

Propuesta de Aplicación del IoT para Monitoreo de Niños de Primaria Basado en un Sistema Ciber-Físico

Maricela Morales Hernández¹

moralesh.maricela@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3521-2041>

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Oaxaca
México

Antonio Erick Wong Díaz

antonio.wong.diaz@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-7901-5894>

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Oaxaca
México

Roberto Tamar Castellanos Baltazar

rtcb.r21@gmail.com

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Oaxaca
México

Luz María Mingüer Allec

luz.minguer@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2954-1815>

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Oaxaca
México

Héctor Castellanos Velásquez

Hectorcastellanos429@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-7712-200X>

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Oaxaca
México

RESUMEN

La presente investigación aborda un tema de gran relevancia en la sociedad actual, la seguridad pública, y específicamente, la seguridad de los niños de nivel primaria, acotando la misma al municipio de Oaxaca de Juárez. Se propone monitorear la ubicación en tiempo real de los niños a través de un sistema ciber-físico que, utilizando tecnologías de información, pueda entregar datos para la localización específica del usuario. Los datos se almacenan en una base de datos en la nube para poder estar disponibles tanto para una aplicación web como para una aplicación móvil. La propuesta incluye 5 componentes: el sistema ciber-físico, la aplicación móvil, la aplicación web, la nube y la comunicación entre los componentes. El sistema ciber-físico podrá presentarse como una prenda inteligente que deberá llevar consigo el niño en el tiempo que se requiere mantenerse monitoreado. Con ello, se contribuye a la solución de un problema real.

Palabras clave: sistema ciber físico; IoT; geolocalización

¹ Autor principal

Correspondencia: moralesh.maricela@gmail.com

IoT Application Proposal for Monitoring Primary School Children Based on a Cyber-Physical System

ABSTRACT

This research addresses a topic of great relevance in today's society, public safety, and specifically, the safety of primary school children, delimiting it to the Oaxaca de Juárez municipality. It is proposed to monitor the location of children in real time through a cyber-physical system that, using information technologies, can deliver data for the specific location of the user. The data is stored in a cloud database so that it can be made available to both a web and a mobile application. The proposal includes 5 components: the cyber-physical system, the mobile application, the web application, the cloud and the communication between the components. The cyber-physical system may be presented as an intelligent cloth that the child must carry with him during the time that it is required to be monitored. This contributes to the solution of a real problem.

Keywords: cyber-physical system; IoT; geolocation

Artículo recibido 18 noviembre 2023
Aceptado para publicación: 29 diciembre 2023

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es una propuesta de una aplicación IoT, que a través de un sistema ciber-físico monitorea la localización en tiempo real de niños de nivel primaria con el objetivo de mantenerlos seguros, en un contexto en el que la seguridad pública se ha visto vulnerada para todo tipo de personas, en particular de niños, que diariamente se extravían por diferentes motivos.

La idea de la presente investigación es sentar las bases para una alternativa de solución en la preservación de la seguridad de los niños, usando tecnologías como las prendas inteligentes, y que a través de una aplicación móvil, web y la comunicación entre ellos, permitan alertar a los padres de los niños cuando se presenta una incidencia que puede ir desde el extravío del menor, hasta la comisión de algún delito.

El artículo está dividido en seis secciones, en primer término, se encuentra el estado del arte en el que se encuentra la temática y después de analizar varios artículos de diferentes países, se observan las mismas preocupaciones sobre la seguridad de sus ciudadanos y en particular de sus niños. Posteriormente se identifica la problemática que se quiere abordar, para luego pasar a la descripción de la propuesta. A continuación, se expresan las consideraciones éticas de la propuesta, debido a que el trabajo se desarrolla para un segmento de la población vulnerable, y por ello, se debe mantener la protección de los datos recabados mediante los sensores del sistema ciber-físico.

Se ha agregado también una sección de conclusiones, en la cual se expresan diferentes ideas que surgen de la propia propuesta y de otras propuestas analizadas en la literatura de artículos que diferentes autores han publicado para difundir sus experiencias y hallazgos en el tema. Y, finalmente, se presentan las referencias consultadas, las cuales han sido muy enriquecedoras para poder desarrollar la presente propuesta y delimitar el alcance de la misma, de acuerdo con las experiencias de otras personas que incluso, ya han desarrollado algunos prototipos físicos de sistemas ciber-físicos.

Estado del Arte

La presente propuesta consiste en un sistema ciber-físico (CPS) que a través de sensores estará enviando datos que se almacenan en la nube y se procesan con software para monitorear la ubicación de niños de nivel primaria en el Municipio de Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México,

Por lo anterior es importante definir el concepto de sistema ciber-físico. De acuerdo con Voshmgir

(2020), los sistemas ciberfísicos son mecanismos que se controlan o monitorean a través de algoritmos basados en computadoras, integrados con el internet y sus usuarios. Por otro lado, Rodal (2000), describe a un sistema ciber-físico como aquel dispositivo que integra capacidades de computación, almacenamiento y comunicación para controlar e interactuar con un proceso físico. Los sistemas ciber-físicos están, normalmente, conectados entre sí y también con servicios remotos de almacenamiento y gestión de datos (computación en la nube). Es importante notar, que en ambos conceptos se considera la conectividad de los dispositivos y sus usuarios, y que se habla de un almacenamiento que no es propiedad del usuario, sino, de un tercero que presta tal servicio, entre otros a los que se puede tener acceso a través de la red de Internet.

En relación a la aplicación de los CPS en seguridad y monitoreo de personas, existen diversas propuestas hechas en diferentes países, así por ejemplo, Abbas, Mohammed, Almalki, Hassan y Meccawy (2019) proponen el diseño y fabricación de un sistema ciber-físico que rastree la ubicación de niños a los cuales, las escuelas ofrecen el servicio de transporte, agregando sensores en los autobuses donde se transportan los niños, esto permite saber con precisión la identidad de los niños que se encuentran en el autobús escolar en un momento dado, pero sobre todo si éste sufre algún siniestro.

Por otro lado, Ramachandran, Sahandi, Prakoonwit, y Khan (2016), realizan una revisión de la literatura en cuanto a transporte escolar inteligente, centrándose en la planificación de rutas, vehículos en tiempo real y seguimiento de niños. El enfoque en la planificación y seguimiento de rutas es identificar los problemas prácticos ocultos y las amenazas presentes en el transporte escolar, teniendo en cuenta la seguridad. Revisan los diferentes métodos y tecnologías utilizados para la planificación de rutas y el seguimiento de vehículos y niños. Se proporciona una discusión sobre los marcos actuales junto con los desafíos y la dirección futura de la investigación.

En el tema de sistemas existentes para seguimiento de personas y en particular de niños, Shamuri y Alias (2021), presentan el desarrollo de un sistema portátil basado en GPS (Global Positioning System) y una aplicación Blynk (Blynk es la plataforma de IoT más popular para conectar dispositivos a la nube, diseñar aplicaciones para controlarlos y supervisarlos de forma remota, y administrar miles de productos implementados), para rastrear niños. Lo anterior, ayudaría a los padres a encontrar a su hijo fácilmente. Además, el sistema permite a los usuarios realizar un seguimiento de los niños de forma remota a través

de una red móvil. Esto también permite al usuario obtener las coordenadas de latitud y longitud, para con ello obtener la ubicación del niño. El sistema consta de dos componentes principales: un receptor GPS NEO6M y un módulo NodeMCU. Este último tiene un receptor GPS incorporado que permite el seguimiento de los niños. Esta investigación se acerca bastante a lo que propone el presente proyecto de investigación, con la diferencia de que se está acotando a un grupo específico de edad de los niños de escuelas primarias, que va de los 6 a los 12 años aproximadamente.

También Karthiga, Hemanth, Vigneshwaran y Vikash (2021), proponen en la India, un CPS que contiene un dispositivo GPS, el cual detecta la ubicación física del usuario, una placa Arduino Uno, programada para hacer funcionar el sistema, un módulo GSM (Global System for Mobile communications), que se encarga de enviar un mensaje SMS a un número de celular validado previamente, y, un lector de huella que valida la identidad del usuario (en este caso, el niño).

Así mismo, Benisha et al (2021) proponen en su trabajo de investigación una tecnología avanzada que ofrece “seguridad inteligente para niños”. La idea planteada en su artículo es un CPS que a través de componentes como Arduino, sensores, un dispositivo GSM y un botón de pánico adherido a la ropa del niño puede apoyar a éste en una situación de peligro, la información hace uso de Internet de las cosas (IOT) para poder enviar la información a quien corresponda.

Planteamiento del problema

Hoy en día, la seguridad de las personas ha tomado mayor relevancia, desde conocer las rutas que seguimos regularmente en nuestras actividades cotidianas, hasta mantenernos a salvo de peligros potenciales, esto ha derivado en el estudio de los sistemas ciber-físicos ó CPS (Cyber Physical System), por sus siglas en inglés. Según Tekniker (2020), los sistemas ciber-físicos están, normalmente, conectados entre sí y a su vez conectados con el mundo virtual de las redes digitales globales.

En México, de acuerdo con Aguirre (2019), el Readiness for the Future of Production Assessment 2018 califica a México como un país “legado”, lo que significa que tiene una estructura de producción grande y compleja, pero con facilitadores de producción desfavorables.

Es por eso que en estos últimos años el gobierno federal ha creado iniciativas para que la industria mexicana se integre al modelo de industria 4.0.

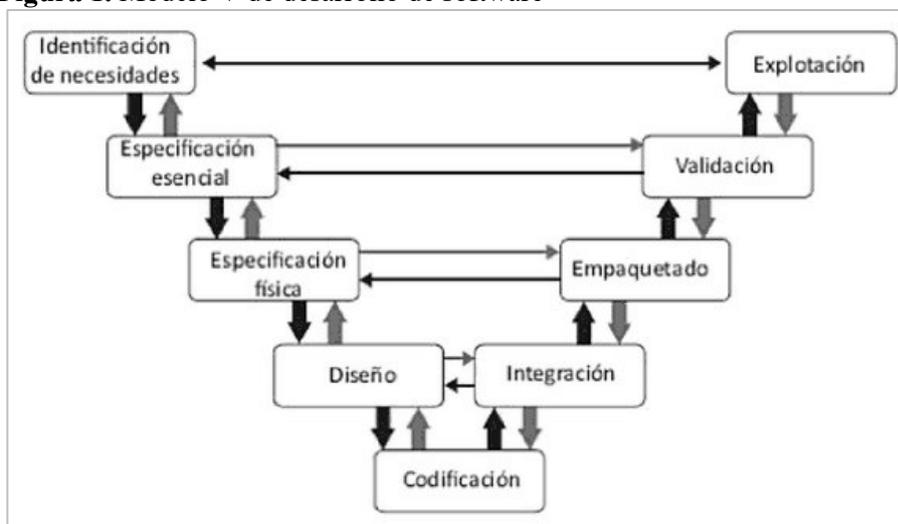
En el estado de Oaxaca, el sector industrial es casi nulo; sin embargo, es posible promover el desarrollo

de aplicaciones de CPS que coadyuven a la solución de problemáticas sociales que se presentan en la sociedad oaxaqueña. Una de las problemáticas importantes es la seguridad de las personas, específicamente de los niños en edad escolar de nivel primaria. Cuando los niños se quedan en los espacios escolares los padres de familia confían en las instituciones delegando la custodia de los mismos, y, por ende, la seguridad de que al concluir su jornada escolar los encontrarán sanos y salvos. Sin embargo, han ocurrido sucesos lamentables donde los niños se extravían o se desconoce su localización precisa, siendo las primeras horas de vital importancia para su localización.

METODOLOGÍA

Dado que se trata de una propuesta, aún no se define una metodología como tal; sin embargo, se puede utilizar la metodología en V. De acuerdo con Abuchar (2023), el Modelo V fue desarrollado por la Administración Federal Alemana para proyectos de software. Es un modelo gráfico que incluye el ciclo de vida de desarrollo de software. Porras, muestra 9 etapas de desarrollo para este modelo, los que se muestran en la figura 1.

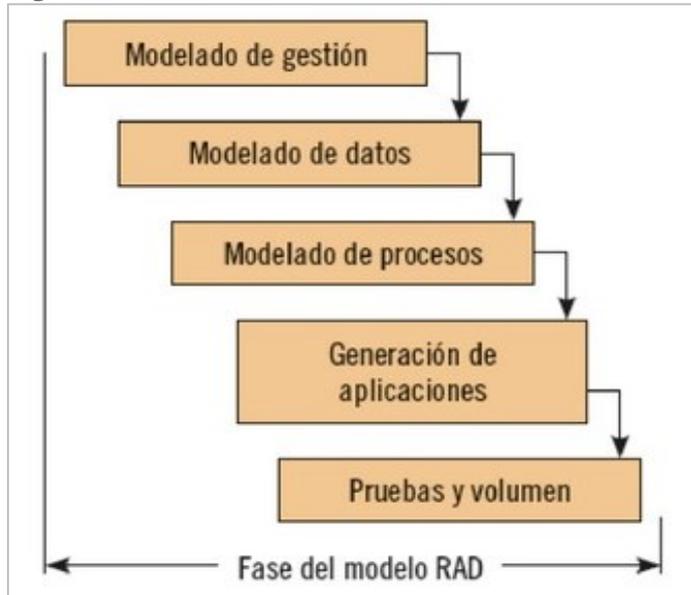
Figura 1. Modelo V de desarrollo de software



Fuente: Porras (2023)

Otro modelo que puede ser aplicado al desarrollo de la propuesta es el modelo de desarrollo rápido (RAD), que según Villada (2023), su objetivo es minimizar el tiempo de desarrollo con base en una versión prototipo, y de forma iterativa integrar la funcionalidad completa con el fin de cumplir con los requisitos de los clientes, como se puede observar en la figura 2, se muestran las fases de este modelo.

Figura 2. Fases del modelo RAD



Fuente: Villada (2023).

Así también puede ser útil, el modelo de prototipos, Alonso, Martínez y Segovia (2005) identifican seis etapas en este modelo, las cuales se resumen como:

1. Recolección de requisitos
2. Diseño rápido
3. Construcción del prototipo
4. Evaluación del prototipo
5. Refinamiento del prototipo
6. Producto

Cualquiera de las tres metodologías para implementar la propuesta sería de utilidad, en los siguientes párrafos se describe dicha propuesta.

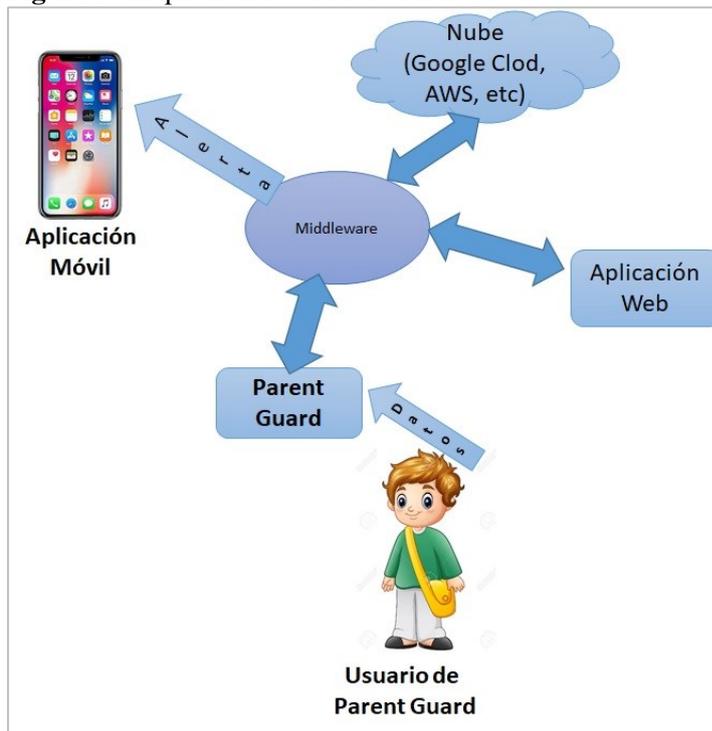
Descripción de la propuesta

La propuesta que se presenta en este caso es un sistema CPS el cual se denomina “Parent Guard”, cuya arquitectura se muestra en la figura 3. Como puede observarse la propuesta tiene cuatro componentes, los cuales se comunican a través del software “middleware” con el fin de homogeneizar los protocolos de comunicación.

Los datos se recabarán cada hora (aunque el tiempo de lectura de las variables de localización, puede ser configurable) y se almacenarán en una nube, la cual puede ser gratuita o pagada, dependiendo de

las limitaciones que pudiera tener un servicio gratuito, como, por ejemplo, el número de accesos al día.

Figura 3. Arquitectura del CPS “Parent Guard”.



Elaboración propia.

Componentes del “Parent Guard”

Ropa interactiva

El dispositivo que porta el niño lo puede llevar como parte de su vestimenta, Wang et al (2019) afirman que la ropa interactiva se origina a partir de dispositivos portátiles y es una rama de desarrollo de la ropa inteligente. En esta investigación se ha pensado que pueda ser una pulsera, un collar o un chaleco. Esta prenda interactiva lleva varios sensores que identifiquen variables como la altitud y longitud que definen la localización geográfica de la persona que porta la ropa inteligente. Existen diferentes aplicaciones para la llamada ropa inteligente, por ejemplo, Sakhare et al (2023) describen un chaleco inteligente que serviría para salvaguardar la seguridad de trabajadores mineros, esta ropa inteligente incluye sensores y actuadores que monitorean la temperatura del trabajador para detectar si éste está en riesgo de sufrir un golpe de calor. Así también, existen varias investigaciones relacionadas a la ropa inteligente en el campo de la salud del usuario de la misma; Chopade, Gupta y Dutta (2023) presentan un análisis de diferentes aplicaciones para monitorear la salud de los pacientes en los hospitales, enfocados principalmente al monitoreo de los signos vitales de los pacientes.

Aunque aún no se cuenta con un circuito totalmente definido para la presente propuesta, este podría tener la apariencia del que a manera de ejemplo se muestra en la figura 4, la adaptación a la ropa inteligente se tendría que definir consultando las prendas que se encuentren comercialmente disponibles.

Figura 4. Circuito para geolocalización con sensores y actuadores



Morales et al (2020)

Aplicación móvil

La función de la aplicación móvil es mostrar al usuario la localización geográfica del niño, y puede ser configurable en tiempo, en principio se puede programar para que envíe datos cada hora; sin embargo, puede reducirse el tiempo de censado si así fuera necesario.

La aplicación podrá recibir los datos para mostrarlos en un mapa interactivo, de tal forma que pueda trazar una ruta para llegar al punto en el menor tiempo posible.

Es importante considerar que los datos que se encuentren almacenados en alguna nube, generan un costo cuando se les consulta, por eso es muy importante que la investigación pueda contar con algún tipo de financiamiento para solventar los costos de mantener las aplicaciones web y los datos en la nube.

Aplicación web

La aplicación web, será la encargada de mostrar en una página web los datos de localización del usuario, y ésta puede estar bajo la gestión de alguna autoridad policial, con el fin de mantener la sincronía en el seguimiento del infante que se desarrolla en la aplicación móvil, de este modo, podrán actuar de forma

más rápida, en caso de una incidencia. Una posible vista de la aplicación web se muestra en la figura 5, en la que se visualizan las principales funciones de la aplicación.

Figura 5. Diseño de la interfaz de la aplicación web.

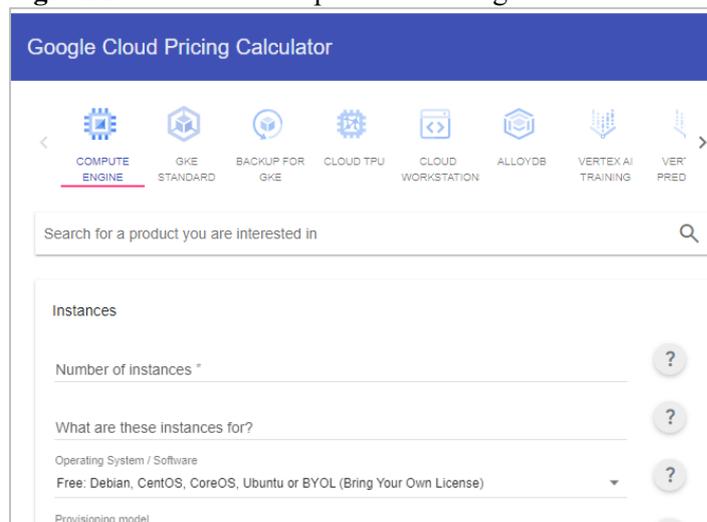


Elaboración propia.

Nube

La selección de la nube puede estar supeditada a varios factores como: presupuesto, funcionalidades, temporalidad, entre otros. Es por lo anterior, que puede trabajarse con una cuenta gratuita como la oferta Google Cloud IoT, y posteriormente adquirir una cuenta con los servicios que se utilicen, ya que de acuerdo con la página oficial de Google Cloud IoT (2023), los clientes nuevos de Google Cloud obtienen \$300 en créditos gratuitos para ejecutar, probar e implementar cargas de trabajo. Todos los clientes pueden usar más de 25 productos gratis, hasta alcanzar los límites de uso mensuales. En la figura 6 se puede ver la interfaz de la calculadora de precios, de acuerdo con los servicios que requiera el usuario de la nube.

Figura 6. Calculadora de precios de Google Cloud.



Google Cloud Pricing Calculator (2023).

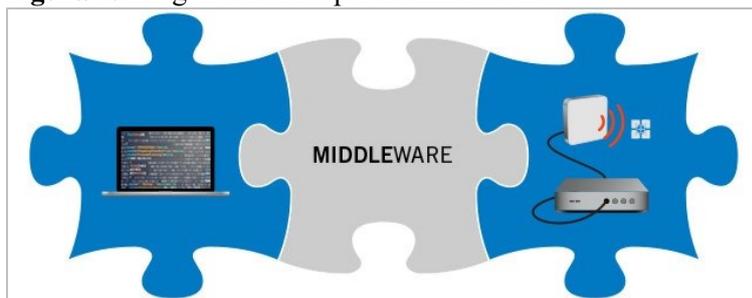
Para la propuesta, se seleccionaría la cuenta gratuita para realizar las pruebas piloto y posteriormente conseguir el financiamiento para adquirir una cuenta que garantice el servicio permanente en la nube.

Middleware

El software de comunicación ente los componentes de esta propuesta tiene como objetivo integrar datos con diferente formato y enviados bajo diferentes protocolos de comunicación. El Middleware es un componente muy importante, ya que sin éste no se podrían comunicar los elementos que conforman la propuesta, mostrados en la figura 3.

En la figura 7, se ilustra el concepto de middleware, en el que se observa claramente que éste es una pieza que debe completar adecuadamente un sistema con otros componentes que son necesarios para lograr el objetivo de monitorear a los usuarios del dispositivo “Parent Guard”, que, en este caso, son niños cuya edad fluctúa entre los 6 y 12 años.

Figura 7. Imagen del concepto de middleware.



Fuente: Sistemas Operativos-WordsPress.com (2016).

Consideraciones éticas

Debido a que la temática a tratar en esta investigación se refiere a la seguridad de niños, es importante garantizar la confidencialidad y protección de los datos que se obtengan a través de los instrumentos de medición. En este sentido se deberá contar con una declaración de protección de datos apegado a las leyes locales y/o nacionales, con el fin de preservar la integridad de los usuarios de “Parent Guard”.

Así mismo se deben respetar las políticas y protocolos de las instituciones, presentando una solicitud formal para poder realizar la recolección de datos de campo. Para ello, se buscarán los medios oficiales para hacer llegar las solicitudes a los funcionarios correspondientes en la estructura de la organización escolar en el municipio de Oaxaca de Juárez, incluyendo al Instituto Estatal de Educación Pública de Oaxaca (IEEPO).

CONCLUSIONES

La intención del presente trabajo es establecer las bases de la investigación, la cual ha sido considerada para realizar la propuesta que se describe en este artículo, después de la revisión de la literatura es posible identificar de forma clara los elementos que deben ser parte del dispositivo propuesto – un sistema ciber-físico denominado “Parent Guard”- en el que se integran herramientas como sensores, microcontroladores o arquitecturas basadas en microcontroladores como lo es la placa Arduino en sus diferentes versiones, tecnologías satelitales como GPS, GSM, SMS, así como el uso de IoT, y todo ello enfocado a preservar la seguridad de niños en edad escolar de nivel primaria; ya que en nuestro país, México, y en particular en el estado de Oaxaca, es preocupante la desaparición de niños cada vez más frecuente.

Una vez que la propuesta pueda realizarse en un circuito físico, comprobar si este dispositivo tecnológico basado en un CPS puede, de alguna manera, prevenir o apoyar en la preservación de la seguridad de los niños, es importante haber revisado diferentes artículos enfocados a tal fin, algunos nacionales y otros internacionales donde ya se han trabajado sistemas basados en CPS para aplicaciones similares, incluso, en la India, ya tienen un sistema semejante, el cual propone que el dispositivo sea parte de la vestimenta del menor; sin embargo, se pueden mejorar, como por ejemplo, con qué tipo de energía funcionan los CPS y cuanto tiempo de autonomía ofrecen. Así también, a esos estudios les ha hecho falta poner en funcionamiento los prototipos y observar los resultados que arroja el CPS y si éste responde a las necesidades de los usuarios, que sería otro aspecto que se puede agregar. Y, con los datos obtenidos del CPS, almacenarlos en algún formato para darles un tratamiento posterior, para así, obtener conocimiento de los mismos. Un ejemplo de la información que podemos obtener del análisis de los datos generados por el sistema serían las zonas donde ocurre mayor número de incidencias, o en qué porcentaje el sistema acierta o falla.

El poder realizar un análisis de lo que ya se ha investigado en relación a este tema, enriquece el conocimiento sobre el mismo, pero, además, da la oportunidad de explorar nuevas propuestas si la propia ya ha sido abordada por otras personas.

El presente trabajo también puede ser de utilidad para la academia, pues presenta una integración de diferentes áreas del conocimiento para abordar un problema real de nuestra sociedad actual.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alonso, F., Martínez, L. y Segovia, F.J. (2005). Introducción a la Ingeniería del Software. España: Delta Publicaciones.
- Abbas, S., Mohammed, H., Almalki, L., Hassan, M., Meccawy, M. (2019). A safety tracking and sensing system for school buses in Saudi Arabia. Arabia Saudita. Periodicals of Engineering and Natural Science, Volume 7 (number 2), pp 500-508.
- Abuchar, A. (2023). Metodologías ágiles para el desarrollo de software. Colombia: Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Aguirre (22 NOVIEMBRE 2019). Blog H2OWorks: Nuevos retos: competitividad de México en la economía digital. <https://www.h2oworks.mx/blog/nuevos-retos-competitividad-de-mexico-en-la-economia-digital>.
- Benisha M., Thandaiah, P. R., Gowri, M., Vishali, K., Divya, P.R., Anisha, M., Ponmozhi, C. y Jim, E.C. Design of wearable device for child safety. 2021 Third International Conference on Intelligent Communication Technologies and Virtual Mobile Networks (ICICV). pp.1076-1080
- Google Cloud IoT (2023). Lista de precios. <https://cloud.google.com/pricing/>
- Google Cloud Pricing Calculator (2023). Google Cloud. <https://cloud.google.com/products/calculator>
- Karthiga, M., Hemanth, K. R., Vigneshwaran, G. y Vikash, K.S. (2021). Safety device for children in danger using IOT. International Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education. Volumen (7), pp 833-838
- Morales, M., Jiménez, A., Hernández, A.C. y Sánchez, C.A. (2020). Alarma Inteligente para prevenir el robo de bicicletas en la Ciudad de Oaxaca. Revista de Ingeniería Tecnológica. Diciembre 2020. Vol 4, No. 14, pp 1-12.
- Ramachandran, M., Sahandi, R., Prakoonwit, S. y Khan W. (2016). Intelligent Safety Transport Framework for Schools: A Review of Route Planning and Tracking Systems. MATEC Web Conf, Vol 81, pp 1-7.
- Sakhare, S.A., Kale, A.A., More, D.G., Kumkar, P.A., Mirase, J.M. y Sahu, U.S. (2023). Smart Wearable. Safety Jacket. International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology. April 2023. Vol 3, Issue 5, pp 8-14.

- Rodal, E. (2020). *Industria 4.0. Conceptos, tecnologías habilitadoras y retos*. España: Ediciones Pirámide.
- Shamuri, M. N, Alias, R. (2021). Design of Tracking System for Kids. *Evolution in Electrical and Electronic Engineering*, Vol. 2 (No. 2), pp. 385-392.
- Chopade, S.S., Gupta, H.P. y Dutta, T. (2023). Survey on Sensors and Smart Devices for IoT Enabled Intelligent Healthcare System. *Wireless Personal Communications*. June 2023. pp. 1957–1995.
<https://doi.org/10.1007/s11277-023-10528-8>.
- Sistemas Operativos-WordPress.com (15 de octubre 2016). *Sistemas Operativos*.
<https://chso sunal20162913052.wordpress.com/2016/10/15/middleware/>
- Tekniker (2020). *Tekniker. Areas de Investigación: Sistemas Ciber-físicos*.
<https://www.tekniker.es/es/sistemas-ciber-fisicos>
- Villada, J.L. (2023). *Desarrollo y optimización de componentes software para tareas administrativas de sistemas*. IFCT0609. 1a Edición. España:IC Editorial.
- Voshmgir, S. (2020). *Economía del Token: Cómo la Web3 reinventa Internet*. Alemania: Editorial Token Kitchen
- Wang, W., Fang, Y., Nagai, Y., Xu, D. y Fujinami, T. (2019). Integrating Interactive Clothing and Cyber-Physical Systems: A Humanistic Design Perspective. *Sensors*, 20(1), 127. MDPI AG.
<http://dx.doi.org/10.3390/s20010127>