



TITULO:

"Desarrollo de instrumentos de medición de gases y material particulado de bajo costo para seguridad, salud e higiene industrial con sistema de medición IoT para ambientes laborales".

**FACULTAD DE
INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y PRODUCCIÓN**

RESPONSABLE ACADÉMICO:

Ing. Andrés Rogelio Lara Calle. MSc.

23 de agosto del 2023

A. DATOS GENERALES DEL

PROYECTO:

Título del proyecto:

" Desarrollo de instrumentos de medición de bajo costo para seguridad, salud e higiene industrial con sistema de medición IoT para ambientes laborales ".

Centro de investigación / Unidad académica:

Ingeniería Industrial

Duración: 12 MESES

Áreas de conocimiento UNESCO:

Salud y bienestar.

Coordinación de apoyo

Facultad de Ciencias de la Salud y Bienestar Humano.

Carrera de apoyo

Psicología.

Áreas conocimiento UNESCO

Salud y Bienestar.

Fuente de Financiamiento

Universidad Indoamérica y propio.

Líneas de investigación

- SALUD, BIENESTAR, CALIDAD DE VIDA Y NEUROCIENCIAS
- SEGURIDAD, SALUD LABORAL Y AMBIENTE
- SOFTWARE Y GESTIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

B. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Resumen

La seguridad e higiene industrial son elementos críticos en entornos laborales para prevenir accidentes y garantizar condiciones de trabajo seguras. Sin embargo, la implementación de sistemas de medición y control tradicionales puede ser costosa y compleja. Este proyecto se enfoca en el desarrollo de instrumentos de medición de seguridad e higiene industrial de bajo costo, utilizando la tecnología IoT para mejorar la eficiencia y la efectividad en la gestión de la seguridad en entornos industriales. El problema radica en la falta de herramientas asequibles y efectivas para medir y controlar los riesgos laborales en entornos industriales en el desarrollo de competencias del Ingeniero Industrial. Los costos y la complejidad de los sistemas tradicionales limitan su adopción, dejando a los trabajadores y las empresas expuestos a riesgos significativos. El objetivo es diseñar, construir y desplegar instrumentos de medición de seguridad e higiene industrial de bajo costo basados en IoT. Esto implica el desarrollo de dispositivos de medición económicos, la implementación de una plataforma IoT para la recopilación de datos en tiempo real y la creación de un software de análisis de datos. La metodología se basa en el uso de sensores económicos y hardware reutilizable cuando sea posible. Se diseñarán y construirán dispositivos de medición específicos para diferentes riesgos laborales. Estos dispositivos se conectarán a una plataforma centralizada a través de conexiones inalámbricas para el monitoreo en tiempo real. Los resultados incluyen la creación exitosa de dispositivos de medición de bajo costo, su implementación en entornos industriales y la recopilación de datos en tiempo real. Se desarrollará análisis de datos que procesará de la información recopilada y generará informes detallados con la publicación de artículos científicos. Los datos recopilados permitirán a las empresas identificar áreas de mejora en sus prácticas de seguridad. Este proyecto demuestra que es posible desarrollar instrumentos de medición de seguridad e higiene industrial asequibles y efectivos utilizando tecnología IoT desde la competencia del Ingeniero Industrial. La solución propuesta ofrece una alternativa económica a los sistemas tradicionales, mejorando la seguridad laboral y facilitando el cumplimiento de las regulaciones.

Palabras Claves

Higiene, Industria, IoT, medición, seguridad, sensores.

Estado Arte

La norma UNE 171330-1 define la calidad de aire interior como las condiciones ambientales adecuadas para el usuario y la actividad en espacios interiores, las cuales son determinadas por los niveles de contaminación físicoquímica y microbiológica del aire. El término "aire interior" se refiere al aire respirado en espacios cerrados no industriales, como edificios de oficinas, establecimientos públicos (como escuelas, hospitales, restaurantes y teatros) y hogares particulares.

Una parte considerable del día de las personas se pasa inhalando el aire en ambientes cerrados de manera natural, en los cuales pueden originarse múltiples sustancias contaminantes provenientes de diversas fuentes, lo que podría agravar la pureza del aire y constituir un importante riesgo para la salud de la población en general. (Bouza et al., 2022).

Una rama de la ingeniería industrial es la seguridad e higiene industrial, por lo cual se generan estudios de los factores humanos y los cambios que sufren a causa de riesgos presentes en los puestos de trabajo, estos afectarían la salud de los trabajadores, así, Moreno Medina, 2022 asegura que de una muestra de 55 docentes la prevalencia de sobrepeso es 42% y de obesidad del 18,0%, siendo más crítico para los hombres, causado por el trabajo virtual generado en la pandemia, a su vez el desarrollo de un medidor de índice WBGT para medir variables de confort térmico de bajo costo permite determinar valores de temperatura para controlar ambientes de trabajo que pueden visualizar de forma gráfica desde un navegador web y desde cualquier parte del mundo observables un plataforma IoT de ThingSpeak a través del acceso a internet (Varela-Aldás et al. 2022).

Durante la última década, numerosos investigadores se han enfocado en la actualización tecnológica de las industrias de medio ambiente, salud y seguridad (EHS). En este contexto, el Internet de las cosas (IoT) ha sido utilizado para conectar distintos sensores y proveedores de atención médica, lo que ha permitido la prestación de servicios médicos remotos de alta calidad. Esta innovación ha mejorado la seguridad de los pacientes, reducido los riesgos asociados con las industrias de EHS, aumentado la disponibilidad de servicios de atención médica y mejorado la eficiencia operativa en el sector de la salud. Sin embargo, la implementación del IoT en las industrias de EHS en la Industria 4.0 también ha presentado desafíos que deben ser abordados (He, He y Wen 2023)

Además, se ha utilizado el internet de las cosas IoT como objetivo principal prevenir accidentes de tráfico, para ello se ha implementado un sistema de sensores que permite detectar distintos factores de riesgo. Entre los sensores utilizados se encuentran el de ubicación de licor, el de parpadeo ocular, el de control de velocidad excesiva, el de temperatura y el de ritmo cardíaco. Asimismo, se han instalado sensores en el volante y una cámara para detectar la somnolencia, la velocidad del vehículo, la salud del conductor, el consumo de alcohol y el comportamiento imprudente en la conducción. Gracias a esta tecnología avanzada, se busca prevenir accidentes y promover la seguridad en las carreteras (Pravinth Raja, Blessed Prince y Jen Loveshum 2023)

En el ámbito deportivo, se han desarrollado dispositivos de recolección de energía asistidos por IoT para monitorear la salud de los deportistas (IoT-EHDS). El sistema probabilístico para la recolección de energía en dispositivos IoT para el monitoreo de la salud deportiva se ha convertido en una herramienta fundamental. La recolección de energía en estos dispositivos se logra mediante el marco probabilístico (PF), que permite una interrupción mínima por parte del usuario al interactuar con la recolección de energía versátil y el procedimiento de demanda del marco. El PF facilita la obtención sin problemas de los marcos de acuerdo con el comportamiento actual del usuario desde el dispositivo final. Para obtener los parámetros de los dispositivos deportivos se utiliza un método de recolección de energía que se clasifica y evalúa en términos de la probabilidad de rendimiento cuantitativo (Zeng, Martínez y Crespo 2021).

El internet de las cosas se ha venido desarrollando en favor del ser humano y su ergonomía laboral, se ha desarrollado un sensor innovador capaz de detectar y registrar de manera autónoma los movimientos de las personas en un entorno de oficina, con el propósito de monitorear su comportamiento sedentario. Este sensor ofrece la posibilidad de recopilar información precisa sobre la actividad física de una persona y analizarla para identificar patrones de comportamiento sedentario y promover hábitos más saludables (Maiti et al. 2023).

Además, en la búsqueda de mejorar el confort térmico, se ha creado una solución innovadora e inteligente para construir un modelo de confort térmico, basada en tecnologías de punta como el BIM, IoT, Machine Learning y centrada en la experiencia del usuario. Para lograr esto, se diseñó un modelo BIM personalizado capaz de integrar flujos de datos de los dispositivos IoT y las preferencias térmicas especificadas por el usuario a través de una aplicación móvil fácil de usar. De esta forma, se logra un análisis preciso y en tiempo real de los datos recopilados para construir un modelo de confort térmico personalizado y

eficiente, que satisfaga las necesidades y preferencias del usuario de manera óptima (Kanna, AIT Lachguer y Yaagoubi 2022).

Como también para controlar la iluminación en las empresas, se ha creado un sistema de control de iluminación que utiliza una red de sensores inalámbricos para lograr una arquitectura compatible con los requisitos de Internet de las cosas. Este sistema se enfoca en crear un ambiente de trabajo inclusivo que promueva el bienestar físico y mental de los trabajadores. El sistema cuenta con un nodo ad-hoc diseñado específicamente para interoperar con sistemas de control de iluminación estándar, permitiendo su integración y la posibilidad de monitorear y controlar el sistema de forma remota a través de una plataforma web (Pierleoni et al. 2022).

El internet de las cosas se ha venido utilizando para el control de contaminación del medio ambiente por el monóxido y dióxido de carbono, se ha desarrollado una solución para medir y controlar el nivel de monóxido de carbono en los vehículos que se utilizan para el transporte en los bulevares. Esta solución emplea el sensor de gas MQ-7, capaz de detectar la presencia de monóxido de carbono, una sustancia tóxica en el aire barométrico. De esta manera, se logra detectar y detener el nivel de esta sustancia en el vehículo, asegurando un ambiente saludable para los pasajeros y el conductor (Etier, Anci Manon Mary y Kannan 2022), en este sentido en la industria se ha demostrado cómo se puede monitorear los niveles de CO₂ en una cervecería artesanal australiana utilizando un sistema recientemente desarrollado, este sistema está compuesto por tres nodos de sensores de Internet de las cosas (IoT) ubicados estratégicamente en diferentes secciones de la cervecería, lo que permite obtener datos precisos y detallados sobre la concentración de CO₂ en todo momento. De esta manera, se garantiza un ambiente seguro y saludable para los trabajadores y se puede controlar el proceso de producción de la cerveza en tiempo real, lo que mejora la calidad del producto final (Hawchar, Ould y Bennett 2022).

En un estudio de la carga de trabajo mental con sensores e internet de las cosas, los datos muestran la importancia de considerar las expectativas de los empleados en cuanto a las mejoras en el diseño del lugar de trabajo y su bienestar, así como las preocupaciones relacionadas con la privacidad y la soberanía, al momento de implementar sistemas de monitoreo de la carga de trabajo. Estos aspectos deben ser tomados en cuenta para asegurar una implementación efectiva y aceptable de estos sistemas en el entorno laboral (Pütz et al. 2022).

La calidad del aire en los lugares de trabajo es una cuestión importante que afecta la salud y el bienestar de los trabajadores. Es importante para las empresas garantizar que la calidad del aire en el lugar de trabajo cumpla con los estándares de seguridad y salud establecidos por la ley, así como también para proporcionar un entorno de trabajo cómodo y saludable para los empleados por ello es importante utilizar purificadores de aire para tener un ambiente adecuado de trabajo, por esta razón es fundamental llevar a cabo una comunicación científica y de riesgos más exhaustiva para proteger la salud pública en relación con los descubrimientos científicos sobre los peligros de los contaminantes del aire. Para lograr una comunicación e información adecuadas, se requiere de más investigación para desarrollar enfoques específicos que involucren a la población afectada y tomen en cuenta diferentes grupos objetivo (Pfleger et al. 2023).

Respecto a la seguridad, salud e higiene industrial existe un descuido o limitación en el conocimiento, la carencia de artículos científicos impide que los investigadores y profesionales accedan a información actualizada y relevante sobre seguridad, salud e higiene industrial. Esto limita su capacidad para comprender y abordar los desafíos actuales en este campo como el desarrollo tecnológico de nuevas tecnologías y enfoques innovadores en seguridad industrial. Esto significa que las empresas y los trabajadores pueden perder oportunidades de adoptar prácticas más seguras y eficientes. Altos Riesgos para los Trabajadores y la falta de información respaldada por la investigación puede aumentar los riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores en diversos entornos industriales. La falta de orientación basada en evidencia puede dar lugar a prácticas inseguras. Sin estudios científicos que respalden las normativas y estándares de seguridad y salud en el trabajo, el cumplimiento de estas regulaciones puede ser insuficiente, lo que pone en peligro la seguridad de los trabajadores y puede resultar en sanciones legales para las empresas. La investigación en seguridad industrial es fundamental para la innovación en equipos de protección personal, sistemas de monitoreo y otras soluciones tecnológicas. La falta de investigación puede frenar la mejora de estas tecnologías.

Para abordar esta problemática, es esencial fomentar y promover la investigación en seguridad, salud e higiene industrial. Esto puede lograrse a través de la colaboración entre instituciones académicas, organismos reguladores, empresas y profesionales del campo. La financiación de proyectos de investigación, la difusión de resultados y la creación de incentivos para investigadores son medidas clave para superar la falta de antecedentes científicos y promover un entorno laboral más seguro y saludable.

El carbón activado es una de las materias orgánicas que se están utilizando para ayudar a descontaminar, purificar, desinfectar y blanquear, por ejemplo, en un estudio comparativo entre un generador de radicales hidroxilos y un filtro de aire de carbón activado, se demostró que el dispositivo de filtro de aire de carbón activado tiene un rendimiento superior. El dispositivo de filtro de aire probado logró una tasa de suministro de aire limpio que es un orden de magnitud mayor que la obtenida con el generador de radicales hidroxilos. Esto indica que el dispositivo de filtro de aire de carbón activado es más efectivo para eliminar contaminantes del aire y proporcionar un ambiente más saludable. Una posible estrategia para mejorar aún más el rendimiento del dispositivo de filtro de aire podría ser la optimización de la eficiencia del filtro de carbón activado (Rajapakse et al. 2023).

Se ha desarrollado una máscara de alta capacidad de filtración que está compuesta por varias capas de elementos filtrantes. Entre ellas se encuentran el tejido de fibra de carbono superactivado, polipropileno no tejido, y poliamida antiviral con un recubrimiento de película delgada de SiO₂ nanoestructurado. La máscara ha sido diseñada específicamente para su uso en entornos médicos y odontológicos, y el estudio ha demostrado que tiene una eficiencia de filtración de partículas del 98,18%. Esto significa que la máscara es capaz de filtrar con éxito la mayoría de las partículas que podrían ser perjudiciales para la salud del usuario, lo que la convierte en una herramienta valiosa para la protección de los profesionales sanitarios y odontológicos. La combinación de las diferentes capas de materiales también garantiza que la máscara sea cómoda de usar y permita una adecuada respiración, lo que es fundamental en entornos donde se requiere una gran cantidad de movimiento y trabajo físico. En resumen, la máscara de alta capacidad de filtración representa una solución eficaz y práctica para la protección de los profesionales sanitarios y odontológicos frente a posibles riesgos en el ambiente de trabajo (Francelino et al. 2023).

El objetivo de este proyecto es resaltar la importancia de proporcionar un ambiente laboral seguro y saludable para los trabajadores. El aire que se respira en espacios cerrados puede tener un impacto significativo en la salud y bienestar de las personas, por lo que es crucial asegurarse de que el aire que se respira en el lugar de trabajo sea de buena calidad y no represente un riesgo para la salud. Para lograr esto, es necesario implementar medidas de control de la calidad del aire en el ambiente de trabajo. Esto incluye la instalación de sistemas de ventilación adecuados y la regulación de la calidad del aire en el entorno de trabajo. También es importante mantener el lugar de trabajo limpio y ordenado, para evitar la acumulación de polvo y otros contaminantes que puedan afectar la calidad del aire.

Además, un ambiente laboral saludable y seguro también debe incluir la implementación de medidas de seguridad adecuadas, como el uso de equipos de protección personal y el establecimiento de prácticas seguras de trabajo. Estas medidas pueden ayudar a prevenir accidentes y lesiones, y proteger la salud y bienestar de los trabajadores en general.

Las partículas en el aire pueden causar irritación en los ojos, la nariz y la garganta, lo que puede resultar en molestias cotidianas para los trabajadores. Además, estas partículas pueden causar problemas respiratorios a corto y largo plazo, así como enfermedades más graves como enfermedades cardiovasculares, enfermedades pulmonares y cáncer de pulmón. Por lo tanto, es esencial garantizar que el aire que se respira en el lugar de trabajo sea lo más limpio posible.

Más aún, un ambiente laboral que cuente con un aire limpio y fresco puede tener un impacto positivo en la productividad y el bienestar de los empleados. Los estudios han demostrado que los trabajadores que trabajan en un entorno con aire fresco y limpio son más productivos, más creativos y tienen menos probabilidades de faltar al trabajo debido a enfermedades relacionadas con la mala calidad del aire.

Además, un ambiente de trabajo saludable y seguro también puede contribuir a reducir la rotación de personal. Cuando los trabajadores se sienten seguros y saludables en el trabajo, es más probable que estén satisfechos con su trabajo y que permanezcan en su puesto de trabajo durante un período de tiempo más prolongado. Esto, a su vez, puede reducir los costos de reclutamiento y formación, y mejorar la calidad general del trabajo en la organización.

Por lo tanto, el objetivo de este proyecto no solo es mejorar la calidad del entorno laboral, sino también mejorar la calidad de vida y la salud de los trabajadores. Al desarrollar un mecanismo de bajo costo que pueda purificar y filtrar el aire, se puede lograr un ambiente de trabajo más saludable y agradable para todos los empleados. Esto no solo puede beneficiar a la empresa en términos de productividad y retención de empleados, sino también a los trabajadores en términos de una mejor salud y bienestar general.

Problemática

El desarrollo de dispositivos de medición de bajo costo y su integración con la tecnología de Internet de las Cosas (IoT) plantea una problemática de gran relevancia en el campo de la ingeniería industrial, especialmente en lo que respecta a la seguridad, salud e higiene en

el trabajo. Estos dispositivos tienen el potencial de revolucionar la forma en que se recopilan y utilizan datos relacionados con la seguridad y la salud laboral, pero también presentan desafíos significativos que deben ser abordados de manera cuidadosa. La ingeniería industrial abarca una amplia gama de sectores, desde la manufactura hasta la construcción y la logística. En todos estos sectores, la seguridad y la salud de los trabajadores son de suma importancia. La falta de dispositivos de medición precisos y asequibles puede resultar en una evaluación inadecuada de los riesgos laborales. Esto puede llevar a una exposición no detectada a sustancias peligrosas, condiciones ambientales perjudiciales o situaciones de riesgo, lo que, a su vez, aumenta la probabilidad de accidentes laborales y problemas de salud ocupacional.

Uno de los problemas fundamentales es la asequibilidad de los dispositivos de medición de seguridad, salud e higiene. Las soluciones tradicionales suelen ser costosas, lo que limita su adopción, especialmente por parte de pequeñas y medianas empresas. Esto crea una brecha en la seguridad laboral y la salud ocupacional, ya que no todas las organizaciones pueden permitirse la implementación de sistemas de medición avanzados. La incorporación de tecnología IoT en la medición de seguridad y salud puede mitigar estos desafíos de costos, pero también introduce desafíos propios. La conectividad y el intercambio de datos en tiempo real entre dispositivos y sistemas de monitoreo pueden ser vulnerables a ciberataques, lo que plantea preocupaciones de seguridad adicionales. La seguridad de los datos y la privacidad de los trabajadores deben ser consideradas con cuidado en el diseño y la implementación de estos sistemas.

Los dispositivos de medición de bajo costo a menudo enfrentan problemas de precisión y calibración. La falta de precisión en las mediciones puede llevar a una percepción errónea de los riesgos laborales y a decisiones incorrectas en materia de seguridad y salud en el trabajo. Garantizar la calibración adecuada y la fiabilidad de estos dispositivos es esencial para su utilidad en entornos industriales.

La introducción de nuevos dispositivos de medición y tecnologías IoT también requiere una formación adecuada de los trabajadores y la creación de una conciencia sobre su uso. La falta de comprensión sobre cómo funcionan estos dispositivos o cómo interpretar los datos que generan puede llevar a una subutilización o a decisiones erróneas.

La integración efectiva de estos dispositivos en los procesos industriales es otro desafío. Los sistemas existentes pueden no ser compatibles con la tecnología IoT o requerir

modificaciones significativas para aprovecharla plenamente. Esto puede generar costos adicionales y tiempos de implementación más largos.

El desarrollo de dispositivos de medición de bajo costo y su integración con la tecnología IoT en el contexto de la ingeniería industrial y la seguridad, salud e higiene en el trabajo es multifacética. Aunque estos dispositivos tienen el potencial de mejorar significativamente la evaluación y la gestión de riesgos laborales, es esencial abordar los problemas de precisión, calibración, costos, seguridad de datos y formación.

Justificación

La investigación se llevará a cabo para abordar una problemática crítica en el ámbito de la ingeniería industrial y la seguridad, salud e higiene en el trabajo. La falta de dispositivos de medición de bajo costo y la necesidad de integrar la tecnología IoT en este contexto representan un desafío importante que debe abordarse para mejorar la seguridad y la salud de los trabajadores, así como para aumentar la eficiencia en los procesos industriales. La investigación será realizada por un equipo multidisciplinario que incluirá ingenieros industriales, expertos en IoT, científicos de datos y profesionales en seguridad y salud ocupacional. Además, se colaborará estrechamente con empresas e instituciones del sector industrial que puedan proporcionar datos, recursos y retroalimentación práctica.

Se realizará una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica relacionada con dispositivos de medición de seguridad e higiene industrial y tecnología IoT. Se diseñarán y desarrollarán dispositivos de medición de bajo costo que integren tecnología IoT. Esto incluirá la selección de sensores adecuados, la programación de dispositivos y la calibración. Se realizará una implementación piloto de los dispositivos en entornos industriales reales para evaluar su rendimiento y precisión. Se recopilarán datos en tiempo real utilizando los dispositivos y se analizarán utilizando técnicas de ciencia de datos para evaluar la eficacia en la medición y su impacto en la seguridad y la salud ocupacional. Se proporcionará formación y capacitación a los trabajadores sobre el uso de los dispositivos y la interpretación de los datos.

El propósito principal de la investigación es mejorar la seguridad y la salud de los trabajadores en entornos industriales al proporcionar dispositivos de medición de bajo costo y tecnología IoT que permitan una evaluación más precisa y oportuna de los riesgos laborales. Esto, a su vez, contribuirá a reducir la incidencia de accidentes laborales, mejorar la salud ocupacional y aumentar la eficiencia en los procesos industriales. Además, la

investigación tiene como objetivo fomentar la adopción de estas soluciones por parte de las empresas, especialmente las pequeñas y medianas, al hacer que sean más accesibles y asequibles. En última instancia, se busca promover un entorno laboral más seguro y saludable para todos los trabajadores y contribuir al bienestar general de la sociedad.

Los beneficiarios directos del proyecto serán los trabajadores que desarrollan sus actividades bajo condiciones inseguras en sus puestos de trabajo al tener dispositivos que permitan identificar riesgos y con ello mejorar sus condiciones laborales en la búsqueda de reducción problemas de salud, como también los estudiantes de la carrera de ingeniería industrial de la Universidad Indoamérica y de la Universidad Nacional de Chimborazo quienes adquirirán competencias básicas de electrónica y uso de inteligencia artificial en el desarrollo de dispositivos.

Marco Conceptual

En América, se realizan continuamente estudios sobre la calidad del aire, con el fin de proteger la salud pública y el medio ambiente. Estos estudios son llevados a cabo por agencias gubernamentales, universidades y organizaciones sin fines de lucro, que utilizan una variedad de métodos y tecnologías para medir la calidad del aire en diferentes lugares de la región. Los resultados de estos estudios son utilizados para monitorear y mejorar la calidad del aire, identificar y abordar los problemas de contaminación y evaluar los riesgos ambientales para la salud. Además, estos estudios también pueden ayudar a las autoridades a tomar decisiones informadas sobre políticas públicas relacionadas con el medio ambiente y la salud. Es importante destacar que la calidad del aire puede ser afectada por una variedad de factores, incluyendo la actividad humana, las condiciones climáticas y la geografía local. Por lo tanto, es necesario realizar estudios regulares para evaluar y monitorear la calidad del aire en diferentes áreas y contextos (Gallardo et al. 2018).

En América del Norte, la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) es una de las principales agencias gubernamentales encargadas de monitorear y regular la calidad del aire. La EPA opera una extensa red de estaciones de monitoreo en todo el país, que miden los niveles de contaminantes como el ozono, el dióxido de azufre, el dióxido de nitrógeno y las partículas finas presentes en el aire. Estas estaciones de monitoreo son esenciales para evaluar y controlar la calidad del aire en diferentes áreas y contextos. La EPA utiliza tecnologías avanzadas, como sensores remotos y modelos de pronóstico, para monitorear la calidad del aire y prever los niveles de contaminación futuros. Los resultados de las mediciones son utilizados por la EPA para desarrollar regulaciones y políticas

públicas que protejan la salud pública y el medio ambiente. Además, los resultados son también accesibles para el público en general, lo que permite a las personas tomar medidas para proteger su propia salud y bienestar. (Currie y Walker 2019).

En América Latina, el aumento de la población, el desarrollo económico y la falta de regulaciones ambientales apropiadas han provocado problemas de contaminación del aire en muchas ciudades. Para abordar este problema, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) han llevado a cabo estudios en diversas ciudades de la región para evaluar la calidad del aire y han resaltado la necesidad de tomar medidas para mejorar la calidad del aire y proteger la salud pública. (Serio, Puccetti y Oderigo 2020) (Husaini, Reneau y Balam 2022).

El monitoreo de la calidad del aire en América ha sido esencial para identificar los principales contaminantes y evaluar los riesgos para la salud asociados con su exposición. Además, ha impulsado la creación de políticas y regulaciones ambientales más efectivas, así como iniciativas de educación y concientización pública sobre los peligros de la contaminación del aire. Estos esfuerzos han permitido que los individuos y las comunidades adopten medidas para reducir su exposición a los contaminantes y mejorar la calidad del aire. (Fuentes García et al. 2022).

En la actualidad, la contaminación del aire en los lugares de trabajo, como la mala calidad del aire en interiores de edificios, las emisiones de contaminantes en fábricas y plantas, y la exposición de los trabajadores a la contaminación del aire exterior, tienen un impacto significativo en la salud y el bienestar de los trabajadores, y, por lo tanto, en la productividad de las empresas. Por lo tanto, es crucial desarrollar soluciones prácticas para mejorar la calidad del aire en los lugares de trabajo y reducir los efectos negativos de la contaminación del aire en la salud de los trabajadores.

La investigación se desarrollará en el laboratorio de Ciencias y Seguridad Industrial de la Universidad Indoamérica de Ambato, generando ambientes controlados de evaluación de los contaminantes del aire más comunes existentes en los procesos de las empresas de la provincia de Tungurahua. Realizando experimentación según el plan diseñado y registro de los resultados en detalle de todas las variables que estén bajo control y que se estén midiendo correctamente. Se analizarán los resultados de la experimentación y compara los datos obtenidos con los objetivos previamente definidos. Si los resultados no son los esperados, es necesario volver a revisar el diseño del experimento. Finalmente se documentará los resultados al terminar el experimento, mediante un informe detallado con los resultados obtenidos, las conclusiones y las recomendaciones para futuros experimentos.

OBJETIVOS

Objetivo General

Desarrollar dispositivos de medición de gases y material particulado de bajo costo para seguridad, salud e higiene industrial mediante tarjetas inteligentes e IoT para ambientes laborales.

Objetivos

Específicos

- Identificar los riesgos químicos presentes en procesos productivos en empresas de la provincia de Tungurahua y Chimborazo.
- Cuantificar factores de riesgos químicos presentes por medio de dispositivos comerciales.
- Diseñar dispositivos de medición de bajo costo para factores de riesgos químicos (gases y material particulado) de costo con tarjetas inteligentes y con control IoT.
- Construir prototipos diseñados para medir diferentes factores de riesgos existentes.
- Evaluar el rendimiento de los prototipos en ambiente controlado de laboratorio.
- Determinar la existencia de diferencias significativas entre los datos de los dispositivos comerciales de medición y los dispositivos construidos.
- Presentar resultados con artículos científicos.

Metodología

Se desarrollará una metodología experimental con enfoque cuantitativo para estudiar y desarrollar dispositivos de medición de bajo costo para seguridad, higiene y salud ocupacional considerando el siguiente orden:

Para su propósito se buscará cumplir claramente los objetivos de la investigación, que incluirán el diseño y desarrollo de dispositivos de medición específicos para evaluar parámetros relacionados con la seguridad, la higiene y la salud ocupacional en entornos industriales.

Realizar una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica relacionada con dispositivos de medición en el campo de la seguridad, higiene y salud ocupacional.

Identificar los avances previos, las tecnologías existentes y las mejores prácticas.

Diseñar un experimento que permita desarrollar y probar los dispositivos de medición propuestos. Esto incluye la definición de las variables de interés, la selección de los métodos de medición, la determinación de las condiciones experimentales y la planificación de los ensayos.

Construir prototipos de los dispositivos de medición basados en los diseños propuestos. Esto puede implicar la selección de sensores adecuados, la elección de materiales y la fabricación de los dispositivos.

Calibrar los dispositivos de medición para garantizar su precisión y confiabilidad. Esto implica la comparación de las mediciones de los dispositivos con estándares conocidos. Llevar a cabo pruebas de validación para evaluar su desempeño en condiciones simuladas o reales.

Realizar experimentos bajo diferentes condiciones relevantes para la seguridad, la higiene y la salud ocupacional en entornos industriales. Registrar y almacenar los datos de medición cuantitativa obtenidos de los dispositivos.

Realizar un análisis cuantitativo de los datos recopilados utilizando herramientas estadísticas apropiadas. Esto puede incluir análisis de tendencias, comparaciones entre grupos y evaluación de la precisión de los dispositivos.

Basándose en los resultados del análisis de datos, realizar ajustes y mejoras en los dispositivos de medición para aumentar su precisión y utilidad. Este proceso puede implicar iteraciones en el diseño y la fabricación de prototipos.

Realizar pruebas finales en condiciones reales de uso para garantizar que los dispositivos sean efectivos y seguros. Esto podría implicar pruebas en entornos industriales reales o simulaciones controladas.

Documentar todos los aspectos del estudio, desde el diseño de experimentos hasta los resultados de las pruebas finales. Presentar los resultados en informes técnicos y, si es necesario, en conferencias científicas o publicaciones especializadas.

Esta metodología experimental cuantitativa garantiza un enfoque riguroso y basado en datos en el desarrollo de dispositivos de medición para seguridad, higiene y salud ocupacional, lo que contribuye a la mejora de las condiciones laborales y la protección de los trabajadores en entornos industriales.

En todo el proceso de investigación participa el docente investigador y dos estudiantes de la carrera de ingeniería industrial, de las dos modalidades de estudio como también el doctor en Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Chimborazo quien con su grupo de trabajo supervisarán las actividades y colaborarán en la toma de unidades de medición,

muestra, materiales, normas éticas de investigación, instrumentos y técnicas de recolección de datos, técnicas de análisis de datos y el procedimiento. Esto será variable dependiendo de la investigación en la búsqueda de mitigarlos para mejorar condiciones laborales en ambientes seguros,

C. RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTO

La adopción y ejecución de una metodología experimental rigurosa con un enfoque cuantitativo destinada al desarrollo de dispositivos de medición aplicados a la seguridad, higiene y salud ocupacional conlleva una amplia gama de impactos altamente beneficiosos y resultados esperados de notable relevancia. Estos resultados incluyen, en primer lugar, mejoras sustanciales en el ámbito de la seguridad laboral, donde la capacidad de monitorizar condiciones laborales potencialmente peligrosas en tiempo real reduce de manera significativa los riesgos de accidentes y lesiones en el entorno de trabajo. Asimismo, esta metodología contribuye de manera destacada a la prevención de enfermedades ocupacionales al posibilitar un monitoreo preciso y oportuno de la exposición a sustancias nocivas, lo que, en última instancia, promueve y mejora la salud de los trabajadores.

Un segundo resultado esperado de gran importancia radica en el cumplimiento cabal de las normativas y estándares de seguridad laboral, lo que no solo garantiza el bienestar de los empleados, sino que también puede evitar sanciones legales y asegurar un ambiente laboral totalmente acorde con la legislación vigente. Además, la implementación de esta metodología puede derivar en un incremento sustancial de la eficiencia operativa en las empresas, ya que permite identificar y resolver problemas de manera más rápida y precisa, lo que, a su vez, se traduce en un aumento de la productividad y en un uso más eficaz de los recursos.

Un logro igualmente destacado consiste en la obtención de datos cuantitativos altamente fiables, los cuales respaldan decisiones informadas en materia de seguridad y salud ocupacional. Estos datos se convierten en un valioso activo para realizar análisis de riesgos, evaluar la eficacia de las medidas de seguridad implementadas y, en última instancia, optimizar las operaciones industriales.

Además de estos beneficios inmediatos, la metodología experimental con enfoque cuantitativo también puede estimular la innovación y el desarrollo tecnológico en el campo de la seguridad laboral, dando lugar a dispositivos de medición cada vez más avanzados y precisos. Esta innovación puede tener un impacto considerable en la reducción de costos relacionados con accidentes laborales, como gastos médicos y compensaciones a

trabajadores lesionados, así como en la disminución de los costos de mantenimiento y reparación al permitir la identificación proactiva de problemas.

Un resultado adicional que no debe subestimarse es la promoción de una cultura de seguridad en el lugar de trabajo. La implementación de dispositivos de medición fomenta la conciencia de los riesgos laborales y las medidas preventivas entre los empleados, lo que contribuye a un ambiente laboral más seguro y saludable.

Por último, la actividad de investigación y desarrollo asociada a esta metodología puede tener un impacto en la investigación científica en el campo de la seguridad, la higiene y la salud ocupacional, enriqueciendo el conocimiento existente y proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y avances en esta área.

Impacto Social

El uso de estos instrumentos IoT mejora la seguridad de los trabajadores al proporcionar monitoreo en tiempo real de condiciones peligrosas, lo que reduce los accidentes laborales y mejora la calidad de vida de los empleados.

Ayuda a prevenir enfermedades profesionales al monitorear la exposición a sustancias tóxicas y proporcionar alertas tempranas para la intervención.

Contribuye al bienestar de los trabajadores al crear un entorno laboral más saludable y seguro, lo que puede aumentar la satisfacción y la retención de empleados.

Impacto científico

Avances en la Investigación con la recopilación de datos en tiempo real a través de sistemas IoT proporciona una gran cantidad de datos que pueden ser utilizados en investigaciones científicas para comprender mejor los riesgos laborales y desarrollar soluciones innovadoras.

Desarrollo Tecnológico al estimular el desarrollo y la mejora continua de tecnologías IoT y dispositivos de medición de bajo costo, lo que puede tener aplicaciones más allá del ámbito industrial.

Impacto económico

Reducción de Costos por la prevención de accidentes y enfermedades laborales ahorra a las empresas costos asociados con indemnizaciones, atención médica y pérdida de productividad. Eficiencia Operativa con la automatización y el monitoreo en tiempo real permiten una gestión más eficiente de los recursos y los procesos industriales.

Competitividad de las empresas que adoptan estas tecnologías pueden ser más competitivas

al cumplir con estándares de seguridad y calidad, lo que les permite acceder a nuevos mercados.

Impacto político

Regulaciones Laborales al poder influir en la creación o actualización de regulaciones laborales que promuevan un ambiente de trabajo seguro y saludable.

Políticas de Innovación al fomentar políticas gubernamentales que promuevan la inversión en investigación y desarrollo de tecnologías de seguridad laboral y IoT.

Vinculación con la comunidad

Colaboración Empresarial: Fomenta la colaboración entre empresas de tecnología, industrias y sectores gubernamentales en la implementación de soluciones de seguridad y salud ocupacional basadas en IoT.

Transferencia de Conocimientos: Facilita la transferencia de conocimientos y buenas prácticas entre diferentes industrias y sectores.

Consideraciones Éticas

Los procedimientos ético-políticos que se tendrán en cuenta en la investigación y desarrollo de dispositivos de medición para seguridad, higiene y salud ocupacional son esenciales para garantizar que el proceso se lleve a cabo de manera responsable y justa. Aquí se describen en detalle algunos de los procedimientos clave:

1. Ética en la Investigación:

Se seguirán estrictos principios éticos de investigación, como la obtención de consentimiento informado de los participantes en caso de estudios con seres humanos, la consideración de la privacidad y la confidencialidad de los datos, y la garantía de que la investigación no cause ningún daño físico o psicológico innecesario.

2. Cumplimiento Normativo:

Se cumplirán todas las regulaciones y normativas aplicables en materia de seguridad, salud ocupacional y protección del medio ambiente. Esto puede incluir normativas locales, nacionales e internacionales, así como estándares específicos de la industria.

3. Evaluación de Riesgos:

Se realizará una evaluación exhaustiva de los riesgos asociados con el desarrollo y la

implementación de los dispositivos de medición. Esto incluirá la identificación y mitigación de posibles riesgos para la seguridad de los trabajadores y del medio ambiente.

4. Participación de las Partes Interesadas:

Se fomentará la participación de todas las partes interesadas relevantes, incluidos los trabajadores, los empleadores, los reguladores y los expertos en seguridad y salud ocupacional. Sus aportes y preocupaciones serán tenidos en cuenta en todo el proceso.

5. Transparencia y Comunicación:

Se promoverá la transparencia en todas las etapas de la investigación y el desarrollo. Esto incluirá la comunicación clara de los objetivos, métodos y resultados de la investigación a todas las partes interesadas.

6. Uso Responsable de Datos:

Se garantizará que la recopilación y el uso de datos se realicen de manera ética y responsable. Los datos recopilados se utilizarán exclusivamente para los fines previstos y se protegerán contra el acceso no autorizado.

7. Evaluación de Impacto Social y Ambiental:

Se llevará a cabo una evaluación de impacto social y ambiental para comprender y mitigar cualquier impacto negativo potencial en la comunidad y el entorno circundante.

8. Igualdad y No Discriminación:

Se promoverá la igualdad y la no discriminación en todas las fases del desarrollo. Esto incluye el acceso equitativo a los dispositivos de medición y la consideración de las necesidades específicas de diferentes grupos de trabajadores.

9. Responsabilidad Corporativa:

Las organizaciones involucradas en la investigación y desarrollo asumirán la responsabilidad corporativa por sus acciones y productos. Esto implica la disposición a corregir cualquier problema o defecto identificado en los dispositivos de medición.

10. Supervisión y Auditoría Externa:

- Se contemplará la posibilidad de una supervisión y auditoría externa para garantizar el cumplimiento de los procedimientos éticos y normativos. Esto puede involucrar a agencias reguladoras, organizaciones no gubernamentales o expertos independientes.

11. Evaluación Ética Continua:

- Se realizarán evaluaciones éticas continuas a lo largo de todo el proceso de investigación y desarrollo para asegurarse de que se mantengan los más altos estándares éticos.

Plan de publicaciones

Nombre Publicación	Posibles Revistas	Tipo Publicación
Desarrollo de un purificador de aire de bajo costo y con IoT para ambientes cerrados.	Safety Science,	Artículo científico
Desarrollo de un medidor de partículas de bajo costo y control IoT.	Journal of Management in Engineering	Artículo científico
Desarrollo de un medidor de gases de bajo costo y control IoT	Ocean Engineering	Artículo científico
Factores de riesgos y posibles daños en la salud en empresas de la zona centro del Ecuador.	Journal of Loss Prevention in the Process Industries	Artículo científico

Cronograma de actividades

	Mes 1 y 2	Mes 3 y 4	Mes 4 y 5	Mes 6 y 7	Mes 8 y 9	Mes 9 y 10	Mes 10 a 12
Actividad 1 Identificación de los riesgos presentes en procesos productivos en empresas de la provincia de Tungurahua y Chimborazo.	X						
Actividad 2 Cuantificación y evaluación de los factores de riesgos presentes por medio de dispositivos comerciales.		X					
Actividad 3 Diseñar dispositivos de medición de bajo para factores de riesgos costo con tarjetas inteligentes y con control IoT. (TARJETAS ARDUINO ESP32)			X	x			
Actividad 4 Construcción de 4 prototipos diseñados para medir diferentes factores de riesgos existentes.				X	x		
Actividad 5. Evaluación del rendimiento de los prototipos en ambiente controlado de laboratorio.						x	
Actividad 6. Determinación y estudio de la existencia de diferencias significativas entre los datos de los dispositivos comerciales de medición y los						x	x

dispositivos contruidos.							
Actividad 7. Presentar resultados con artículos científicos							x

Literatura citada

- Abdullah, M., Bayahya, A. Y., Ba Shammakh, E. S., Altuwairqi, K. A., & Alsaadi, A. A. (2017). A novel adaptive e-learning model matching educator-student learning styles based on machine learning. *Communication, Management, and Information Technology - Proceedings of the International Conference on Communication, Management, and Information Technology, ICCMIT 2016*, 773–782. <https://doi.org/10.1201/9781315375083-109>
- Aragón-García, M. (2016). Correlación inherente de los estilos del aprendizaje y las estrategias de enseñanza- aprendizaje. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 4, 1–16. <http://pag.org.mx/index.php/PAG/article/view/586>
- Bouzenada, S. N. E., Zarour, N. E., & Boissier, O. (2018). An agent-based approach for personalised and adaptive learning. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 10(3), 184. <https://doi.org/10.1504/ijtel.2018.10010193>
- Caro, M. F., Josyula, D. P., & Jiménez, J. A. (2015). Modelo pedagógico multinivel para la personalización de estrategias pedagógicas en sistemas tutoriales inteligentes. *DYNA (Colombia)*, 82(194), 185–193. <https://doi.org/10.15446/dyna.v82n194.49279>
- Flórez-Ochoa, R. (2000). *Evaluación, pedagógica y cognición*. McGraw-Hill.
- Garzuzi, V. (2013). El desarrollo de estrategias de aprendizaje durante las trayectorias estudiantiles universitarias. *Revista de Orientación Educacional*, 27(51), 67–86. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- González, R. A., & D’Ancona, M. A. C. (1997). Metodología Cuantitativa. Estrategias y técnicas de investigación social. *Reis*, 80, 240. <https://doi.org/10.2307/40183928>
- Ibáñez-Bernal, C. (2007). Un análisis crítico del modelo del triángulo pedagógico: Una propuesta alternativa. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 12(32), 435–456. <https://www.redalyc.org/pdf/140/14003220.pdf>
- Karagiannis, I., & Satratzemi, M. (2018). An adaptive mechanism for Moodle based on automatic detection of learning styles. *Education and Information Technologies*, 23(3), 1331–1357. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9663-5>
- Lerís-López, D., Sein-Echaluce, M., Hernández, M., & Fidalgo-Blanco, Á. (2016). Participantes heterogéneos en MOOCs y sus necesidades de aprendizaje adaptativo. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 17(4), 91. <https://doi.org/10.14201/eks201617491109>
- Maraza-Quispe, B., Oviedo, O., Cisneros-Chavez, B., Cuentas-Toledo, M., Cuadros-Paz, L., Fernandez-Gambarini, W., Quispe-Flores, L., & Cayturo-Silva, N. (2019). Model to personalize the teaching-learning process in virtual environments using case-based reasoning. *ACM International Conference Proceeding Series*, 105–110. <https://doi.org/10.1145/3369255.3369264>
- Raj, N. S., & Renumol, V. G. (2021). A systematic literature review on adaptive content recommenders in personalized learning environments from 2015 to 2020. *Journal of Computers in Education*. <https://doi.org/10.1007/s40692-021-00199-4>
- Rincón-Flores, E. G., Mena, J., López-Camacho, E., & Olmos, O. (2019). Adaptive learning based on AI with predictive algorithms. *ACM International Conference*

- Proceeding Series, 607–612. <https://doi.org/10.1145/3362789.3362869>
- Rivero-Albarrán, D. M., Ulloa-Erazo, N. G., Guerra, L. R. T., Arellano, B., & Arciniegas, S. M. A. (2019). Agente adaptativo para la enseñanza en ambientes inteligentes. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (19), 694–707. <https://bit.ly/3GWNeVj>
 - Rodríguez, N. (2004). Criterios para el Análisis del Diseño Curricular. *Educación, Aprendizaje y Cognición. Teoría En La Práctica*, 107–122. <http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/revista/n45/art06.pdf>
 - Supangat, M. B. S. (2020). Development of e-learning system using felder and silverman's index of learning styles model. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 9(5), 8554–8561. <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/236952020>
 - Tetzlaff, L., Schmiedek, F., & Brod, G. (2021). Developing Personalized Education: A Dynamic Framework. *Educational Psychology Review*, 33(3), 863–882. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09570-w>

D. PRESUPUESTO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Presupuesto valorado

Presupuesto del Proyecto	
Monto institución:	\$ 1,885.00
Monto externo:	\$ 0.00
Monto valorado:	\$ 0.00
Monto solicitado:	\$ 1,885.00
Monto asignado:3000.0	
Monto total:	\$ 1,885.00

Detalles del presupuesto:

Tipo	Nombre:	Monto Institución	Monto Externo	Monto Total
EQUIPOS	TARJETAS ARDUINO ESP32 Actividad Descripción Mes Año Monto Diseñar dispositivos de medición de bajo para factores de riesgos costo con tarjetas inteligentes y con control IoT. (TARJETAS ARDUINO ESP32)			
	COMPRA DE TARJETAS INTELIGENTES ARDUINO ESP32 MARZO 2024 100.0	\$ 100.00	\$ 0.00	\$ 100.00

INSUMOS Y MATERIALES	SENSORES DE GASES Y MATERIAL PARTICULADO					\$ 160.00	\$ 0.00	\$ 160.00
	Actividad	Descripción	Mes	Año	Monto			
	Diseñar dispositivos de medición de bajo para factores de riesgos costo con tarjetas inteligentes y con control IoT. (TARJETAS ARDUINO ESP32)	COMPRA DE SENSORES	MARZO	2023	160.0			
INSUMOS Y MATERIALES	COMPONENTES ELECTRÓNICOS					\$ 100.00	\$ 0.00	\$ 100.00
	Actividad	Descripción	Mes	Año	Monto			
	Construcción de 4 prototipos diseñados para medir diferentes factores de riesgos existentes.	- RESISTENCIAS - CAPACITORES - CABLES Y CONECTORES	ABRIL	2023	100.0			
INSUMOS Y MATERIALES	MÓDULOS DE COMUNICACIÓN					\$ 200.00	\$ 0.00	\$ 200.00
	Actividad	Descripción	Mes	Año	Monto			
	Construcción de 4 prototipos diseñados para medir diferentes factores de riesgos existentes.	PLACAS DE CIRCUITO IMPRESO (PCB) BATERÍAS CAJAS Y RECIPIENTES PARA MONTAJE	ABRIL	2023	200.0			
INSUMOS Y MATERIALES	SOFTWARE Y LICENCIAS					\$ 275.00	\$ 0.00	\$ 275.00
	Actividad	Descripción	Mes	Año	Monto			
	Evaluación del rendimiento de los prototipos en ambiente controlado de laboratorio.	LICENCIAS IOT	MAYO	2023	275.0			
PUBLICACIONES	PARA PAGO DE PUBLICACIONES					\$ 1,000.00	\$ 0.00	\$ 1,000.00
	Actividad	Descripción	Mes	Año	Monto			
	Presentar resultados con artículos científicos.	PAGO PARA PUBLICACIONES DE ARTÍCULOS	JULIO	2023	1000.0			
MATERIALES DE OFICINA	INSUMOS DE OFICINA					\$ 50.00	\$ 0.00	\$ 50.00
	Actividad	Descripción	Mes	Año	Monto			
	Determinación y estudio de la existencia de diferencias significativas entre los datos de los dispositivos comerciales de medición y los dispositivos contruidos.	DIFERENTES TIPOS DE INSUMOS DE OFICINA	MARZO	2023	50.0			

E. FIRMAS DE RESPONSABILIDAD Y AVAL

 Firmado digitalmente por: ANDRÉS ROGELIO LARA CALLE	FERNANDO O DAVID SAA TAPIA Firmado digitalmente por FERNANDO DAVID SAA TAPIA Fecha: 2023.08.29 09:20:21 -05'00'
Ing. Andrés R Lara C.	Ing. Fernando Saá.
COORDINADOR DEL PROYECTO	DECANO FAINPRO