

ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍA IOT EN MICRO Y PEQUEÑAS EMPRESAS: UNA ALTERNATIVA A BAJO COSTO

ADOPTION OF IOT TECHNOLOGY IN MICRO AND SMALL BUSINESSES: A LOW COST ALTERNATIVE

Marco Antonio Mendoza Castillo

Tecnológico Nacional de México / TES de Jilotepec, México
marco.mc@jilotepec.tecnm.mx

Grisel Jiménez Cruz

Tecnológico Nacional de México / TES de Jilotepec, México
grisel.jc@jilotepec.tecnm.mx

Recepción: 8/septiembre/2024

Aceptación: 20/noviembre/2024

Resumen

En el trabajo se muestra en primer momento que en México las microempresas son en gran medida las que mayormente prevalecen sosteniendo la economía nacional, y que además, hoy en día gran cantidad de estas ya están implementando internet y equipos de cómputo dentro de su infraestructura; sin embargo, cuando se trata de implementar tecnologías más específicas para sus procesos es difícil que estas las adopten por los costos que significan a estas unidades económicas, por lo tanto, este trabajo se centra en implementar soluciones de IoT hechas a la medida de las necesidades de estas microempresas y con costos asequibles, de tal manera que puedan sacar provecho de los avances tecnológicos sin comprometer gran cantidad de recursos económicos. Con el objetivo de determinar la posibilidad de implementar soluciones de IoT, tomando como alternativa la metodología Design Thinking en microempresas con reducidos costos para coadyuvar a las actividades operativas de estas. Para ello se describe brevemente que es IoT y las tecnologías con más presencia en el mercado; así también, se muestran estadísticas de las TIC's usadas en las micro, pequeñas y medianas empresas, esto con la finalidad de conocer en qué medida hoy en día se incorporan tecnologías y considerarlo como punto de partida para la implementación de la solución propuesta. Se presenta

también, la metodología de investigación la cual se centra en investigación aplicada con nivel descriptivo y diseño documental y de campo; y la metodología adoptada para el desarrollo de la propuesta. Finalmente se presentan los resultados, mismos que mostraron beneficios latentes.

Palabras Clave: Internet de las cosas; microempresas, Design Thinking.

Abstract

The work first shows that in Mexico microenterprises are largely the ones that predominate in supporting the national economy, and that in addition, today a large number of these are already implementing the Internet and computer equipment within their infrastructure; However, when it comes to implementing more specific technologies for their processes, it is difficult for them to adopt them due to the costs they entail for these economic units, therefore, this work focuses on implementing IoT solutions tailored to the needs of these microenterprises and with affordable costs, so that they can take advantage of technological advances without committing a large amount of economic resources. With the objective of determining the possibility of implementing IoT solutions, taking the Design Thinking methodology as an alternative in microenterprises with reduced costs to contribute to the operational activities of these. To this end, a brief description of IoT and the technologies with the greatest presence in the market are provided; statistics are also provided on the ICTs used in micro, small and medium-sized enterprises, with the aim of knowing to what extent technologies are incorporated today and considering it as a starting point for the implementation of the proposed solution. The research methodology is also presented, which focuses on applied research with a descriptive level and documentary and field design; and the methodology adopted for the development of the proposal. Finally, the results are presented, which showed latent benefits.

Keywords: Internet of things; microenterprises, Design Thinking.

1. Introducción

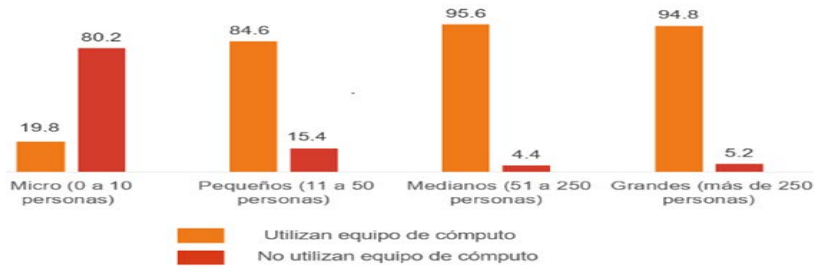
IoT es la abreviatura de "Internet de las cosas". Se refiere a conectar dispositivos y objetos físicos a través de Internet para permitir la recopilación y el intercambio de

datos. Estos dispositivos, denominados "cosas" en el contexto de IoT, incluyen de todo, desde electrónica de consumo y automóviles hasta sensores industriales y dispositivos portátiles. La idea central de IoT es brindar conectividad y capacidades de comunicación a los objetos cotidianos, permitiéndoles interactuar entre sí y con los sistemas informáticos [McEwen & Cassimally, 2014].

Según [Rose, Eldridge, & Chapin, 2015] IoT es la recopilación, el intercambio y, a menudo, el procesamiento de datos sin intervención humana directa con dispositivos como sensores, cámaras, etc. Conectados a redes como Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee e incluso tecnología celular (Internet). Los dispositivos de IoT suelen incluir sensores que recopilan datos del medio ambiente. Estos datos incluyen temperatura, humedad, ubicación, estado, etc. Por supuesto, también son esenciales las plataformas y aplicaciones de IoT que permiten gestionar, visualizar y analizar los datos recopilados por los dispositivos conectados, esta tecnología permite la automatización de procesos y la toma de decisiones basada en datos, a menudo mediante el uso de algoritmos y sistemas de inteligencia artificial, es importante considerar que en este entorno la seguridad es un factor clave para proteger la privacidad y prevenir vulnerabilidades en lo que respecta a las conexiones y transmisiones de datos [Tripathy, 2018].

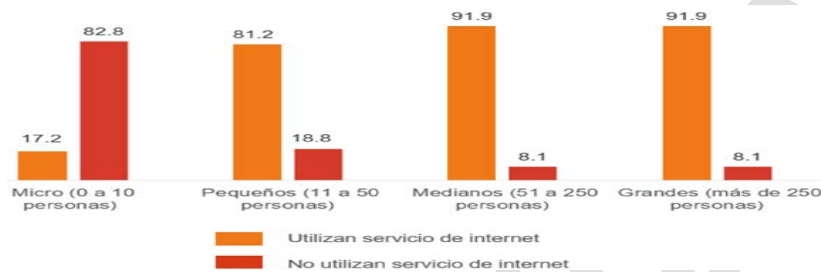
Este trabajo en caso particular se centra en el uso de tecnologías de IoT, para aplicaciones en microempresas o PyMes, y pequeños productores de bienes y servicios.

Para la transmisión, recolección, análisis y visualización de datos a través de aplicaciones móviles y web. Resaltando la importancia de atender el sector de las microempresas, con base a los resultados de los Censos Económicos 2019 [INEGI, 2020] muestran que sector privado y paraestatal de México está conformado por 4 773 995 unidades económicas. De ellas, 95.0% son tamaño micro (0 a 10 personas ocupadas), 4.0% son pequeñas (11 a 50 personas), 0.8% son medianas (51 a 250 personas) y solo el 0.2% restante son grandes (251 y más personas), además, considerando el uso de equipos de cómputo por tamaño (Figura 1) y acceso a internet respecto al tamaño de las empresas (Figura 2), se observa que ya se ha expandido el uso de estas tecnologías.



Fuente: Resultados de los Censos Económicos 2019

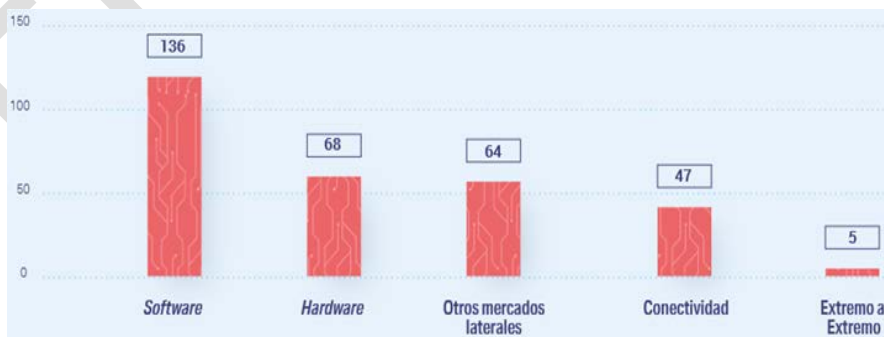
Figura 1 Uso de equipo de cómputo en empresas por tamaño



Fuente: Resultados de los Censos Económicos 2019

Figura 2 Uso de servicio de Internet en empresas por tamaño

Según el estudio de [Cosío Trujillo, et al., 2020] se considera que México cuenta con una oferta comercial de soluciones IoT con cobertura internacional. Un tipo de aplicación que no se ha encontrado en la información disponible en línea en México es la plataforma de servicio de entrega. Las empresas que demandan servicios de TIC (tecnologías de información y comunicación) se clasifican principalmente en aquellas relacionadas con servicios de gestión y control de sistemas e información, gestión de dispositivos, seguidos de servicios profesionales de desarrollo de software y hardware, y plataformas de análisis e inteligencia empresarial, Figura 3.



Fuente: Instituto Federal de Telecomunicaciones.

Figura 3 Empresas que ofrecen soluciones de IoT por categoría

El estudio en mención plantea que uno de los objetivos fue identificar los desafíos, éxitos y expectativas de la industria IoT mexicana desde la perspectiva de las empresas proveedoras de estos servicios, las principales dificultades identificadas son: el elevado costo de los dispositivos; la homologación de equipos hechos en el extranjero; El desconocimiento de la tecnología para su implementación en soluciones; la falta de madurez en el conocimiento de la tecnología; la concentración de mercado; la lenta adopción sobre casos masivos de uso de IoT; los problemas de ciberseguridad, y la disponibilidad de conectividad e Internet.

También se identificaron los siguientes temas principales: Desafíos operativos y de ejecución clave identificados por los encuestados, presentados a continuación: la interoperabilidad con las empresas a las que les han dado servicio (59% han tenido problemas); problemas con la cobertura de las tecnologías de conectividad (59%), un 56% señaló tener problemas con la seguridad y privacidad de los datos y de los usuarios, y la falta de divulgación sobre los beneficios del uso de IoT, la actualización de las tarifas en el mercado, la rentabilidad y la justificación sobre el uso de estos servicios.

Considerando lo anterior, se puede decir que la mayoría de las empresas en México son microempresas o pequeñas y medianas empresas, además, de que un alto porcentaje de empresas cuenta con equipos informáticos y acceso a Internet, por parte de las empresas que prestan servicios para del desarrollo e implementación de proyectos IoT, enfrentan dificultades y desafíos, esto se debe principalmente a los costos de implementación, debido a que, para las micro y pequeñas empresas, su capacidad de inversión es mínima.

Con relación a la interoperabilidad, a través de un hosting tradicional es posible subsanar este desafío a través de comunicación HTTP (Protocolo de Transferencia de Hipertexto), aunado a que este tipo de servicio a menudo ofrece planes de precios fijos o mensuales, más accesibles que una plataforma de IoT, por lo que estos planes son más predecibles y pueden ser adecuados para proyectos pequeños con requisitos de recursos limitados.

Reforzando lo anterior [Vaello, 2023], refiere que los cargos adicionales pueden incluir el registro del nombre de dominio y del certificado SSL (Secure Sockets

Layer) que es necesario para la seguridad del sitio web, algunos proveedores de alojamiento web tradicionales incluyen soporte técnico en sus planes, mientras que otros lo ofrecen como un servicio adicional, por ejemplo, servicios como Amazon Web Services (AWS) utilizan un modelo de precios basado en el uso real de recursos, es decir, se paga por los servicios que se consumen, como instancias de EC2, almacenamiento en S3, transferencia de datos, etc. AWS brinda una amplia gama de servicios, por lo tanto, que ofrece flexibilidad, lo que puede llevar a costos variables dependiendo de los servicios utilizados, también permite escalar vertical y horizontalmente según las necesidades del proyecto, entonces logra ser beneficioso a medida que el proyecto crece.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar la posibilidad de implementar soluciones de IoT, tomando como alternativa la metodología Design Thinking en microempresas con reducidos costos para coadyuvar a las actividades operativas de estas.

La solución está hecha a la medida de las necesidades de una unidad económica productora de vegetales, además, se considera la visualización de datos a través de dispositivos móviles consumidos desde internet que son tecnologías que mayormente incorporan hoy en día.

2. Métodos

La investigación es aplicada, de nivel descriptivo y diseño de campo y documental con un paradigma cuantitativo. Para la población se consideran las micro y pequeñas empresas ubicadas en el municipio de Jilotepec.

En Jilotepec estado de México, en el 2022 había 2,149 unidades económicas, de las cuales 982 correspondían al comercio al por menor (Ayuntamiento Constitucional de Jilotepec, 2024). Por lo que en México y en particular el municipio de Jilotepec que es la población a considerar, la economía esta sostenida por las micro y pequeñas empresas.

La muestra será, no probabilística del tipo intencional ya que se elegirá un negocio de producción de vegetales ubicado en la cabecera del municipio de Jilotepec, que por las características de operatividad es apta para implementar una solución IoT.

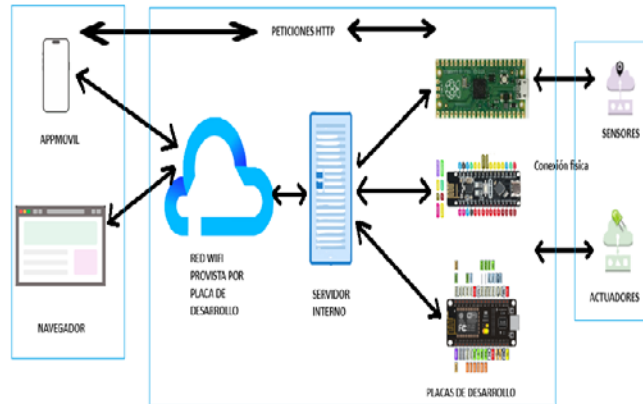
El instrumento para recabar datos será: análisis de registros o documentos y además bitácoras de costos; es decir, se compararán los costos de operaciones cotidianas del antes y después de la implementación de la solución para determinar los beneficios. El método de análisis será a través de estados de resultados de la microempresa.

La metodología Design thinking es un enfoque centrado en el usuario que se utiliza para abordar problemas complejos y crear soluciones innovadoras. Cuando se aplica a proyectos de Internet de las cosas (IoT), la atención se centra en comprender las necesidades y deseos de los usuarios finales y diseñar experiencias que se adapten a su contexto y situación [McEwen & Cassimally, 2014]. Para aplicar esta metodología, la Tabla 1 muestra una analogía de las etapas del Design Thinking, y como se aplicaría en el contexto de un proyecto de IoT. Para validar la factibilidad del uso de Hosting tradicional en aplicaciones IoT, que gestionen los datos a través de aplicaciones Web y / o Móviles, se tomará como propuesta la arquitectura ilustrada en la Figura 4 Arquitectura de desarrollo proyectos IoT, implementados en una red local.

Tabla 1 Design Thinking aplicada a Proyectos IoT.

ETAPA	DESIGN THINKING	APLICACIÓN DE DESIGN THINKING A IOT
Empatizar	Esta fase se centra en comprender profundamente a los usuarios finales, sus necesidades, deseos, frustraciones y contextos de uso.	En proyectos IoT, esto implica entender cómo interactúan las personas con los dispositivos y cómo estos dispositivos pueden mejorar sus vidas.
Definir	Una vez que se han recopilado insights sobre los usuarios, se define el problema a resolver de manera clara y específica.	Se busca identificar oportunidades para mejorar la vida de los usuarios mediante la tecnología IoT, abordando necesidades no satisfechas o problemas existentes de manera innovadora.
Idear	Se fomenta la creatividad y la generación de ideas innovadoras, utilizando técnicas como el brainstorming, la prototipación rápida y el pensamiento lateral.	Se diseñan soluciones que se adapten a las necesidades y preferencias de los usuarios, priorizando la experiencia del usuario y la facilidad de uso
Prototipar	Se crea un prototipo tangible o una representación visual de la solución propuesta	Se crean prototipos de dispositivos y sistemas IoT para validar conceptos antes de la implementación completa
Probar	Se prueba el prototipo con usuarios reales para obtener retroalimentación sobre su eficacia, usabilidad y experiencia de usuario. Se utilizan técnicas como las pruebas de usabilidad y las entrevistas con usuarios para recopilar comentarios y realizar ajustes iterativos	Probar los dispositivos IoT permitiendo ajustes iterativos basados en la retroalimentación de los usuarios.
Implementar	Una vez que se ha refinado y validado la solución, se procede a su implementación y lanzamiento en el mercado	El desarrollo de hardware, software y sistemas de soporte, así como la integración con infraestructuras existentes

Fuente: Elaboración Propia



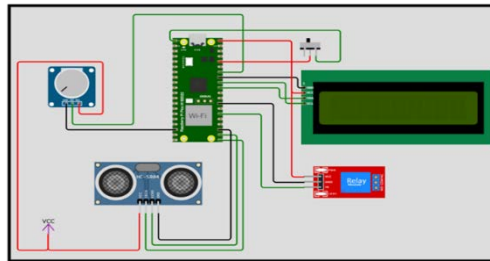
Fuente: Elaboración propia

Figura 4 Arquitectura proyecto IoT, implementado en red local

Se desarrolló un caso de estudio en una microempresa productora de vegetales, que tenía la necesidad de automatizar el riego de sus cultivos, con base a un nivel de humedad de suelo y verificando si se contaba la cantidad necesaria de agua en las cisternas, aplicando la metodología Design Thinking, en la etapa de **empatizar**, se monitorea el grado de humedad de la tierra, en la siguiente que es **definir**, a fin de que a cierto nivel de humedad se active el mecanismo de riego de manera automática para conservar la planta con óptimas condiciones de humedad, ya que esta es una de las necesidades a cubrir, en la etapa de **idear**, además de agregar una interfaz web para visualizar el nivel de humedad de los vegetales, utilizando la conectividad Wi-fi provista por la RaspBerry Pi Pico W, se integra un control de nivel de agua en un depósito, evitando la activación de la bomba de agua en caso de que la humedad sea alta o que el depósito de agua este vacío o con nivel muy bajo. Los materiales usados son: RaspBerry Pi Pico, Sensor ultrasónico HC-SR04, Sensor de humedad de suelo, Relay, LCD 16x2 I2C, Flotador horizontal y Transistor PNP Para el **prototipado** se usó la plataforma Wokwi para bosquejar el circuito, ver Figura 5, para este propósito se sustituyó el sensor de humedad de suelo por un potenciómetro para la simulación; así como, un switch para simular el flotador horizontal.

En la codificación se usaron librerías como network para hacer la conexión a internet y la librería socket para la apertura de puerto para el intercambio de datos de la aplicación local hacia la red de internet, entre otras librerías para el manejo de la

pantalla LCD, es importante mencionar que el código se organizó en funciones, en la Figura 6 se muestra la funcionalidad que captura y envía los datos a través de peticiones http.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5 Circuito Simulado WokWi

```
def serve(connection):
    state = 'OFF'
    mensaje = ''
    pico_led.off()
    porcentajeH = 0
    while True:
        client = connection.accept()[0]
        request = client.recv(1024)
        request = str(request)
        try:
            request = request.split()[1]
        except IndexError:
            pass
        if request == '/lighton?':
            pico_led.on()
            state = 'ON'
            sleep(.5)
        elif request == '/lightoff?':
            pico_led.off()
            state = 'OFF'
            rele2.value(0)
            sleep(.5)
            mensaje = 'Bomba apagada'
        print(request)
        porcentajeH = getHumedad()
        distancia = getDistance()
        if(state == 'ON'):
            if(porcentajeH > 80):
                mensaje = 'Mucha humedad no se activa Bomba'
                pico_led.off()
                state = 'ON'
                rele2.value(1)
            else:
                if(distancia > 30):
                    mensaje = 'No hay agua'
                    pico_led.off()
                    state = 'OFF'
                    rele2.value(0)
                else:
                    state = 'ON'
                    mensaje = 'Regando'
                    rele2.value(1)#rele.value(0)
        sendLCD('Humedad = '+str(porcentajeH)[:2]+' %",0,True )
```

Fuente: Elaboración propia

Figura 6 Código funciones lectura de sensores

En la Figura 7 se visualiza el código que genera la vista web de los datos recabados. La transmisión de datos y su visualización solo requiere de una conexión Wi-Fi-interna; es decir, no requiere Internet.

```
def webpage(humedad, state, msj,distancia):
    #Template HTML
    html = f"""
        <!DOCTYPE html><html><head>
        <title>Control de humedad</title>
        <meta charset="UTF-8">
        <meta http-equiv="Content-Type" content="text/plain">
        <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
        <meta name="title" content="Plantilla Base">
        <meta name="description" content="Genera estructura generica sitio tesji">
        <link href="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@5.2.3/dist/css/bootstrap.min.css" rel="stylesheet"
            integrity="sha384-rbsA2VBKQhggwzxH7pPCaAqO46MgnOM80zW1RWuH61DGLWZJEdK2Kadq2F9CUG65" crossorigin="anonymous">
        <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@5.2.3/dist/js/bootstrap.bundle.min.js"
            integrity="sha384-kenU1KFdBIe4zVF0s0G1M5b4hcxpyD9F7jL+jjXkk+Q2h455rYXK/7HAuoJl+0I4"
            crossorigin="anonymous"></script>
        <script src="https://unpkg.com/chart.js@2.8.0/dist/Chart.bundle.js"></script>
        <script src="https://unpkg.com/chartjs-gauge@0.3.0/dist/chartjs-gauge.js"></script>
        </script>
    </head><body class="container-fluid bg-dark ">
        <div class="row bg-primary bg-gradient bg-opacity-75 align-items-center">
            <center>Control humedad</center>
        </div>
        <div class="row">
            <div class="col-8 align-items-center text-light">
                <div id="canvas-holder" >
                    <canvas id="chart"></canvas>
                </div>
            </div>
        </div>
    </div>
    """
```

Fuente: Elaboración propia

Figura 7 Código visualización de datos

Una vez terminado el prototipo, la siguiente etapa es probar, en esta, se pudo comprobar su funcionamiento, se observó que se resuelve conforme a lo planeado, una vez censado el porcentaje de humedad, éste aparece en el dashboard del usuario y en la pantalla LCD, así mismo muestra la cantidad de agua que hay en el depósito, a través del uso de un sensor ultrasónico, el usuario puede de acuerdo al nivel de humedad observado tener el control para encender una bomba a través del relay siempre y cuando los niveles de humedad no sean altos, ya se tiene una restricción en el código para asegurar que la planta no se riegue de más , el funcionamiento es correcto, los botones de control del dashboard funcionan correctamente, como se observa en la Figura 8.

3. Resultados

Los resultados de la aplicación de la metodología design thinking para el desarrollo de soluciones tecnológicas IoT en micro y pequeñas empresas, fueron beneficios visibles en cuanto a la reducción de costos de operación, se hizo el

análisis de seis meses antes de la implementación y seis meses después de la implementación, al realizar la comparativa, se observó que hay una reducción de un 15% de costos en mano de obra y una reducción de la merma de 5%. Por lo que se corroboran las ventajas de la implementación de tecnologías en las unidades económicas. Cabe destacar que el costo del despliegue de la solución IoT es sumamente bajo, siendo éste de un total de MX\$3000, éste costo es variable y dependiente de la necesidad a cubrir.



Fuente: Elaboración propia

Figura 8 Página de visualización de datos

4. Discusión

Al usar la arquitectura de implementación descrita en la metodología, es posible desarrollar soluciones a medida en las micro y pequeñas empresas con una inversión mínima, utilizando una placa de desarrollo como la Raspberry Pi Pico con módulo Wi-Fi integrado, ya que esta placa al igual que la ESP32 o ESP8266 o la placa Arduino uno más módulo Wi-Fi soportan buena cantidad de dispositivos (sensores o actuadores), sin la necesidad de adquirir infraestructura adicional, además, se puede apreciar como ventaja la movilidad con el soporte Wi-Fi, bajo consumo de energía e incluso escalabilidad.

Para los casos en que se requiere el almacenamiento de datos, se pueden agregar dicha funcionalidad con memorias SD o escalar a un servidor web local usando los mismos equipos de las empresas, conjuntamente, se puede escalar aún más con la contratación de un hosting tradicional para el almacenamiento de datos y la gestión de información desde cualquier lugar, aumentando el costo solo para la contratación del hospedaje web.

5. Conclusiones

La metodología usada fue Design Thinking o pensamiento de diseño, esta se enfoca primordialmente en el usuario siendo útil para resolver problemas confusos y desarrollar soluciones innovadoras, aplicada a proyectos de Internet de las cosas (IoT), se orienta en comprender los requerimientos y necesidades de los clientes de manera certera para así diseñar experiencias que se adapten a su contexto y situación. Se debe destacar que para la implementación de proyectos como el propuesto, derivado a las características de los materiales utilizados, se debe evaluar de manera consciente sobre los procesos factibles para su implementación; considerando el grado de criticidad del proceso, y la carga de trabajo aplicada a los componentes, ya que estos no son industriales, diseñados para trabajo con poca exigencia.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Cosío Trujillo, M., Solache Ramos, T., Esqueda Martínez, R., Ponce Leyva, J., Guarneros Gutiérrez, R., & Terrazas Briones, P. (2020). Instituto Federal de Telecomunicaciones. <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenido-general/estadisticas/analisisexploratorioiotmexico.pdf>
- [2] Gallo, T., Cagnetti, C., & Silvestri, C. (2021). Industry 4.0 tools in lean production: A systematic literature review. *Procedia Computer Science*, 180, 394-403. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.255>.
- [3] Hoyos Chaverra, J. A., & Valencia Arias, A. (2020). El papel de las TICs en el entorno organizacional de las PYMES. *Ciencia y Tecnología en la Sociedad*, 105-122.
- [4] INEGI (2020). Estadísticas a Propósito del Día de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas, <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2020/MYPIMES20.pdf>.
- [5] McEwen, A., & Cassimally, H. (2014). *Designing the Internet of Things*. United Kingdom: John Wiley and Sons, Ltd.
- [6] M. Fauquex, S. Goyal, F. Evequoz and Y. Bocchi, "Creating people-aware IoT applications by combining design thinking and user-centered design methods,"

- 2015 IEEE 2nd World Forum on Internet of Things (WF-IoT), Milan, Italy, 2015, pp. 57-62, doi: 10.1109/WF-IoT.2015.7389027.
- [7] Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L. (2015). La Internet de las Cosas-Una Breve Reseña, Para entender mejor los problemas y desafíos de un. (C. Marsan, Ed.) Internet Society. <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/report-InternetOfThings-20160817-es-1.pdf>.
- [8] Saldaña De Lira, J. D., Bojórquez Guerrero, L. P., Carlos-Ornelas, C. E., & García Pérez, E. (2021). Impacto del uso de las TIC en la Competitividad de las PyMEs en Aguascalientes, México. *Conciencia Tecnológica*.
- [9] Singh, H., & Singh, B. (2023). Industry 4.0 technologies integration with lean production tools: a review. *The TQM Journal*. DOI:10.1108/tqm-02-2022-0065
- [10] Tripathy, B. (2018). *Internet Of Things (IoT): Technologies, Applications, Challenges, and Solutions*. Taylor & Francis Group.
- [11] Vaello Peláez, Juan (2023). Análisis comparativo de costes de migraciones de sistemas de información tradicionales a entornos cloud. Proyecto Fin de Carrera / Trabajo Fin de Grado, E.T.S. de Ingenieros Informáticos (UPM), Boadilla del Monte.