

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TIJUANA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ANTEPROYECTO DE RESIDENCIA PROFESIONAL**

Título del proyecto: **Sistema de evaluación de desempeño en RCP durante prácticas de primeros auxilios en ambientes de simulación con Amazon Alexa.**

Nombre del alumno: **Oliver Daniel Atondo Gastelum**

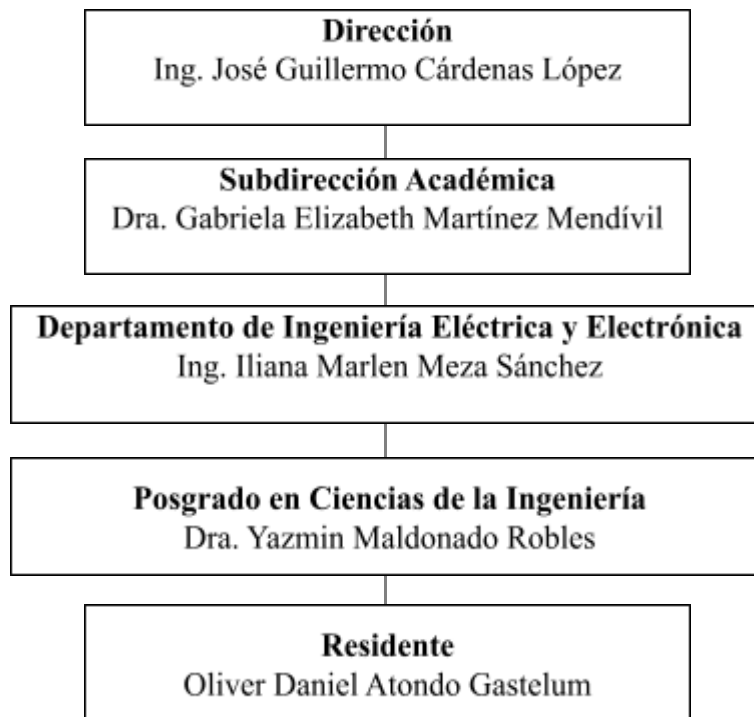
Número de control: **19212369**

Carrera: **Ingeniería Biomédica**

Especialidad: **Tecnologías Biomédicas Aplicadas**

Información de la Empresa, Institución o Centro

- a. Instituto Tecnológico de Tijuana.
- b. Blvd. Alberto Limón Padilla y Ave. ITR Tijuana s/n, Mesa de Otay, C.P. 22430.
- c. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
- d.



Asesor externo: **Dr. Leonardo Trujillo Reyes**

Asesor interno: **Dra. Yazmin Maldonado Robles**

Palabras clave: **Asistente Virtual; Bluetooth; IoT; Servidor; Soporte Vital Básico.**

1. Introducción

Durante el semestre Agosto - Diciembre 2022, dentro del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (DIEE) del Instituto Tecnológico de Tijuana (ITT) se desarrolló en colaboración con la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), un asistente virtual para simulación de escenarios en prácticas de soporte vital básico. El soporte vital básico (BLS por sus siglas en inglés de Basic Life Support) consiste en una práctica de atención recomendada por la American Heart Association (AHA por sus siglas en inglés) durante los primeros auxilios, éste se basa en los eslabones de la cadena de supervivencia, también recomendada por la AHA [1]. La cadena de supervivencia se centra en un elemento muy crítico llamado reanimación cardiopulmonar (RCP). El RCP consta de múltiples compresiones en el área torácica del paciente a un tempo determinado para expulsar sangre del corazón al resto del cuerpo [1-3]. Para capacitar a las personas que aplican RCP es necesario determinar el desempeño de forma objetiva, tomando en cuenta características como la profundidad, posición, frecuencia, entre otros.

Los sistemas evaluadores de RCP utilizados actualmente en la UABC son de la marca Prestan®, que ofrecen una evaluación gratuita dentro de su aplicación móvil tanto para sistemas Android como iOS. Se comunican vía Bluetooth con los maniqués de práctica de la misma marca [4], lo cual puede limitar el uso del equipo por cuestiones económicas o por restricciones en su uso e interfaces con otros sistemas externos desarrollados internamente. El sistema evaluador de la aplicación móvil considera la profundidad de la compresión, la frecuencia y ventilación del practicante, y puede alterar sus niveles de calibración para una mejor retroalimentación [4].

Un sistema de retroalimentación de RCP además de contar con las características previamente mencionadas, debería contar con un sistema interactivo, lo cual involucra un instrumento de captura y una interfaz con el usuario. Dentro de la interfaz de usuario debería haber una forma en la que el usuario no tenga que utilizar sus manos para interactuar de forma física todo el tiempo, en el momento que el individuo comience a practicar estaría utilizando sus manos y solo tendría disponible el uso de su voz. La voz del usuario podría comunicarse con una interfaz inteligente, como lo podría ser una asistente de voz o un asistente virtual.

Un asistente virtual es un sistema capaz de entender comandos por voz natural y realizar múltiples tareas para los usuarios. Las asistentes de voz han logrado realizar tareas como calendarizar eventos, hacer y recibir llamadas, realizar textos, indicaciones en mapas, escuchar noticias, escuchar música, entre otras tareas pequeñas pero útiles. Existen diferentes asistentes virtuales que se han vuelto muy populares en los últimos años, como lo son Siri (Apple), Cortana (Microsoft), asistente de Google, Alexa (Amazon), entre otros. Cada una de las anteriores asistentes son capaces de ser programables por el usuario a través de una API, incluso pueden ser distribuidas en tienda con los permisos correspondientes [5].

Un sistema que opera vía Bluetooth, como lo es el sistema que ofrece Prestan®, es eficiente en cuanto su función de transmitir señales al teléfono, sin embargo, no es capaz de transmitir la información a un servidor en concreto, el Bluetooth es un rango de señales que utilizan la mayoría de los servicios de los celulares y dispositivos de corto alcance, incluso es utilizado en dispositivos como relojes y audífonos [8-10]. El servidor web es el encargado de recibir la información del usuario y transmitirla de vuelta a los clientes, así

mismo, es el encargado de almacenar la información del usuario, así como emparejar conexiones entre otros clientes [6, 7].

Estas tecnologías son elementos importantes en el llamado Internet de las Cosas (IoT por sus siglas en inglés, internet of things). El IoT hace referencia a la comunicación entre objetos físicos como sensores, dispositivos, software o servicios mediante internet u otras redes de comunicación. El IoT describe bien los productos de asistentes virtuales y la domótica en los hogares, involucra redes y electrónica [10-12], por lo que se pueden realizar muchas tareas como bien lo podría ser: realizar un sistema retroalimentativo de RCP mediante el uso de asistentes virtuales.

2. Antecedentes

“El Centro para el Logro de Aptitudes Médicas y Procedimientos por Simulación (CLAMPS) de Tijuana es una institución que forma parte de la Facultad de Medicina y Psicología de la Universidad Autónoma de Baja California, en la que se realizan actividades didácticas para entrenamientos especializados como BLS y ACLS. Dichas prácticas están certificadas por la AHA y así mismo apoyan a todos sus estudiantes a tener mejores experiencias prehospitalarias durante su formación académica, todo con el apoyo de herramientas de simulación” [14]. En el semestre de agosto a diciembre de 2022, se llevaron a cabo pruebas de BLS en el CLAMPS para aspirantes a la certificación oficial de la AHA. Dado el costo de estas pruebas, el no superarlas implica una pérdida económica para los estudiantes o practicantes. Para abordar este desafío, el CLAMPS ha implementado programas de entrenamiento de BLS para mejorar las habilidades de los estudiantes y practicantes externos en pruebas y prácticas reales.

En este contexto, yo, Oliver Atondo, estudiante de Ingeniería Biomédica, junto con Álvaro Ibarra, estudiante de electrónica, desarrollamos un proyecto de asistente virtual utilizando Amazon Alexa para dar instrucciones y funcionar como chatbot en situaciones simuladas de BLS. Este proyecto, asesorado por la Dra. Yazmin Maldonado y el Dr. Leonardo Trujillo, y con la colaboración del Dr. Carlos Vera y la Dra. Michelle Navarro, logró integrar un chatbot que proporcionaba música y videos instructivos sobre RCP. Es crucial mencionar que este sistema, aunque funcional, requiere de mejoras y ampliaciones. El sistema utiliza la API de Alexa SDK, una herramienta central tanto en el proyecto anterior como en la propuesta actual. Esta API permite la creación de aplicaciones de voz que interactúan de manera dinámica y personalizada con los usuarios, siendo fundamental para el desarrollo de asistentes virtuales eficientes.

Este proyecto de Residencia Profesional, que se realiza en el DIEEE dentro del ITT en colaboración con la UABC y el CLAMPS, busca expandir y mejorar el sistema previamente desarrollado. Se planea integrar nuevas funcionalidades y refinar las existentes, asegurando que el sistema no solo proporcione instrucciones básicas mediante el chatbot, sino que también mejore en aspectos como la interactividad y la personalización de las respuestas en escenarios de simulación de RCP. La finalidad es proporcionar una herramienta más completa y efectiva para el entrenamiento en soporte vital básico, consolidando así el trabajo iniciado en 2022.

3. Planteamiento del problema

El problema central que enfrenta el CLAMPS está enfocándose tanto en la educación como en la certificación de habilidades críticas para los estudiantes de medicina, especialmente en la Reanimación Cardiopulmonar (RCP). Este desafío se ve exacerbado por la necesidad de equilibrar la calidad de la formación con la accesibilidad y los costos asociados.

Los sistemas evaluadores de RCP actuales en la UABC, proporcionados por Prestan®, ofrecen una evaluación a través de una aplicación móvil que se comunica con maniqués de práctica vía Bluetooth. Aunque esta solución es funcional, tiene limitaciones en términos de flexibilidad económica y programática para satisfacer las necesidades de evaluación de los docentes. Estos sistemas evalúan parámetros clave como la profundidad de compresión, frecuencia y ventilación, pero su sistema de evaluación podría mejorarse para una retroalimentación más precisa.

Para avanzar hacia una solución más efectiva, se propone un sistema de retroalimentación de RCP que incluya no solo las características mencionadas, sino también un componente interactivo. Este sistema interactivo debería integrar un instrumento de captura y una interfaz de usuario que permita la comunicación por voz, liberando las manos del usuario para la práctica de RCP. La interfaz podría integrarse con asistentes virtuales capaces de interpretar comandos de voz natural, realizando múltiples tareas para el usuario, como la simulación de escenarios, la retroalimentación de la prueba o utilizar un metrónomo.

4. Delimitación

El proyecto de desarrollo de un sistema de retroalimentación para la práctica de Reanimación Cardiopulmonar (RCP) en el ámbito del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (DIEE) del Instituto Tecnológico de Tijuana (ITT) y la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) tiene delimitaciones específicas en cuanto a su alcance y funcionalidades. Estas delimitaciones son esenciales para enfocar los esfuerzos de desarrollo y garantizar la viabilidad y éxito del proyecto.

1. Enfoque en Sistemas y Redes: El proyecto se centra exclusivamente en el desarrollo del sistema de software y las redes necesarias para la interacción del usuario con el dispositivo de medición. Esto incluye la creación de un backend robusto que procesa los datos de medición y gestionará la comunicación con asistentes virtuales como Alexa.
2. Compatibilidad con Dispositivos de Medición Existentes: El sistema será diseñado para ser compatible con dispositivos de medición existentes que sean programables. No se desarrollará ni se modificará ningún instrumento de medición físico como parte de este proyecto. Esto implica que el sistema debe ser adaptable a una variedad de dispositivos de medición estándar en el mercado.
3. Cálculo y Análisis de Datos en el Backend: Todos los cálculos y análisis relacionados con las mediciones de RCP se realizan en el backend del sistema. Esto incluye la interpretación de datos como profundidad, frecuencia y calidad de las compresiones torácicas.
4. Comunicación mediante APIs: El sistema utilizará APIs para comunicarse con

asistentes virtuales y otros sistemas relacionados. Esto permite una integración más flexible y una posibilidad de expansión futura del sistema para incluir más funcionalidades o compatibilidad con otros dispositivos y plataformas.

5. Exclusión de Desarrollo de Hardware: No se incluirá el desarrollo de hardware dentro del alcance del proyecto. El enfoque se mantendrá estrictamente en el software y la infraestructura de red.
6. Limitaciones en la Interfaz de Usuario: La interfaz de usuario estará diseñada principalmente para la interacción a través de la voz, dada la naturaleza de las prácticas de RCP donde las manos del usuario están ocupadas. Esto significa que las interacciones táctiles o visuales serán limitadas o no estarán presentes en el diseño de la interfaz.

5. Objetivos

5.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema web para entrenamiento y evaluación en tiempo real de RCP con base en señales adquiridas vía Bluetooth, utilizando instrucciones por voz y un interfaz de usuario para retroalimentación utilizando el API de Alexa.

5.2 Objetivos específicos

1. Diseñar la arquitectura y esquema de la etapa de comunicaciones del sistema.
2. Desarrollar un módulo para la lectura de señales a través de Bluetooth para recibir información del desempeño del practicante de RCP.
3. Realizar procesamiento de datos mediante un servidor web que almacene, verifique y retorne información al cliente.
4. Desarrollar el sistema de interacción por voz para el control de la aplicación utilizando el API de Alexa.
5. Diseñar la interfaz de usuario en un sistema web para mostrar el avance y dar retroalimentación visual y auditiva.

6. Justificación

El desarrollo de un sistema de retroalimentación para la práctica de Reanimación Cardiopulmonar (RCP) en el Instituto Tecnológico de Tijuana y la Universidad Autónoma de Baja California se sustenta en una necesidad imperante de elevar la calidad y eficacia en la formación médica. Este proyecto es crucial, ya que aborda directamente la preparación de los estudiantes de medicina en una habilidad vital, esencial en situaciones de emergencia. En el ámbito de la enseñanza médica, dominar la RCP no es solo una cuestión de cumplir con un requisito académico; es una competencia que puede significar la diferencia entre la vida y la muerte en un escenario real. Por ello, la implementación de un sistema que ofrezca una retroalimentación detallada y precisa durante las prácticas se convierte en un elemento transformador. Este sistema no solo enriquece la experiencia de

aprendizaje, sino que también asegura que los futuros profesionales de la salud adquieran y perfeccionen sus habilidades de manera efectiva. La inclusión de asistentes virtuales y tecnologías avanzadas en este sistema representa un paso adelante hacia una formación más accesible y flexible. En entornos donde los recursos son limitados o la disponibilidad de instructores especializados es escasa, esta solución tecnológica abre nuevas posibilidades, permitiendo a los estudiantes practicar y mejorar sus habilidades de manera autónoma y eficiente. Además, este proyecto no solo tiene implicaciones inmediatas en la educación médica, sino que también promete contribuir a la mejora de la atención médica de emergencia a largo plazo, profesionales mejor preparados y más competentes en RCP pueden aumentar significativamente las tasas de éxito en situaciones críticas, salvando más vidas. Estos indicadores no solo reflejarán el impacto directo en la formación médica, sino que también evidencian la contribución del proyecto al avance tecnológico en el campo de la ingeniería biomédica y los sistemas de aprendizaje médico.

7. Metodología

Etapas de Planeación

1. Diseño de arquitectura: Durante este paso se elaboran los flujos del sistema, se programan los eventos y se realiza la estructura del proyecto, considerando las necesidades del usuario y las bases de la comunicación entre las interfaces.
2. Establecer comunicación entre diferentes dispositivos: Una vez estén listas las bases de la comunicación entre interfaces se eligen las plataformas y tecnologías compatibles con este sistema, buscando soportar la mayor cantidad posible. Como mínimo se busca establecer un API capaz de soportar varios dispositivos y sistemas como lo es Amazon Alexa.
3. Planeación de costos: Basado en las necesidades establecidas en el paso 1 y 2, con base a los costos de la plataforma que esté ofreciendo los servicios de **hospedaje**, se establece un plan para reducir costos.

Etapas de Compatibilidad

4. Requisitos del dispositivo cliente: En este paso se conocen las limitaciones del sistema frente a los diferentes dispositivos a utilizar, enfocándose en ofrecer las características mínimas de un sistema de retroalimentación de RCP, por lo que se requieren un mínimo de datos a enviar al servidor por parte de los dispositivos, dichas características se establecen desde el **paso 1**.
5. Realización de base de datos: En este paso se realiza el esquema que seguirá la base de datos en donde se almacena la información del usuario y de los clientes en general.

Etapas de Código

6. Programación del servidor web: Se programa un servidor dentro de una máquina virtual en la nube que pueda procesar la información ingresada y devolver información ya procesada a los clientes.

7. Procesamiento de señales: Una vez esté listo el servidor web, dentro de él se puede programar un código capaz de procesar las señales ingresadas e interpretar un resultado del desempeño del usuario.
8. Retroalimentación: Para este punto los resultados ya están completos para ser retornados al usuario y esté obtenga una calificación.
9. Programación de Amazon Alexa: En este punto se desarrolla un código para el asistente de voz Amazon Alexa, donde se comunique con el API programado y así poder dar una retroalimentación mediante la voz.

Etapa de Ejecución

Durante la etapa de ejecución se implementa el API en diferentes dispositivos y sistemas, buscando que se pueda comunicar el usuario. Esta etapa consiste mayormente en realizar pruebas para mejorar aspectos del sistema y ofrecer una mejor experiencia al usuario, de forma que este pueda mejorar sus habilidades de RCP durante prácticas de BLS.

8. Cronograma de actividades

Actividades	Mes	Febrero					Marzo					Abril					Mayo				Junio					Julio				
	Semana	1	2	3	4		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4		1	2	3	4	5	1	2	3	4
Diseño de Arquitectura																														
Establecer comunicación entre diferentes dispositivos																														
Planeación de costos																														
Requisitos del dispositivo cliente																														
Realizar la base de datos																														
Programación del servidor web																														
Procesamiento de Señales																														
Retroalimentación al cliente																														
Programación del asistente virtual																														
Documentación																														
Visitas con asesor interno																														

9. Resultados esperados

Desarrollo de Librería para Emparejamiento de Dispositivos

En la etapa inicial de planeación, el enfoque principal es el diseño y desarrollo de una biblioteca de funciones y comandos. Esta librería estará dedicada a facilitar el emparejamiento eficiente de dispositivos de entrenamiento en primeros auxilios, como maniquíes para prácticas de RCP, con el sistema central. La compatibilidad con una amplia gama de microcontroladores, incluyendo Arduino, Espressif, Nordic, PICs, y otros que soporten ciertas arquitecturas, es un aspecto clave de esta biblioteca. Este desarrollo se basará en estándares meticulosamente definidos durante la investigación del proyecto. El resultado será una herramienta versátil y adaptable, crucial para integrar sin problemas los dispositivos de entrenamiento con el sistema central, mejorando así la interacción y eficiencia en la formación de RCP.

Creación de API y Servidor para Procesamiento de Señales

La segunda etapa del proyecto se centra en el desarrollo de un API y un servidor en la nube. El objetivo aquí es crear un sistema capaz de manejar y procesar eficientemente las señales de entrada provenientes de los dispositivos de entrenamiento en RCP. Este servidor no solo facilitará la gestión de solicitudes y datos de los usuarios, sino que también será esencial para proporcionar una retroalimentación precisa basada en el desempeño de los practicantes. El resultado será un sistema servidor-API robusto y confiable, que sirva como el núcleo de comunicación y procesamiento del sistema. Este componente será fundamental para asegurar una interacción eficaz y una respuesta rápida entre los dispositivos de entrenamiento y el sistema de retroalimentación.

Integración con Amazon Alexa para Capacitación por Voz

La etapa final del proyecto involucra la integración de una interfaz de voz mediante Amazon Alexa, con el fin de ofrecer una modalidad de capacitación y retroalimentación más interactiva y accesible. El propósito es programar y ajustar Amazon Alexa para que funcione en conjunto con el API desarrollado, proporcionando así una experiencia de entrenamiento en RCP a través de comandos y respuestas de voz. Este enfoque innovador busca no solo facilitar la interacción con el sistema, sino también enriquecer la experiencia de aprendizaje de los practicantes. El resultado esperado es una solución integrada y avanzada que utiliza la tecnología de asistencia por voz para mejorar significativamente las habilidades de RCP de los usuarios, haciendo la capacitación más dinámica y efectiva.

10. Perfil de egreso en el que incide el proyecto

Este proyecto de Residencia profesional incide directamente en el siguiente atributo de egreso de Ingeniería Biomédica:

Realizar investigación científica y desarrollo tecnológico. Al diseñar un sistema web que interactúa con dispositivos de entrenamiento para RCP, el proyecto aborda una necesidad crítica de innovación tecnológica en la formación y práctica de primeros auxilios, además, involucra la aplicación de conocimientos avanzados en informática, electrónica y salud, fomentando la investigación en la intersección de estas disciplinas.

Dirigir y participar en equipos de trabajo interdisciplinario y multidisciplinario en contextos nacionales e internacionales. La naturaleza del proyecto exige la colaboración con profesionales de diversas áreas, incluyendo informáticos, médicos, ingenieros electrónicos y especialistas en interfaz de usuario. Esta colaboración interdisciplinaria es esencial para el diseño, desarrollo y implementación efectiva del sistema.

Diseñar e implementar instrumental de alta tecnología para el diagnóstico médico, tratamiento y rehabilitación integral de pacientes. El proyecto aborda directamente la necesidad de mejorar el instrumental tecnológico utilizado en el entrenamiento de primeros auxilios, específicamente en la práctica de RCP. Mediante la implementación de tecnologías avanzadas como IoT y sistemas de comunicación basados en la nube, el proyecto contribuye a la mejora del tratamiento en situaciones de emergencia, lo cual es fundamental para la rehabilitación y la atención médica integral.

Integrar soluciones informáticas en el campo de la Ingeniería Biomédica. Este proyecto ilustra la integración efectiva de soluciones informáticas en Ingeniería Biomédica a través del desarrollo de un sistema web y una API para la comunicación con dispositivos de entrenamiento en RCP. La implementación de esta tecnología informática en un contexto biomédico demuestra cómo las herramientas digitales pueden mejorar significativamente la formación médica y la práctica clínica.

Este proyecto de Residencia profesional a su vez también incide con algunos atributos de las subespecialidades identificadas por la SOMIB (Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica):

Dispositivos de asistencia y Software. El proyecto se centra en el desarrollo de software y dispositivos de asistencia para mejorar la formación en RCP. La integración de estos elementos tecnológicos es crucial para proporcionar una capacitación efectiva y eficiente, demostrando cómo la ingeniería biomédica puede innovar en la creación de herramientas de asistencia médica.

Educación y Entrenamiento. Al centrarse en el entrenamiento de RCP, el proyecto aborda directamente el ámbito de la educación y el entrenamiento en Ingeniería Biomédica. Mediante el desarrollo de un sistema interactivo y accesible, se mejora la calidad de la

formación médica, lo que es esencial para garantizar una atención de emergencia eficaz y profesional.

Ambientes Virtuales. La creación de un sistema web y la integración con asistentes de voz como Amazon Alexa representan un avance hacia la creación de ambientes virtuales en la formación médica. Estos ambientes ofrecen una plataforma innovadora para la simulación y práctica de habilidades clínicas, esenciales en la formación de profesionales de la salud.

Evaluación/Asesoramiento por Tecnologías de la salud. El proyecto contribuye a la evaluación y asesoramiento mediante tecnologías de la salud, ya que el sistema diseñado permite una evaluación precisa del desempeño en RCP. Esto facilita un asesoramiento más informado y basado en datos, mejorando las prácticas de entrenamiento y la calidad general de la formación en primeros auxilios.

Referencias

- [1] F. Ayuso Baptista, "Actualización en soporte vital básico," *Medicina de Familia. SEMERGEN*, vol. 28, no. 8, pp. 436-441, 2002.
- [2] C. Ribeiro, J. Tiago, M. Monteiro and J. Pereira, "SeGTE: A serious game to train and evaluate basic life support," 2014 International Conference on Computer Graphics Theory and Applications (GRAPP), Lisbon, Portugal, 2014, pp. 1-7.
- [3] N. Khunlertgit, "Development of a Performance Visualization Model of Basic Life Support Training with Feedback Devices for Mobile Application," 2018 IEEE 42nd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), Tokyo, Japan, 2018, pp. 323-328, doi: 10.1109/COMPSAC.2018.10251.
- [4] "PRESTAN LATAM", Prestan, 2023. Disponible en: <https://prestanlatam.com>.
- [5] H. Mauny, D. Panchal, M. Bhavsar and N. Shah, "A prototype of smart virtual assistant integrated with automation," 2021 Third International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA), Coimbatore, India, 2021, pp. 952-957, doi: 10.1109/ICIRCA51532.2021.9544101.
- [6] K. -L. Tsai, F. -Y. Leu, L. -L. Hung and C. -Y. Ko, "Secure Session Key Generation Method for LoRaWAN Servers," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 54631-54640, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2978100.
- [7] H. Wang, D. Guo, Q. Wen and H. Zhang, "A Robust Authentication Scheme for Multiple Servers Architecture," in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 111222-111231, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2932181.
- [8] N. Paulino and L. M. Pessoa, "Self-Localization via Circular Bluetooth 5.1 Antenna Array Receiver," in *IEEE Access*, vol. 11, pp. 365-395, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3233130.
- [9] C. Perera, S. Aghaee, R. Faragher, R. Harle and A. F. Blackwell, "Contextual Location in the Home Using Bluetooth Beacons," in *IEEE Systems Journal*, vol. 13, no. 3, pp. 2720-2723, Sept. 2019, doi: 10.1109/JSYST.2018.2878837.
- [10] A. Barua, M. A. Al Alamin, M. S. Hossain and E. Hossain, "Security and Privacy Threats for Bluetooth Low Energy in IoT and Wearable Devices: A Comprehensive Survey," in *IEEE Open Journal of the Communications Society*, vol. 3, pp. 251-281, 2022, doi: 10.1109/OJCOMS.2022.3149732.
- [11] G. Y. Odongo, R. Musabe, D. Hanyurwimfura and A. D. Bakari, "An Efficient LoRa-Enabled Smart Fault Detection and Monitoring Platform for the Power Distribution System Using Self-Powered IoT Devices," in *IEEE Access*, vol. 10, pp. 73403-73420, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3189002.
- [12] T. G. F. Barros, E. F. Da Silva Neto, J. A. D. S. Neto, A. G. M. De Souza, V. B. Aquino and E. S. Teixeira, "The Anatomy of IoT Platforms—A Systematic Multivocal Mapping Study," in *IEEE Access*, vol. 10, pp. 72758-72772, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3189660.
- [13] "Clamps UABC - Portal de Alumnos", Clamps UABC, 2023. Disponible en: <https://alumnos.clamps-uabc.com>.
- [14] "Authors guidelines", *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 2023. Disponible en: <https://www.rmib.mx/index.php/rmib/Autores>.
- [15] "IB Atributos del Egresado", *Tecnológico Nacional de México Campus Tijuana*, 2023. Disponible en: <https://www.tijuana.tecnm.mx/ib-atributos-del-egresado/>.