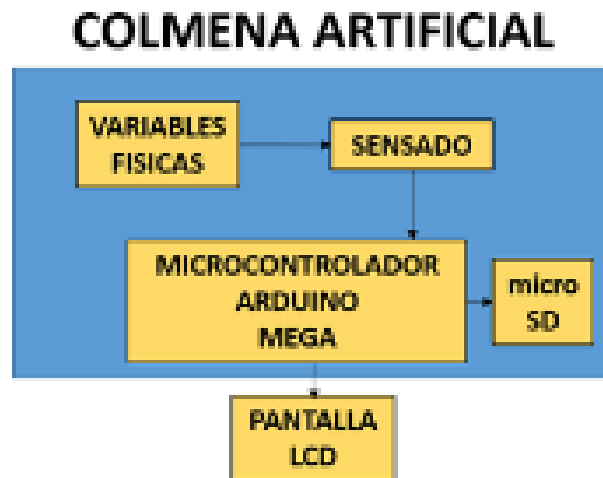


Figura 1 Diagrama para el monitoreo de variables físicas dentro de la colmena.

Con respecto a la información que debe monitorear, esta debe ser de gran importancia para los productores e investigadores. La temperatura es una variable física de gran interés, la colmena debe mantenerse dentro del rango de 34 y 38 °C para una salud y producción estables. Si la temperatura dentro de la colmena aumenta por encima de 35 °C las abejas presentan un comportamiento particular, sacudiendo sus alas para disminuir la temperatura y refrescarse. Si la temperatura dentro de la colmena sigue aumentando, las abejas salen a ventilarla desde afuera. A 45 °C las proteínas de las abejas se coagulan y pierden sus funciones [Valega, 2017]. Con temperaturas inferiores a 12 °C algunas razas de abejas suspenden la puesta de huevos, puesto que las crías requieren de una temperatura mayor y de un ambiente más húmedo (humedad relativa del 80%) que una abeja adulta para sobrevivir; en una situación de frío continuo las abejas

se agrupan en "bolos invernales", con la reina en el centro, para reducir el descenso de la temperatura. El agua es necesaria en la dieta de las abejas para su metabolismo, dilución de miel, usada en la alimentación de las larvas, y para el acondicionamiento del aire al interior de la colmena. El agua es obtenida habitualmente por las abejas de las gotas de rocío en las plantas o encharcamiento, siendo esta última posible fuente de contagio de enfermedades; por ello es aconsejable tener cerca de los apiarios fuentes de agua fresca, un bebedero higiénico bajo sombra y acondicionado de tal forma que permita a las abejas beber sin ahogarse [Portal Apícola, 2014].

Una colonia tiene aproximadamente una población de 60.000 individuos, de los cuales más de la mitad salen diariamente a recolectar néctar y polen [Wikipedia Org., 2017]. Si se identifica de forma efectiva los individuos que salen diariamente de la colmena, se logra aproximar la población dentro de la misma. El conteo de abejas que dejan la colmena puede servir de indicador de ausencia de la reina o presencia de enfermedad. La apertura continua de la colmena genera estrés en la población, afectando las actividades normales al interior. Por ejemplo, cuando la colonia está en proceso de fecundación de una nueva reina, abrir o molestar la colmena podría afectar el proceso [VDocuments, 2017]. Después de investigar los requerimientos del sistema con los productores, se tiene lo que es un análisis de requerimientos, necesidades y funcionalidades, una vez de acuerdo tanto productores como analistas, se procedió al desarrollo del software utilizando el paradigma de desarrollo ágil, ya que hoy en día es uno de los más utilizados. Con la metodología RUP el proceso de ciclo de vida se divide en cuatro fases bien conocidas llamadas Incepción, Elaboración, Construcción y Transición.

Esas fases se dividen en iteraciones, cada una de las cuales produce una pieza de software demostrable. La duración de cada iteración puede extenderse desde dos semanas hasta seis meses. Las fases son: Incepción. Significa "comienzo", pero la palabra original (de origen latino y casi en desuso como sustantivo) es sugestiva y por ello la traducimos así. Se especifican los objetivos del ciclo de vida del proyecto y las necesidades de cada participante. Esto entraña establecer el alcance y las condiciones de límite y los criterios de aceptabilidad. Se identifican

los casos de uso que orientarán la funcionalidad. Se diseñan las arquitecturas candidatas y se estima la agenda y el presupuesto de todo el proyecto, en particular para la siguiente fase de elaboración. Típicamente es una fase breve que puede durar unos pocos días o unas pocas semanas. **Elaboración.** Se analiza el dominio del problema y se define el plan del proyecto. RUP presupone que la fase de elaboración brinda una arquitectura suficientemente sólida junto con requerimientos y planes bastante estables. Se describen en detalle la infraestructura y el ambiente de desarrollo, así como el soporte de herramientas de automatización. Al cabo de esta fase, debe estar identificada la mayoría de los casos de uso y los actores, debe quedar descripta la arquitectura de software y se debe crear un prototipo de ella.

Al final de la fase se realiza un análisis para determinar los riesgos y se evalúan los gastos hechos contra los originalmente planeados. **Construcción.** Se desarrollan, integran y verifican todos los componentes y rasgos de la aplicación. RUP considera que esta fase es un proceso de manufactura, en el que se debe poner énfasis en la administración de los recursos y el control de costos, agenda y calidad. Los resultados de esta fase (las versiones alfa, beta y otras versiones de prueba) se crean tan rápido como sea posible. Se debe compilar también una versión de entrega. Es la fase más prolongada de todas. **Transición.** Comienza cuando el producto está suficientemente maduro para ser entregado. Se corrigen los últimos errores y se agregan los rasgos pospuestos. La fase consiste en prueba beta, piloto, entrenamiento a usuarios y despacho del producto a mercadeo, distribución y ventas. Se produce también la documentación. Se llama transición porque se transfiere a las manos del usuario, pasando del entorno de desarrollo al de producción [Ingenieriadesoftware.mex.tl, s.f.].

### **Descripción de los requerimientos del sistema**

Como primer punto se cuenta con un microcontrolador arduino mega, que permite conectar, programar y administrar los diferentes dispositivos de censado y almacenamiento de datos, temperatura, humedad relativa, medidor de nivel de agua, apertura y cierre de tapa de la colmena, pantalla LCD. Para la adquisición

de la temperatura se optó por el sensor DS18B20. En la figura 2 se muestra un dispositivo que se comunica de forma digital. Cuenta con tres terminales: Vcc, GND y el pin Data. Este sensor utiliza un protocolo de comunicación OneWire, el cual permite enviar y recibir datos utilizando un sólo cable, a diferencia de la mayoría de los protocolos que requieren dos cables. Características del DS18B20 principales son:

- Sensor Digital.
- Resolución de 9 y 12 bits.
- Rango de operación de -50 a 125 °C.
- Precisión  $\pm 0.5$  °C.
- Protocolo OneWire.



Figura 2 Sensor de temperatura DB18S20.

Para leer el sensor DS18B20 con un arduino es necesario utilizar dos librerías que deben ser instaladas antes de cargar el código a la placa de desarrollo. Las librerías son las siguientes:

- Dallas Temperature.
- OneWire.

El sensor de humedad relativa, DHT11. La figura 3 es un típico sensor de temperatura y humedad ambiente en el mundo Arduino, es completamente digital. No requiere una puerta analógica para su lectura. Maneja las siguientes características: Rango de temperatura: de 0 - 60 °C, Precisión de la medida  $\pm 1$  °C, Rango de humedad relativa de 0-60  $\pm 5\%$ , Tensión de funcionamiento 5 V.

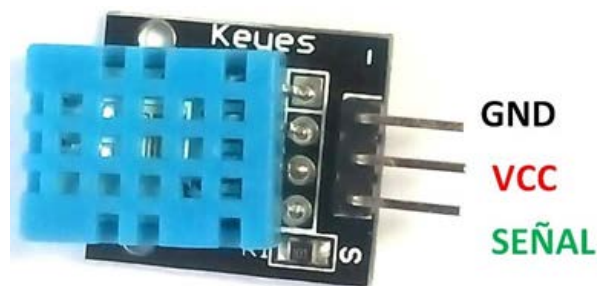


Figura 3 Sensor de humedad relativa DHT11.

Aunque el sensor entrega temperatura y humedad relativa, sólo se utiliza el dato de la humedad relativa porque el rango de operación del sensor de temperatura es muy bajo para las necesidades del proyecto. Para establecer la cantidad aproximada de abejas presentes en la colmena, se implementó un módulo de conteo de población. Usualmente, los apicultores, modifican las colmenas habilitando orificios que únicamente son usados por las abejas como salida. Se instrumentaron dichos orificios de forma que las abejas que pasan por ellos sean registradas. Si el nivel del tanque de suministro de alimento artificial "agua azucarada" en la colmena se encuentra bajo, el módulo ubicado dentro del tanque registrará lo ocurrido y enviará la información al sistema. Al activarse el evento, este dispara una alarma notificando al productor sobre lo que está ocurriendo, tanto en la pantalla LCD como en el servidor. Para tener control de la apertura de la colmena, el sistema registra el momento en que la tapa es retirada y cuando ésta se ubica nuevamente sobre la colmena. Para la interfaz con el usuario, se generó un menú que permite visualizar la información registrada, en forma tabular o gráfica, exportar información en formato JSON, texto, csv, Excel, genera reportes de lecturas, por rangos de fechas, y reporte de alarmas lanzadas en un rango de fechas y el evento que la generó.

### **Diseño e implementación del sistema.**

A partir de los bastidores usados tradicionalmente en la apicultura, donde las abejas forman sus panales de cría y producción de miel, se modificó un bastidor para obtener la información requerida, sin intervenir con el comportamiento habitual de la población. La figura 4 muestra el bastidor y la ubicación de los



sensores. Para el conteo de abejas se creó una estructura, como la que se muestra en la figura 5, que permite calcular la cantidad de abejas que salen de la colmena sin afectar sus actividades. En la figura 6, se ilustra la ubicación general de los sensores en la colmena artificial.



Figura 4 Panel de sensores dentro de la colmena.



Figura 5 Estructura para el conteo de abejas.

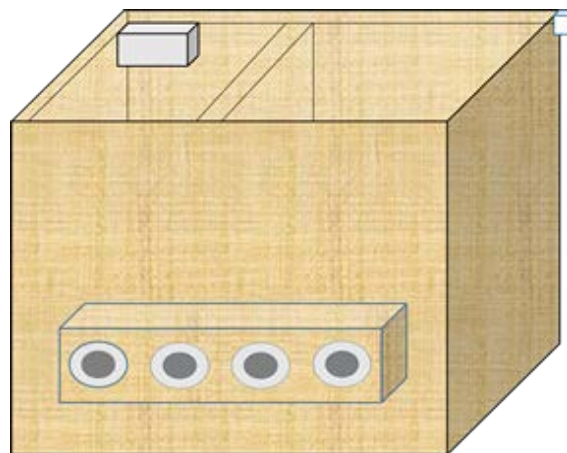


Figura 6 Ubicación de los sensores dentro de la colmena.

### 3. Resultados

El sistema de monitoreo fue ensamblado y montado sobre una colmena apícola artificial en laboratorio para realizar pruebas, como se puede ver en la figura 6. Para las pruebas de funcionamiento, en laboratorio fueron establecidas ciertas condiciones controladas con el fin de evaluar la efectividad del sistema. Las condiciones de temperatura y humedad cerca de los sensores fueron modificadas, así como el nivel del tanque. También fue simulado el ingreso y partida de abejas a través de los orificios dispuestos en la estructura presentada en la figura 5. Dentro de las pruebas realizadas, se retiró la tapa y, posteriormente fue colocada nuevamente en su lugar. Tras realizar los procedimientos anteriores se verificó, que la información fuese visualizada en la pantalla de cristal líquido y que en la base de datos del servidor existieran los registros correspondientes. La visualización en campo tiene en cuenta la indumentaria usada por los apicultores, dado lo anterior se seleccionó una pantalla con iluminación de fondo y de un tamaño adecuado para su lectura en campo (16x2 caracteres), véase la figura 7. En la Región Lagunera de Coahuila y Durango no existen sistemas de monitoreo automáticos, es por ello que este sistema representa un gran avance para los apicultores e investigadores de la región.



Figura 7 Pantalla LCD de 2x16.

### 4. Discusión

La información recabada por el sistema de monitoreo, apoyan la investigación apícola en la Región Lagunera, e impulsan el crecimiento económico en el sector agrícola del país. El sistema de monitoreo, al ofrecer información en tiempo real de colmenas apícolas, facilita y optimiza el trabajo de los pequeños y grandes apicultores en la Región Lagunera. Además de reducir la intervención del hombre

sobre las colmenas, evitando daños en su población y optimizando la producción ya que las abejas no serán sometidas al estrés que ocasiona la apertura y cierre de las colmenas. La construcción y adecuación de un sistema de monitoreo es viable para el apicultor, al no demandar mayores recursos humanos o económicos, presentar soluciones óptimas y contribuye al desarrollo de la actividad apícola en México. La propuesta le permite al productor apícola poder, monitorear las colmenas de forma eficiente y así poder detectar cambios significativos que afecten la producción.

Los sistemas desarrollados para la apicultura bajo plataformas tecnológicas embebidas son herramientas eficaces y altamente robustas para realizar tareas específicas de medición de variables físicas y eventos que afectan las colmenas, manejo de información y comunicación para sistemas de monitoreo en campo y remoto a un bajo costo. El Sistema para el monitoreo de variables físicas dentro de la colmena maneja una interfaz fácil de entender y manejar por los productores en campo.

## **5. Bibliografía y Referencias**

- [1] Estrés en Colonias de la Abeja: <https://goo.gl/WBJYbR>.
- [2] Bonilla, A. (2017). Los diez países que más miel producen en el mundo. México, CONACYT: <https://goo.gl/TYD9T1>.
- [3] Espores (2014) El arte de criar las abejas. España: <https://goo.gl/vdCwxR>.
- [4] Metodologías Ágiles RUP: <https://goo.gl/BA3n8i>.
- [5] OK hosting. (2016). El Ciclo de Vida del Software: <https://goo.gl/gGswYc>.
- [6] Portal Apícola (2014). La importancia del agua para las abejas: <https://goo.gl/pMo8EU>.
- [7] Valega, O. (2017). Estrés en las abejas. Apiservices: <https://goo.gl/t2oMzX>.
- [8] VDocumento. (s.f.). Curso de apicultura: <https://goo.gl/rTXrd8>.
- [9] Wikipedia.org (2017). Colmena: <https://goo.gl/uvfXat>.