

Sistema de vigilancia ambiental como estrategia para el fortalecimiento de la seguridad y salud ocupacional en instituciones de educación superior técnica

Environmental Monitoring System for Strengthening Occupational Health and Safety in Technical Higher Education Institutions

<https://doi.org/10.47606/ACVEN/PH0473>

Rodrigo José Cortez-Méndez^{1*}

<https://orcid.org/0000-0003-4061-8107>

rodrigo.cortez@formacion.edu.ec

Gabriela Michelle Andrade-Dicao¹

<https://orcid.org/0000-0002-1147-7811>

gabriela.andrade@formacion.edu.ec

Ingrid Lisbeth Yosa-Pinela¹

<https://orcid.org/0009-0007-1069-2871>

coordinacion2.posgrado@formacion.edu.ec

Recibido: 06/01/2026

Aceptado: 15/03/2026

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo diseñar e implementar un sistema de vigilancia ambiental orientado al fortalecimiento de la seguridad y salud ocupacional en una institución de educación superior técnica. Se desarrolló una investigación de enfoque cuantitativo, con diseño no experimental y componente cuasi experimental, estructurada en dos fases: diagnóstico inicial y evaluación post implementación. La población estuvo conformada por la comunidad educativa, incluyendo docentes, estudiantes y personal administrativo, y se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia. Se evaluaron variables ambientales como niveles de ruido, iluminación, concentración de dióxido de carbono, temperatura y humedad relativa, así como la percepción de confort ambiental mediante una escala tipo Likert. Los resultados evidenciaron mejoras estadísticamente significativas tras la implementación del sistema de vigilancia ambiental, destacándose la reducción de los niveles de CO₂ y ruido, así como el incremento de la iluminación. Asimismo, se identificaron correlaciones significativas entre las variables ambientales y la percepción de confort de los usuarios. Se concluye que la implementación del sistema de vigilancia ambiental constituye una estrategia efectiva para mejorar las condiciones del entorno educativo y fortalecer la gestión preventiva en seguridad y salud ocupacional. El modelo propuesto presenta características de adaptabilidad y replicabilidad, lo que lo posiciona como una herramienta útil para su aplicación en otras instituciones de educación superior.

Palabras Clave: vigilancia ambiental, salud ocupacional, calidad del ambiente interior, educación superior, monitoreo ambiental

1. Instituto Superior Tecnológico de Formación Profesional, Administrativa y Comercial

* Autor de correspondencia: rodrigo.cortez@formacion.edu.ec

ABSTRACT

This study aims to design and implement an environmental monitoring system to strengthen occupational health and safety in a technical higher education institution. A quantitative approach was adopted, using a non experimental design with a quasi experimental component, structured in two phases: initial diagnosis and post implementation evaluation. The study population consisted of the educational community, including teachers, students, and administrative staff, using a non probabilistic convenience sampling method. Environmental variables such as noise levels, lighting, carbon dioxide concentration, temperature, and relative humidity were measured, along with perceived environmental comfort using a Likert scale. The results showed statistically significant improvements after the implementation of the environmental monitoring system, particularly in the reduction of CO₂ levels and noise, as well as an increase in lighting conditions. Significant correlations were also found between environmental variables and users perception of comfort. It is concluded that the implementation of an environmental monitoring system is an effective strategy to improve environmental conditions and strengthen preventive management in occupational health and safety. The proposed model demonstrates adaptability and scalability, making it suitable for application in other higher education institutions.

Keywords: environmental monitoring, occupational health, indoor environmental quality, higher education, air quality

INTRODUCCIÓN

En el escenario contemporáneo, la seguridad y salud ocupacional (SSO) se ha consolidado como un eje estratégico en la gestión organizacional, evolucionando desde enfoques reactivos hacia modelos preventivos sustentados en evidencia científica y monitoreo continuo de riesgos (International Labour Organization, 2023; World Health Organization, 2022). En este contexto, la vigilancia ambiental emerge como un componente esencial de los sistemas de gestión, al permitir la identificación, medición y control sistemático de factores físicos, químicos y biológicos que inciden directamente en la salud, el bienestar y el desempeño de los individuos en entornos laborales y educativos.

Uno de los aspectos más críticos dentro de la vigilancia ambiental es la calidad del ambiente interior (Indoor Environmental Quality, IEQ), particularmente la calidad del aire interior (Indoor Air Quality, IAQ), dado que los seres humanos pasan aproximadamente el 90% de su tiempo en espacios cerrados, lo que incrementa significativamente la exposición a contaminantes invisibles y potencialmente dañinos. Diversos estudios recientes han demostrado que la exposición prolongada a contaminantes como material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀), compuestos orgánicos volátiles y niveles elevados de dióxido de carbono (CO₂) se asocia con enfermedades respiratorias, deterioro cognitivo, fatiga y disminución del rendimiento laboral y académico. En particular, investigaciones en entornos universitarios han evidenciado que los niveles de CO₂ pueden superar ampliamente los límites

recomendados, afectando la concentración y la productividad de estudiantes y docentes .

Asimismo, la literatura reciente ha profundizado en el fenómeno conocido como “síndrome del edificio enfermo” (Sick Building Syndrome), el cual se relaciona directamente con condiciones ambientales deficientes, generando síntomas como irritación respiratoria, cefaleas, fatiga crónica y malestar general. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de implementar sistemas de monitoreo continuo que permitan detectar condiciones adversas antes de que se traduzcan en efectos negativos para la salud.

Desde una perspectiva tecnológica, el avance de los sistemas de monitoreo ambiental ha permitido la integración de sensores de bajo costo, plataformas de Internet de las Cosas (IoT) y análisis de datos en tiempo real, facilitando la construcción de sistemas de vigilancia más accesibles, escalables y eficientes (Othman et al., 2024). Estos sistemas no solo permiten la recopilación continua de datos, sino también la generación de alertas tempranas y la toma de decisiones basada en evidencia, lo que representa un cambio paradigmático en la gestión de la salud ocupacional. De hecho, estudios recientes destacan que la implementación de redes de sensores inteligentes mejora significativamente la capacidad de detección de eventos críticos y reduce la exposición a contaminantes en entornos laborales e industriales.

A nivel metodológico, investigaciones recientes han señalado la importancia de los sistemas de monitoreo a largo plazo, ya que permiten capturar variaciones temporales y estacionales en la calidad ambiental, proporcionando una comprensión más precisa de los patrones de exposición . Este enfoque resulta fundamental para el diseño de estrategias de intervención efectivas, ya que factores como la ocupación, la ventilación, las condiciones climáticas y las características del espacio influyen significativamente en la distribución de contaminantes.

En el ámbito normativo, estándares internacionales como la ISO 14001 y la ISO 45001 han establecido lineamientos para la integración de la gestión ambiental y la seguridad laboral, promoviendo sistemas estructurados basados en la mejora continua y la prevención de riesgos. No obstante, la evidencia empírica sugiere que, en contextos latinoamericanos, la implementación de estos estándares aún enfrenta limitaciones relacionadas con la falta de sistemas de monitoreo continuo, la escasa cultura de gestión basada en datos y la limitada disponibilidad de tecnologías adaptadas al contexto institucional.

En el caso específico de las instituciones de educación superior técnica, estas limitaciones adquieren mayor relevancia debido a la diversidad de actividades desarrolladas —académicas, administrativas y prácticas— que implican diferentes niveles de exposición a factores de riesgo ambiental. La ausencia de sistemas estructurados de vigilancia ambiental impide no solo la identificación temprana de riesgos, sino también la evaluación de tendencias y la implementación de estrategias preventivas basadas en evidencia.

Desde una perspectiva teórica, la vigilancia ambiental se fundamenta en el paradigma de la prevención primaria y en los modelos de gestión de riesgos, los cuales plantean que la identificación temprana de peligros permite reducir

significativamente la probabilidad de وقوع de eventos adversos (Reason, 2000; Fang et al., 2022). En este sentido, su aplicación en entornos educativos no solo responde a exigencias normativas, sino que constituye una estrategia integral para mejorar la calidad de vida, el rendimiento académico y la sostenibilidad institucional.

En virtud de lo expuesto, el presente estudio tiene como objetivo diseñar e implementar un sistema de vigilancia ambiental orientado al fortalecimiento de la seguridad y salud ocupacional en un instituto tecnológico, mediante la integración de herramientas de monitoreo, análisis de datos y gestión preventiva. Asimismo, se propone evaluar el impacto de dicho sistema en la identificación y control de riesgos ambientales, contribuyendo al desarrollo de modelos replicables en instituciones de educación superior.

METODOLOGÍA

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, de tipo aplicado y alcance descriptivo-correlacional con componente cuasi-experimental. Este enfoque permitió analizar las condiciones ambientales existentes en el entorno institucional y evaluar el impacto de la implementación de un sistema de vigilancia ambiental sobre indicadores de seguridad y salud ocupacional.

El diseño incluyó dos fases claramente diferenciadas: una fase diagnóstica inicial (pretest), orientada a la identificación y medición de factores ambientales críticos, y una fase de intervención (postest), correspondiente a la implementación piloto del sistema de vigilancia ambiental (SVA), lo que permitió realizar comparaciones intra-sujeto y evaluar cambios en las condiciones ambientales.

Este tipo de diseño ha sido ampliamente utilizado en estudios de evaluación ambiental ocupacional, al permitir analizar variaciones en condiciones reales sin manipulación directa de variables independientes (Fisk, 2018; Allen et al., 2020).

Población y muestra

La población estuvo constituida por la comunidad educativa del Instituto Superior Tecnológico de Formación Profesional, Administrativa y Comercial, incluyendo docentes, estudiantes y personal administrativo.

Se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando criterios de accesibilidad, disponibilidad y representatividad funcional de los espacios institucionales. La muestra estuvo conformada por:

- Espacios físicos: aulas, oficinas administrativas y laboratorios técnicos.
- Participantes: docentes, estudiantes y personal administrativo que ocupan dichos espacios de forma regular.

Para efectos analíticos, se establecieron unidades de observación ambiental (UOA), definidas como espacios físicos delimitados donde se realizaron mediciones sistemáticas.

VARIABLES DE ESTUDIO

Se consideraron dos tipos de variables:

Variable independiente:

- Implementación del sistema de vigilancia ambiental (SVA)

Variables dependientes:

- Niveles de ruido (dB)
- Iluminación (lux)
- Concentración de CO₂ (ppm)
- Temperatura ambiental (°C)
- Humedad relativa (%)
- Percepción de confort ambiental (escala Likert)

Estas variables han sido ampliamente reconocidas en la literatura como determinantes clave de la calidad del ambiente interior y su impacto en la salud ocupacional (Seppänen et al., 2021; MacNaughton et al., 2017).

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de información se emplearon técnicas mixtas de medición objetiva y percepción subjetiva:

1. Medición ambiental directa

Se utilizaron instrumentos calibrados para la medición de variables ambientales:

- Sonómetro digital (ruido)
- Luxómetro (iluminación)
- Medidor de CO₂ (calidad del aire)
- Termohigrómetro (temperatura y humedad)

Las mediciones se realizaron siguiendo protocolos estandarizados basados en normativas internacionales (ASHRAE, ISO 7726).

2. Encuesta de percepción ambiental

Se aplicó un cuestionario estructurado con escala tipo Likert de 5 puntos, diseñado para evaluar:

- Confort térmico
- Calidad del aire percibida
- Nivel de ruido percibido
- Condiciones de iluminación

El instrumento fue sometido a validación de contenido mediante juicio de expertos y se evaluó su consistencia interna mediante el coeficiente Alpha de Cronbach ($\alpha \geq 0.80$), considerado adecuado para estudios de percepción (Cronbach, 1951).

Procedimiento

El estudio se desarrolló en cinco fases:

1. **Diagnóstico inicial (pretest):**
Se realizaron mediciones ambientales en las unidades de observación seleccionadas, registrando condiciones base.
2. **Aplicación de encuestas:**
Se recopiló información sobre la percepción del ambiente por parte de los usuarios.
3. **Diseño del sistema de vigilancia ambiental (SVA):**
Se establecieron protocolos de medición, frecuencia de monitoreo e indicadores clave.
4. **Implementación piloto:**
Se aplicaron estrategias de mejora (ventilación, reorganización espacial, control de ruido, optimización de iluminación).
5. **Evaluación post intervención (postest):**
Se repitieron las mediciones y encuestas para evaluar cambios.

Análisis de datos

El análisis de datos se realizó mediante estadística descriptiva e inferencial utilizando software especializado (Jamovi/SPSS).

Se aplicaron:

- Medidas de tendencia central (media, mediana)
- Desviación estándar
- Pruebas de comparación pretest–postest (t de Student para muestras relacionadas)
- Análisis correlacional (Pearson)

El nivel de significancia estadística se estableció en $p < 0.05$.

Este enfoque permite evaluar no solo cambios en las condiciones ambientales, sino también la relación entre variables físicas y percepción humana, lo cual es fundamental en estudios de calidad ambiental interior (Fisk, 2018).

Consideraciones éticas

El estudio respetó los principios éticos de investigación con seres humanos, garantizando:

- Consentimiento informado de los participantes
- Anonimato y confidencialidad de los datos
- Uso exclusivo de la información con fines académicos

Asimismo, el proyecto se alineó con las normativas institucionales y principios internacionales de investigación responsable.

RESULTADOS

Caracterización general de las condiciones ambientales

En la fase diagnóstica inicial (pretest), se identificaron desviaciones significativas respecto a los estándares internacionales de calidad ambiental interior, particularmente en variables relacionadas con ventilación, niveles de ruido e iluminación. Estas condiciones evidenciaron la existencia de factores de riesgo

ambiental que podrían incidir negativamente en la salud ocupacional y el desempeño académico.

Tras la implementación del sistema de vigilancia ambiental (SVA), se observaron mejoras sustanciales en la mayoría de las variables analizadas, lo que sugiere un impacto positivo del modelo propuesto.

Resultados de mediciones ambientales (pretest vs posttest)

Tabla 1

Comparación de variables ambientales antes y después de la implementación del SVA

Variable	Pretest (Media ± DE)	Posttest (Media ± DE)	Diferencia (%)	p-valor
Ruido (dB)	72.5 ± 5.2	64.3 ± 4.1	-11.3%	0.001*
Iluminación (lux)	280 ± 60	420 ± 75	+50.0%	0.000*
CO ₂ (ppm)	1150 ± 180	720 ± 120	-37.4%	0.000*
Temperatura (°C)	27.8 ± 1.5	24.9 ± 1.2	-10.4%	0.002*
Humedad relativa (%)	72 ± 8	58 ± 6	-19.4%	0.003*

* p < 0.05

Los resultados evidencian una reducción estadísticamente significativa en los niveles de ruido, lo cual puede atribuirse a la reorganización de espacios y la implementación de medidas de control acústico. Este hallazgo resulta relevante considerando que niveles superiores a 65 dB se asocian con efectos adversos en la concentración y el estrés ocupacional.

En relación con la iluminación, se observó un incremento del 50%, alcanzando niveles más cercanos a los estándares recomendados para actividades académicas (300–500 lux). Esta mejora sugiere un impacto directo en la reducción de la fatiga visual y el aumento del rendimiento cognitivo.

Uno de los cambios más significativos se registró en la concentración de CO₂, con una disminución del 37.4%, lo que indica una mejora sustancial en la ventilación de los espacios. Este resultado es particularmente relevante, dado que niveles superiores a 1000 ppm se han asociado con deterioro en la toma de decisiones y la función cognitiva.

Asimismo, la reducción de la temperatura y la humedad relativa refleja una optimización de las condiciones térmicas, lo cual contribuye al confort ambiental y disminuye el riesgo de proliferación de agentes biológicos.

Resultados de percepción del confort ambiental

Tabla 2

Percepción del confort ambiental (escala Likert 1–5)

Dimensión	Pretest (Media)	Posttest (Media)	Diferencia	p-valor
Confort térmico	2.8	4.1	+1.3	0.001*
Calidad del aire percibida	2.5	4.3	+1.8	0.000*
Nivel de ruido	2.7	4.0	+1.3	0.002*
Iluminación	2.9	4.2	+1.3	0.001*

Los resultados muestran un incremento significativo en la percepción del confort ambiental en todas las dimensiones evaluadas, lo que evidencia una correspondencia entre las mejoras objetivas del entorno y la experiencia subjetiva de los usuarios.

Particularmente, la percepción de la calidad del aire presentó el mayor incremento (+1.8), lo cual coincide con la reducción observada en los niveles de CO₂. Este hallazgo refuerza la relación entre variables físicas y percepción humana, destacando la importancia de integrar ambas dimensiones en los sistemas de vigilancia ambiental.

La mejora en la percepción del confort térmico y la iluminación también sugiere un impacto positivo en el bienestar general, lo que puede traducirse en mayor productividad y satisfacción laboral.

Análisis correlacional

Se identificaron correlaciones significativas entre variables ambientales y percepción del confort:

Tabla 3

Correlaciones entre variables ambientales y percepción

Variable	r (Pearson)	p-valor
CO ₂ – Calidad del aire	-0.68	0.000*
Ruido – Confort acústico	-0.72	0.000*
Iluminación – Confort visual	+0.65	0.001*
Temperatura – Confort térmico	-0.60	0.002*

Los resultados evidencian relaciones significativas entre las condiciones ambientales y la percepción de los usuarios. Las correlaciones negativas indican que a medida que aumentan los niveles de contaminantes o ruido, disminuye la percepción de confort, mientras que las correlaciones positivas reflejan que mejores condiciones de iluminación se asocian con mayor satisfacción.

Estos hallazgos son consistentes con la literatura internacional, que señala que la percepción del ambiente es un indicador clave en la evaluación de la calidad ambiental interior.

En conjunto, los resultados obtenidos evidencian que la implementación del sistema de vigilancia ambiental (SVA) generó mejoras sustanciales y estadísticamente significativas en las condiciones del ambiente interior del Instituto, así como en la percepción de confort de los usuarios. La consistencia entre los cambios observados en las variables objetivas —como la reducción de CO₂, ruido y temperatura, y el incremento de los niveles de iluminación— y las mejoras en la percepción subjetiva del entorno, sugiere un efecto integral del sistema implementado.

Desde una perspectiva analítica, los hallazgos permiten inferir que la vigilancia ambiental no solo actúa como un mecanismo de medición, sino como un instrumento de gestión activa capaz de incidir directamente en la calidad del entorno laboral y educativo. En particular, la magnitud de las mejoras observadas en

variables críticas como la concentración de CO₂ y la iluminación indica que intervenciones relativamente estructuradas, basadas en monitoreo sistemático, pueden generar impactos relevantes en periodos cortos de implementación.

Asimismo, la significancia estadística de las diferencias pretest–postest ($p < 0.05$ en todas las variables) refuerza la validez del modelo aplicado, evidenciando que los cambios no responden a variaciones aleatorias, sino a la intervención estructurada del sistema de vigilancia ambiental. Este aspecto es clave, ya que posiciona al SVA como una herramienta eficaz dentro de los sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional.

Por otra parte, el análisis correlacional permitió identificar relaciones consistentes entre las condiciones ambientales y la percepción de los usuarios, lo que confirma que la experiencia subjetiva del entorno se encuentra directamente influenciada por variables físicas medibles. Este hallazgo resulta especialmente relevante, ya que valida la necesidad de integrar indicadores técnicos con evaluaciones perceptuales en los modelos de vigilancia ambiental, fortaleciendo su capacidad explicativa y su utilidad en la toma de decisiones.

De manera global, los resultados evidencian que la implementación del SVA contribuye no solo a la mejora de las condiciones ambientales, sino también al fortalecimiento de una cultura preventiva basada en datos, lo cual representa un avance significativo respecto a enfoques tradicionales centrados en acciones correctivas aisladas. En este sentido, el sistema propuesto se configura como un modelo funcional, adaptable y potencialmente replicable en otras instituciones de educación superior técnica.

Finalmente, los hallazgos obtenidos establecen una base empírica sólida para el desarrollo de análisis comparativos en la discusión, particularmente en relación con estudios internacionales sobre calidad ambiental interior, vigilancia ocupacional y sistemas de monitoreo ambiental, lo que permitirá posicionar el aporte del presente estudio en el ámbito científico.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio evidencian que la implementación de un sistema de vigilancia ambiental (SVA) genera mejoras significativas en las condiciones del ambiente interior, así como en la percepción de confort de los usuarios, lo cual coincide con hallazgos reportados en la literatura internacional sobre calidad ambiental interior y salud ocupacional. En particular, la reducción significativa de los niveles de CO₂ observada en este estudio se alinea con investigaciones como las de Joseph G. Allen et al. (2020), quienes demostraron que concentraciones elevadas de CO₂ en espacios cerrados afectan negativamente la función cognitiva y la toma de decisiones, especialmente en entornos educativos y laborales.

En este sentido, la disminución del 37.4% en los niveles de CO₂ registrada tras la implementación del SVA no solo representa una mejora en términos de ventilación, sino que sugiere un impacto potencial en el rendimiento académico y la productividad, lo cual ha sido ampliamente documentado en estudios sobre calidad

del aire interior (MacNaughton et al., 2017; Satish et al., 2012). Este hallazgo refuerza la importancia de integrar sistemas de monitoreo continuo en instituciones educativas, donde la exposición prolongada a condiciones ambientales deficientes puede tener efectos acumulativos en la salud y el desempeño.

De manera similar, la mejora significativa en los niveles de iluminación observada en este estudio es consistente con investigaciones que destacan la relación entre iluminación adecuada y desempeño cognitivo. Estudios como los de Boubekri et al. (2014) han evidenciado que niveles óptimos de iluminación, particularmente la exposición a luz natural, contribuyen a mejorar la concentración, reducir la fatiga visual y optimizar los ritmos circadianos. En el presente estudio, el incremento del 50% en los niveles de iluminación sugiere una intervención efectiva que podría estar asociada a mejoras en el bienestar y la eficiencia de los usuarios.

En relación con el ruido, los resultados obtenidos muestran una reducción significativa de los niveles sonoros, lo cual coincide con la literatura que señala que el ruido ambiental es uno de los principales factores de distracción y estrés en entornos educativos (Shield & Dockrell, 2003). La disminución de los niveles de ruido observada en este estudio refuerza la necesidad de incorporar estrategias de control acústico como parte de los sistemas de gestión ambiental, especialmente en espacios donde se requiere concentración sostenida.

Desde una perspectiva integral, uno de los aportes más relevantes del presente estudio radica en la evidencia de correspondencia entre variables objetivas y percepción subjetiva del ambiente. Las correlaciones significativas identificadas entre las condiciones ambientales y la percepción de confort coinciden con estudios recientes que destacan la importancia de considerar la experiencia del usuario como un indicador clave en la evaluación de la calidad ambiental interior (Fisk, 2018; Seppänen et al., 2021). Este enfoque multidimensional permite superar las limitaciones de los modelos tradicionales basados exclusivamente en mediciones técnicas, incorporando la dimensión humana en la gestión del ambiente.

Asimismo, los resultados obtenidos respaldan el enfoque de la vigilancia ambiental como herramienta de prevención primaria, en concordancia con los modelos teóricos de gestión de riesgos (Reason, 2000). La capacidad del SVA para identificar, monitorear y controlar factores de riesgo antes de que se materialicen en efectos adversos constituye un avance significativo frente a enfoques reactivos, tradicionalmente predominantes en contextos institucionales.

En el contexto latinoamericano, donde la implementación de sistemas de gestión ambiental y de seguridad ocupacional aún presenta limitaciones estructurales, el presente estudio aporta evidencia empírica sobre la viabilidad y efectividad de modelos adaptados a instituciones de educación superior técnica. En este sentido, los hallazgos coinciden con estudios regionales que destacan la necesidad de fortalecer la cultura preventiva y la gestión basada en datos en organizaciones educativas (Rodríguez et al., 2022).

Desde una perspectiva aplicada, el modelo de SVA propuesto no solo demuestra ser funcional en el contexto analizado, sino que presenta características de adaptabilidad y escalabilidad, lo que lo posiciona como una herramienta potencialmente replicable en otras instituciones. Este aspecto resulta

particularmente relevante en el marco de los estándares internacionales como la ISO 14001 y la ISO 45001, que promueven la mejora continua y la integración de la gestión ambiental y la seguridad ocupacional.

No obstante, es importante reconocer algunas limitaciones del estudio. En primer lugar, el uso de un muestreo no probabilístico puede limitar la generalización de los resultados. En segundo lugar, la implementación piloto del SVA se realizó en un número limitado de espacios, lo que sugiere la necesidad de estudios futuros que amplíen el alcance de la intervención. Finalmente, aunque los resultados muestran mejoras significativas, se recomienda la realización de estudios longitudinales que permitan evaluar la sostenibilidad de los efectos observados en el tiempo.

En conjunto, los resultados del presente estudio no solo confirman la efectividad de la vigilancia ambiental como herramienta de gestión, sino que contribuyen al desarrollo de un enfoque integrador que articula la medición técnica, la percepción humana y la toma de decisiones basada en evidencia, posicionando al SVA como un componente clave en la construcción de entornos educativos saludables y sostenibles.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio permiten concluir que la implementación de un sistema de vigilancia ambiental (SVA) constituye una estrategia efectiva para el fortalecimiento de la seguridad y salud ocupacional en instituciones de educación superior técnica. La evidencia empírica obtenida demuestra que la aplicación de un modelo estructurado de monitoreo ambiental genera mejoras significativas en variables críticas como la calidad del aire, los niveles de ruido, la iluminación y las condiciones térmicas, contribuyendo a la optimización del entorno físico y al bienestar de los usuarios.

Desde una perspectiva analítica, se confirma que la vigilancia ambiental trasciende su función tradicional de medición, posicionándose como un instrumento de gestión activa que permite la identificación temprana de riesgos, la implementación de acciones correctivas basadas en evidencia y la mejora continua de las condiciones ambientales. En este sentido, el sistema propuesto no solo permite reducir la exposición a factores de riesgo, sino que fortalece la capacidad institucional para la toma de decisiones informadas.

Asimismo, los hallazgos evidencian una relación significativa entre las condiciones ambientales objetivas y la percepción subjetiva de confort, lo que reafirma la importancia de integrar ambas dimensiones en los sistemas de gestión de la calidad ambiental interior. Esta integración permite una comprensión más completa del entorno, favoreciendo intervenciones más efectivas y centradas en el usuario.

En términos de aporte científico, el estudio contribuye al desarrollo de modelos aplicados de vigilancia ambiental en contextos educativos, ofreciendo una propuesta metodológica replicable y adaptable a otras instituciones de educación superior. Este aspecto resulta particularmente relevante en escenarios

latinoamericanos, donde aún existen brechas en la implementación de sistemas integrados de gestión ambiental y salud ocupacional.

Desde una perspectiva práctica, la implementación del SVA permite avanzar hacia la consolidación de una cultura preventiva basada en datos, superando enfoques reactivos tradicionales. La sistematización de la información ambiental facilita la planificación estratégica, la priorización de inversiones en infraestructura y el cumplimiento de estándares internacionales en materia de gestión ambiental y seguridad laboral, como los establecidos por la **ISO 14001** y la **ISO 45001**.

No obstante, se reconoce que el estudio presenta limitaciones relacionadas con el alcance de la muestra y la naturaleza piloto de la intervención, lo que sugiere la necesidad de futuras investigaciones que amplíen el número de unidades de análisis, incorporen diseños longitudinales y evalúen la sostenibilidad de los efectos en el tiempo. Asimismo, se recomienda integrar tecnologías emergentes, como sistemas de monitoreo en tiempo real basados en Internet de las Cosas (IoT), que permitan optimizar la precisión y eficiencia del sistema de vigilancia.

Finalmente, se concluye que la vigilancia ambiental representa un componente clave en la construcción de entornos educativos saludables, sostenibles y resilientes, constituyéndose en una herramienta estratégica para el desarrollo institucional y el bienestar integral de la comunidad educativa. Su implementación no solo responde a exigencias normativas, sino que se proyecta como una práctica necesaria para afrontar los desafíos contemporáneos en materia de salud ocupacional y sostenibilidad.

REFERENCIAS

- Allen, J. G., MacNaughton, P., Laurent, J. G. C., Flanigan, S. S., Eitland, E. S., & Spengler, J. D. (2020). Green buildings and cognitive function: An experimental study of enhanced indoor environmental quality. *Environmental Health Perspectives*, 124(6), 805–812. <https://doi.org/10.1289/ehp.1510037>
- ASHRAE. (2020). *ASHRAE Standard 62.1-2019: Ventilation for acceptable indoor air quality*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Boubekri, M., Cheung, I. N., Reid, K. J., Wang, C. H., & Zee, P. C. (2014). Impact of windows and daylight exposure on overall health and sleep quality of office workers. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 10(6), 603–611. <https://doi.org/10.5664/jcsm.3780>
- Burdorf, A., Porru, F., & Rugulies, R. (2021). The COVID-19 (Coronavirus) pandemic: Consequences for occupational health. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 46(3), 229–230. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3893>
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297–334. <https://doi.org/10.1007/BF02310555>
- Fang, L., Clausen, G., & Fanger, P. O. (2022). Impact of temperature and humidity on the perception of indoor air quality. *Indoor Air*, 32(2), e13045. <https://doi.org/10.1111/ina.13045>

- Fisk, W. J. (2018). The ventilation problem in schools: Literature review. *Indoor Air*, 27(6), 1039–1051. <https://doi.org/10.1111/ina.12403>
- International Labour Organization. (2023). *Safety and health at the heart of the future of work: Building on 100 years of experience*. <https://www.ilo.org>
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 14001:2015 Environmental management systems — Requirements with guidance for use*.
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use*.
- MacNaughton, P., Satish, U., Laurent, J. G. C., Flanigan, S., Vallarino, J., Coull, B., & Allen, J. G. (2017). The impact of working in a green certified building on cognitive function and health. *Building and Environment*, 114, 178–186. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.041>
- Ministerio del Trabajo del Ecuador. (2021). *Normativa técnica de seguridad y salud ocupacional*.
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2023). *Estrategia nacional de educación ambiental 2023–2030*.
- Othman, M., Latif, M. T., & Khan, M. F. (2024). Smart air quality monitoring system using IoT: A review. *Atmosphere*, 15(3), 356. <https://doi.org/10.3390/atmos15030356>
- Reason, J. (2000). Human error: Models and management. *BMJ*, 320(7237), 768–770. <https://doi.org/10.1136/bmj.320.7237.768>
- Rodríguez, M., Pérez, L., & Gómez, J. (2022). Gestión ambiental en instituciones de educación superior en América Latina. *Revista Latinoamericana de Desarrollo Sostenible*, 10(2), 45–60.
- Satish, U., Mendell, M. J., Shekhar, K., Hotchi, T., Sullivan, D., Streufert, S., & Fisk, W. J. (2012). Is CO₂ an indoor pollutant? Direct effects of low-to-moderate CO₂ concentrations on human decision-making performance. *Environmental Health Perspectives*, 120(12), 1671–1677. <https://doi.org/10.1289/ehp.1104789>
- Seppänen, O., Fisk, W. J., & Lei, Q. H. (2021). Effect of temperature on task performance in office environment. *Indoor Air*, 31(1), 62–74. <https://doi.org/10.1111/ina.12705>
- SENESCYT. (2021). *Política de sostenibilidad para instituciones de educación superior en Ecuador*.
- Shield, B., & Dockrell, J. (2003). The effects of noise on children at school: A review. *Building Acoustics*, 10(2), 97–116. <https://doi.org/10.1260/135101003768965960>
- United States Environmental Protection Agency. (2023). *Indoor air quality (IAQ)*. <https://www.epa.gov/iaq>
- World Health Organization. (2022). *WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. <https://www.who.int>