

Dispositivo inteligente de comunicación remota para lectura de datos en un apiario con tecnología IoT.

Intelligent remote communication device for reading data in an apiary with IoT technology.

Felipe Ángel Álvarez Salgado (1).
Tecnológico Nacional de México Campus Calkiní – ITESCAM.
falvarez@itescam.edu.mx.

Ricardo Gómez Ku* (2). TecNM/ Calkiní – ITESCAM, rgomez@itescam.edu.mx.

Carlos Omar Chab Lara (3). TecNM/Calkiní – ITESCAM, cochab@itescam.edu.mx.

Carlos Alberto Decena Chan (4). TecNM/Calkiní – ITESCAM, cadecena@itescam.edu.mx.

Irving Dzib López (5). TecNM/Calkiní – ITESCAM, 5524@itescam.edu.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en septiembre 30, 2022; aceptado en diciembre 16, 2022.

Resumen.

Los apiarios inteligentes responden a la necesidad de implantar dispositivos electrónicos en la colonia de abejas de aguijón, Apis Melliferas, para recabar información relevante que le sirva al apicultor en la toma de decisiones y con el propósito de mejorar la productividad y la calidad de la miel. La aplicación de la tecnología permitirá determinar el panorama de cómo se encuentra en tiempo real la colmena; estos sensores son capaces de medir la temperatura, la humedad, el sonido, la luz y movimiento, transfiriendo los datos de las lecturas periódicas a un servidor web que almacena la base de datos para su posterior análisis. Hasta ahora los procesos de producción de la miel, se siguen llevando a cabo de manera artesanal donde los apicultores, realizan visitas periódicas a los apiarios con el propósito de determinar cómo se encuentran las colmenas; con base a la observación y revisión detallada de cada colonia, de forma que pueda saber en qué estado se encuentra el enjambre; buscando determinar la cantidad de la población, cantidad de perculado de celdas, la maduración de la miel, enfermedad de la abeja, producción de crías, recolecta del néctar, pólen, crías de larvas así como producción de abejas reinas entre otras. Sin embargo; éste monitoreo implica: tiempo, dedicación, esfuerzo y especial cuidado para no lastimar o matar abejas durante el proceso de maniobra, de lo contrario no se podría saber cómo se encuentra el panorama general de la colonia.

Palabras claves: Apiarios, Colmena, IoT, servidor.

Abstract.

Smart apiaries respond to the need to implant electronic devices in the colony of stinging bees, Apis Melliferas, to gather relevant information that helps beekeepers in decision-making and with the purpose of improving productivity and honey quality. The application of technology will allow determining the panorama of how the hive is in real time; These sensors are capable of measuring temperature, humidity, sound, light and movement, transferring the data from the periodic readings to a web server that stores the database for further analysis. Until now, the honey production

processes continue to be carried out in an artisanal way where beekeepers make periodic visits to the apiaries with the purpose of determining how the hives are; based on the observation and detailed review of each colony, so that you can know what state the swarm is in; Seeking to determine the amount of the population, amount of cell percolation, honey maturation, bee disease, brood production, nectar collection, pollen, larvae brood as well as queen bee production, among others. Nevertheless; This monitoring implies: time, dedication, effort and special care not to hurt or kill bees during the maneuvering process, otherwise it would not be possible to know how the general panorama of the colony is.

Keywords: Apiaries, Ceehive, IoT, server.

1. Introducción.

Las abejas son uno de los seres vivos claves en la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, esto se debe al equilibrio que dan al planeta; la apicultura está siendo replanteada según la denominación de la especie, pero en el caso de la abeja *Apis Melífera* por su agresividad en el manejo se ha intervenido de manera paulatina, predominando el método de producción tradicional, quedando casi en su totalidad en el proceso de producción artesanal. Diversos estudios recientes apuntan en que la tecnología ha entrado al auxilio de la preservación de la especie, se ha observado que las poblaciones han disminuido hasta un 50, 80% (Ojeda R. & Anguiano R., 2018), observándose un nicho de oportunidades para su estudio y atención.

El Alemán Andreas Nickel, es pionero al desarrollar un programa Planificación de Recursos Empresariales (ERP) en desarrollo de programas de sistemas de análisis (SAP), el cual administra monitoreando las colmenas, indicando la cantidad de néctar que se ha recolectado en determinado tiempo, donde el apicultor conoce si debe tomar la decisión de alimentar en las épocas de frío, éste es capaz de emitir alertas a un dispositivo móvil o a un computador, además de detectar amenazas, falta de alimento, daños externos entre otras tareas (Castro J., 2019).

En México los primeros estudios dados a conocer son la aportación realizada por los estudiantes de la Unidad de Educación a Distancia del Tecnológico Nacional de México (TecNM), Campus Cadereyta de Montes, ellos diseñaron un sistema de monitoreo para la apicultura de precisión con base en el Internet de las Cosas (IoT). El sistema busca generar innovaciones tecnológicas que contribuyan al estudio de colmenas de abejas de la especie europea (*Apis Melífera*) en la zona del Bajío del país (Pérez-Valencia I., 2019).

Las consecuencias que tiene la extinción progresiva de las abejas en todo el planeta repercuten en el deterioro del medio ambiente, la erosión del suelo y la desaparición de otras especies; Al respecto, investigadores de la Universidad de Reading en Inglaterra, afirman que cuatro especies de abejorros se han extinto de toda Europa, y la tendencia señala situaciones similares en Norte América y China (García, J., 2020).

De ahí la importancia de evitar, de distintos modos la extinción de las abejas, y una forma de impedirlo –hay otras– es utilizando IoT en el cultivo de colmenas, ello no sólo para impedir la extinción de una especie sino sobre todo para asegurar la biodiversidad de un espacio donde las abejas coexisten con muchos otros agentes naturales.

Un apiario inteligente consiste en implementar elementos electrónicos que permitan recolectar información a través de la implementación del diseño de un prototipo que estará integrado por sensores capaces de tomar lectura del ruido, temperatura, humedad, movimiento y luz, la cual será enviada en tiempo real a un portal web capaz de almacenar en una base de datos, controlada, por un sistema de gestión de bases de datos (DBMS) las lecturas de los sensores cada determinado tiempo, para posteriormente ser depurada, analizada y graficada para la toma de decisiones.

El objetivo de una colmena inteligente es garantizar una adecuada producción de miel, proteger a las abejas de los procesos de maniobra cotidianos del apicultor disminuyendo la intervención manual, además de determinar factores que afectan la producción y predecir la calidad del producto.

El estudio conlleva a investigar, desarrollar, ensamblar e implantar el prototipo integrado por sensores que se adicionará a la caja de la colonia, los componentes son capaces de leer y registrar el sonido, la humedad, el movimiento, la luz y el calor.

Para ello el apicultor asesorado de un investigador, colocará sensores, micrófonos y routers dentro de la colmena, para detectar y analizar el lenguaje que las abejas producen en el interior, su universo sonoro, con el objeto de analizarlo; Además, los sensores registran en tiempo real la temperatura, humedad, peso y cantidad de miel que genera la colmena, así mismo conocer en tiempo real la situación física de la colmena y es posible analizar estos datos para entender el comportamiento de la colonia y conocer la forma en que las variables de temperatura, humedad, sonido, movimiento y luz intervienen y determinan el proceso de producción de miel, conforme el estudio realizado.

Los sensores registran los datos y éstos son enviados al sitio web alojado en un servidor de tal manera el apicultor puede consultar desde una computadora o desde su celular, siempre y cuando cuente con servicios de internet, siendo de gran relevancia para conocer en tiempo real que está sucediendo con su apiario (Mathas C., 2017).

El apicultor podrá detectar en tiempo real cualquier irregularidad, amenaza o alguna afectación derivada de las inclemencias del tiempo, humedad inadecuada, comportamiento anormal de las abejas o ataques a la colmena de insectos que ponen en peligro a la colonia como son hormigas, avispones, oso hormiguero, aves entre otros depredadores. Estos son detectados de inmediato, lo que le permite tomar las medidas convenientes para resolverlas.

Además, que toda la información que se recaba y examina puede enviarse a otros lugares donde existen apicultores que vivan una problemática similar, con el objeto de crear una red interactiva donde todos los involucrados, se informan y aprenden de otras experiencias.

La tecnología es valorada en la actividad apícola, aceptación que viene a agregar un plus invaluable al proceso de producción de la miel y en consecuencia al rescate de las especies que la producen.

Debido a todas las variantes observadas en la actividad apícola la tecnología ha tenido muy buena aceptación para complementar el proceso de producción y rescate de la especie, además de dar valor agregado con innovación aplicando IoT.

García, J. (2020), afirma que el Internet de las Cosas (IoT) tiene una aplicación tan diversa, que se dice que no tiene límites y es capaz de intervenir en áreas tan distintas como el transporte, la industria, el hogar, la agricultura, los invernaderos y la apicultura, es decir, el cultivo de colmenas inteligentes que utilizan dispositivos de IoT.

2. Métodos.

Implementación de colmenas inteligentes en la actualidad.

Las colmenas inteligentes son de gran ayuda en la actualidad, buscan garantizar una adecuada producción de miel, proteger a las abejas para que realicen su labor polinizadora y entender las razones de la disminución de la población de estos insectos para intentar resolver el asunto a partir de esta información (García, J., 2020).

Para ello el apicultor asesorado de un investigador colocarán sensores, micrófonos y routers dentro de la colmena, para detectar y analizar el lenguaje que las abejas producen en el interior, su universo sonoro, con el objeto de analizarlo; además, los sensores registran en tiempo real la temperatura, humedad, peso y cantidad de miel que genera la colmena.

Con esta información es posible, en primer lugar, conocer a distancia y en tiempo real la situación física y social de una colmena y, en segundo, analizar estos datos para entender el comportamiento de la colmena y conocer la forma en que las variables físicas –temperatura y humedad– intervienen y determinan el proceso de producción de miel.

La forma en que los datos, que registran los dispositivos, se envían a los apicultores es la siguiente: primero son enviados a la nube y de ésta a una computadora o smartphone de los interesados, lo que hace posible que éstos observen en tiempo real la dinámica total de la colmena, incluyendo las condiciones físicas de las abejas y, como decíamos, su productividad (Lozano M., et al., 2017).

Cualquier irregularidad, cualquier amenaza –clima inconveniente, humedad inadecuada, comportamiento anormal de las abejas o ataques a la colmena de insectos depredadores como ciertas avispas– son detectadas de inmediato por el apicultor, lo que le permite tomar las medidas convenientes para resolverlas.

Por lo demás, toda la información que se recaba y examina puede enviarse a otros lugares donde existen apicultores que vivan una problemática similar, con el objeto de crear una red interactiva donde todos los involucrados, se informan y aprenden de otras experiencias.

Con esta manera de proceder, el apicultor no necesita estar en contacto físico constante con sus colmenas, gracias a que los dispositivos de IoT monitorean y analizan prácticamente todo lo relacionado con las condiciones internas y externas del espacio donde las abejas elaboran miel; con ello, además de garantizar la productividad de la colmena se está preservando la existencia de las abejas como especie, en tanto que una de las funciones de éstos dispositivos inteligentes es impedir que su población disminuya y afecte una de las funciones claves de la biodiversidad en la atmósfera: la polinización (Yuan M., 2017).

Diseño de prototipo para la colmena inteligente.

El prototipo diseñado para el desarrollo de la Colmena Inteligente se aprecia en la figura 1, este circuito electrónico consta de 5 etapas, cada uno representa un componente principal para las funciones del estudio, los cuales se describirán a continuación.

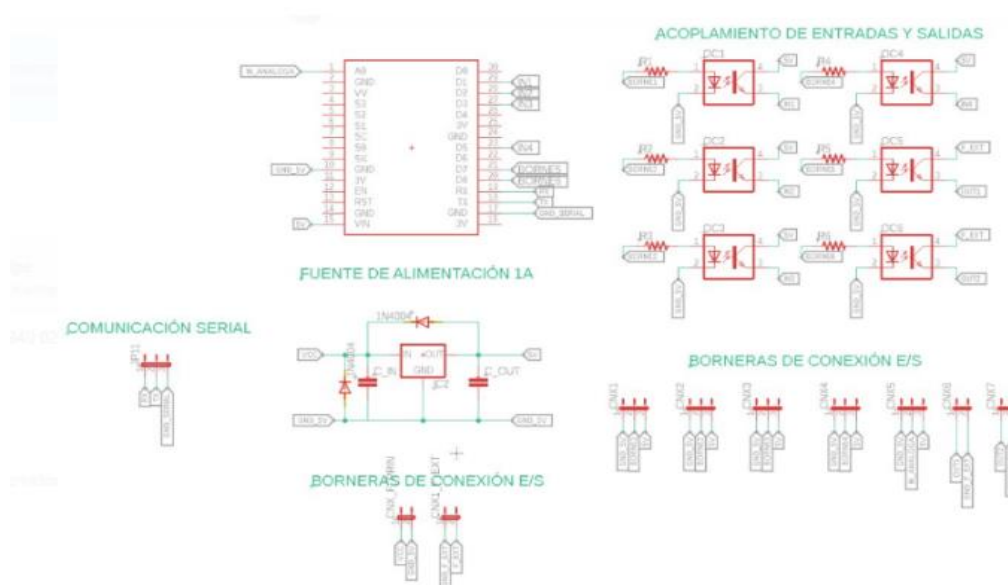


Figura 1. Prototipo para la Colmena Inteligente.

En la figura 2 se aprecia el circuito propuesto. Su funcionalidad es proteger los periféricos de E/S. Esto se debe a que las tarjetas electrónicas presentan problemas de ruido eléctrico, altos voltajes, etc. Para evitar este problema se hace uso de optoacopladores (PNP) los cuales son componentes electrónicos que permiten una conexión eléctricamente aislada entre dos circuitos construidos por un led y un circuito de control activado por luz infrarroja. Una de las principales ventajas principales es su aislación eléctrica ya que su única conexión entre ambos elementos es la luz del led que activa al fototransistor.

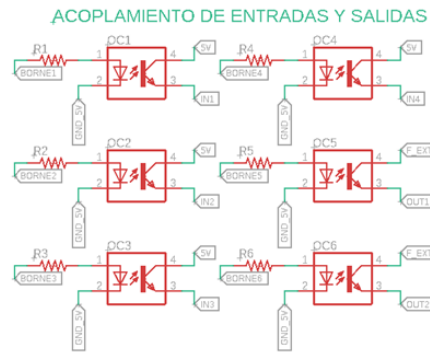


Figura 2. Acoplamiento de Entradas y Salidas.

El circuito de la figura 3, se aprecia la fuente de alimentación, la cual está limitada a un rango de operación de corriente de 1 a 1.5 amperios, este componente lo integra el regulador 7805 con una salida de tensión de 5v, dos capacitores los cuales ayudarán a filtrar el ruido eléctrico, y dos diodos los cuales ayudarán a proteger el circuito cuando se inviertan los polos de alimentación.

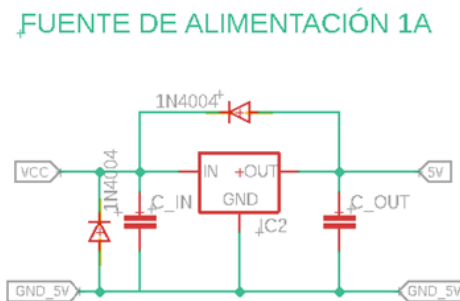


Figura 3. Fuente de Alimentación.

El circuito de la figura 4 representa los bornes de conexión para E/S, los cuales posterior a ello pasarán por los optoacopladores.

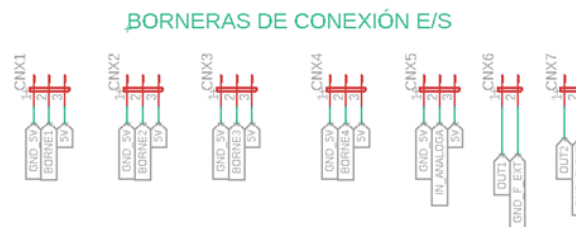


Figura 4. Borneras de Conexión E/S.

En la figura 5 representa el componente principal que tiene como función automatizar nuestro proceso de monitoreo y control, para esta aplicación se emplea el módulo Node MCU el cual integra un módulo Wifi ESP-12F, su principal funcionamiento es similar a una pequeña computadora que incluye sistemas para controlar elementos de E/S. También incluye un procesador y memoria que sirve para guardar el programa y sus variables (Flash y RAM).



Figura 5. Módulo Node MCU.

La figura 6, representa los bornes de conexión de comunicación, circuito que tiene como funcionalidad, expandir el número de E/S según sea el requerimiento del usuario.



Figura 6. Comunicación Serial.

Pruebas realizadas con el Dispositivo (Prototipo).

Después de haber realizado el ensamble de los componentes como se aprecia en la figura 7, el diseño y su estructura son los esperados en el estudio, cumplen completamente con la función deseada, cuenta con sensores previamente seleccionados, estos fueron integrados en la placa, para la lectura de los datos, la alimentación de esta puede durar por mucho tiempo en virtud que el sistema no consume energía en grandes cantidades.

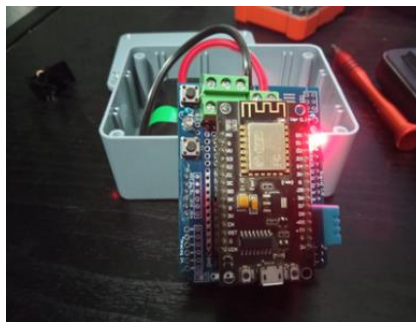


Figura 7. Prototipo en Ensamble.

La figura 8, muestra el diseño de la estructura de plástico para que su implementación fuera más adecuada permitiendo introducir el circuito, esto con la finalidad de darle una protección extra al dispositivo, no afecta ni altera su funcionamiento y genera mayor resistencia a las diferentes maniobras que se hacen en la colmena, su resistencia protege los componentes del circuito.



Figura 8. Prototipo en Ensamble II.

La figura 9, muestra el ensamble final, la caja de plástico queda hermética al asegurarse por 4 tornillos, se puede visualizar un parpadeo de la luz, esto nos indica que el dispositivo está en funcionamiento. Los sensores de humedad y luz por ser artefactos de uso en exterior los cuales deberán ser especiales y con ciertos certificados para no poner en riesgo el prototipo.



Figura 9. Dispositivo Configurado.

3. Resultados.

Previamente conectado a la red, el dispositivo al estar encendido manda los datos a la red y son almacenados en la base de datos, en esta se agrega debidamente la información en su tabla correspondiente y genera, lo que la página web necesita para mostrar (ver figura 10).

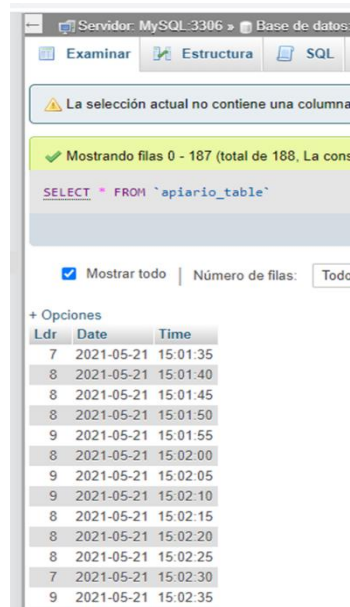


Figura 10. Base de Datos del sistema.

Los resultados que se muestran son la captura de información realizada por el dispositivo (ver figura 11). De esta manera sabemos que todos los sistemas están correctamente comunicados. Esta es la parte final de la comunicación, los datos son mostrados en tiempo real y de igual forma se puede consultar información anteriormente capturada y procesada.

ID	Date	Time
1	2021-05-21	15:01:35
2	2021-05-21	15:01:40
3	2021-05-21	15:01:45
4	2021-05-21	15:01:50
5	2021-05-21	15:01:55
6	2021-05-21	15:02:00
7	2021-05-21	15:02:05
8	2021-05-21	15:02:10
9	2021-05-21	15:02:15
10	2021-05-21	15:02:20
11	2021-05-21	15:02:25
12	2021-05-21	15:02:30
13	2021-05-21	15:02:35
14	2021-05-21	15:02:40
15	2021-05-21	15:02:45
16	2021-05-21	15:02:50
17	2021-05-21	15:02:55
18	2021-05-21	15:03:00

Figura 11. Intensidad de la Luz.

Para el manejo de los datos se recurre a exportar las tablas, lo más conveniente es usar un formato CSV, el cual es compatible con diferentes programas para la interpretación de los datos. Al tener un archivo de este tipo, se facilita ampliamente la posibilidad de compartir esta información con diferentes personas. Actualmente los Archivos CSV se utilizan de varias formas, esto gracias a que permite la elaboración de gráficas al instante, algo muy útil para la interpretación de la información.

Como podemos observar en la figura 12, durante el periodo de prueba, de la base de datos, se obtuvieron las siguientes gráficas en la página web “apiarioproyecto.epizy.com”, mostrando la información almacenada de cada ciclo de tiempo cumpliendo con el objetivo de implementar el internet de las cosas en las colmenas a base de la recopilación y almacenamiento de datos y mostrarlas, siendo una forma ágil de combinar tecnología con la apicultura para mejorar los procesos entre las colmenas y los apicultores y puedan monitorear de manera efectiva su apiario y reducir la pérdida de estas.

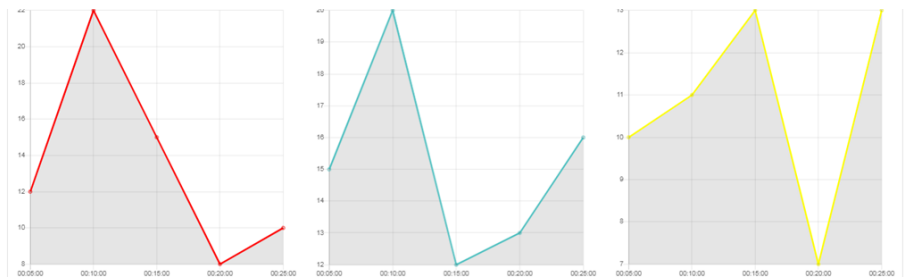


Figura 12. Resultados de Monitoreo.

Conclusiones.

Tener un dispositivo inteligente capaz de hacer que cierta información sea capturada, para que posteriormente sea más fácil de interpretar es un gran logro para cualquier tipo de sistema. En este caso una interfaz con un dispositivo para una colmena es un gran avance en cómo las personas atienden a sus insectos, la información recabada por cada dispositivo es de gran ayuda para el apicultor, esta puede prevenir catástrofes potenciales. Gracias a registros históricos se puede prever situaciones sufridas anteriormente.

Ciertamente las lecturas en las colmenas si pueden ser capturadas y guardadas, más allá de solo estar alimentándose, se puede generar el sistema capaz de conocer su temperatura y otros factores importantes, esto con la finalidad de generar mayor riqueza de miel y salud.

El costo de este prototipo puede variar dependiendo de su alojamiento de la Web y otros conceptos, pero en realidad este sistema tiene un costo bajo de adquisición, a comparación con otros que se asimilan a este, esto ayuda a los apicultores a tener un mejor manejo de sus colmenas con un presupuesto bajo.

Con la hipótesis planteada, tenemos un acuerdo, efectivamente, conocer la información y estado del ambiente de las abejas, mejora de manera considerable la producción de miel, al tener abejas con una taza ya menor que sean afectadas por su entorno, de igual forma esto crea una mejor calidad de miel, representando ganancia para el apicultor.

La recomendación más importante es que al ser un prototipo de cierta manera barato, los componentes no son los adecuados para el uso de exterior, tener dispositivos de uso externo aumentaría su costo, pero de igual forma su eficiencia.

Referencias bibliográficas.

Castro, J. (2019). *Tecnologías SAP ayudaría a salvar a las abejas.* <https://www.larepublica.net/noticia/tecnologia-de-sap-ayudaria-a-salvar-a-las-abejas>.

García, J. (2020). Colmenas inteligentes, la salvación de las abejas llegó con IoT. <https://www.telcel.com/empresas/tendencias/notas/salvar-abejas-con-iot-y-colmenas-inteligentes>

Lozano, M., García-Martínez, C., J-Rodríguez, F. & Marcos H. (2017). Optimizing network attacks by artificial bee colony Trujillo Information Sciences Volume 377, pp. 30–50.

Mathas, C. (2011). *Conceptos básicos sobre sensores de temperatura.* Digikey. <https://www.digikey.com/es/articles/temperature-sensors-the-basics>.

Ojeda, R. & Anguiano R. (2018) Boletín UNAM-DGCS-638: *En grave riesgo las poblaciones de abejas y su polinización, vital en la generación de alimentos.* https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2018_638.html.

Pérez-Valencia, I. (2019) *Internet de las cosas para apicultura de precisión.* <http://www.cienciamx.com/index.php/ciencia/mundo-vivo/25196-internet-cosas-apicultura-precision>.

Yuan, M. (2017). *Conozca MQTT. IBM Developer.* <https://developer.ibm.com/articles/iot-mqtt-why-good-for-iot/>.

Información de los autores.



Felipe Ángel Álvarez Salgado, Profesor investigador del Tecnológico Nacional de México Campus Calkiní- ITESCAM, colaborador de cuerpo académico Innovación Tecnológica, docente frente a grupo y Jefe de División de los programas educativos de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Ingeniería Informática. Docente de Maestría y Doctorado en la Universidad Hispanoamericana Justo Sierra, Campus Campeche. Miembro de la Red de Investigadores Científicos de América Latina y el Caribe (Red ICALC).



Ricardo Gómez Ku, M.Cs., Profesor de Asignatura del Tecnológico Nacional de México Campus Calkiní – ITESCAM. Docente frente a grupo de los programas educativos de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Ingeniería Informática e Ingeniería Mecatrónica. Se ha desempeñado como Secretario de la Academia de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecatrónica. Área de interés Académica y de Investigación en la Especialidad de Ingeniería Eléctrica, enfocada en: La Implementación en FPGA de Algoritmos de Procesamiento de Señales para Comunicaciones, el Procesamiento Adaptativo de Señales e Imágenes, el Dominio de Circuitos Electrónicos de Media Complejidad y Desarrollo de Software para Telecomunicaciones.



Carlos Omar Chab Lara, Profesor de asignatura del Tecnológico Nacional de México Campus Calkiní- ITESCAM imparte catedra en los programas educativos de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Informática en Sistemas computacionales Informática, con maestría en Mecatrónica, experiencia en desarrollo de software y comunicación con dispositivos de telemetría, programación en sistemas embebidos y colaborador en proyectos del Conacyt PEI (Programa de Estímulo a la Innovación). Ha publicado un

artículo de investigación con la temática de paraderos inteligentes. Con su equipo ha diseñado el modelado y desarrollo de sistema para movilidad y transporte público implementando dispositivos de localización GPS.



Carlos Alberto Decena Chan, Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica. Nacido en la ciudad de Campeche, Campeche, México, egresado de la Universidad Autónoma de Campeche como Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica en el año 2007, con una maestría en Ingeniería Mecatrónica en el año 2018 en la Universidad Modelo, además de haber realizado anteriormente una maestría en Ingeniería Administrativa en el año 2007-2009, en el Instituto de estudios Universitarios del Estado de Campeche. Las áreas a fines donde se desempeña son: Electrónica Analógica, Electrónica de potencia y la electrónica digital. El maestro actualmente se desempeña como profesor de asignatura “A”, Actualmente está participando como autor de libros tales como VHDL y FPGA introducción al diseño electrónico digital i lógica combinacional, raspber ry pi 3+ instalación y ejercicios, mis primeros pasos con arduino y johnny five, de igual manera como Asesor de Tesis en el área de Ing. Mecatrónica.



Irving Dzib López, Ingeniero en Mecatrónica y colaborador de empresa.