

Dorian Josué Zambrano-Pachacama; Bladimir Alejandro Velasco-Cevallos; Alexander Javier Guerrero; Silvio Amable Machuca-Vivar

[DOI 10.35381/cm.v10i2.1484](https://doi.org/10.35381/cm.v10i2.1484)

## **Monitoreo de contaminantes del aire interior en edificaciones como factor del síndrome del edificio enfermo**

### **Monitoring indoor air pollutants in buildings as a factor in sick building syndrome**

Dorian Josué Zambrano-Pachacama

[dorianzp95@uniandes.edu.ec](mailto:dorianzp95@uniandes.edu.ec)

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua  
Ecuador

<https://orcid.org/0009-0000-1066-196X>

Bladimir Alejandro Velasco-Cevallos

[bladimirvc54@uniandes.edu.ec](mailto:bladimirvc54@uniandes.edu.ec)

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua  
Ecuador

<https://orcid.org/0009-0009-5849-8394>

Alexander Javier Guerrero

[alexandergr53@uniandes.edu.ec](mailto:alexandergr53@uniandes.edu.ec)

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua  
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0003-3052-7332>

Silvio Amable Machuca-Vivar

[alexandergr53@uniandes.edu.ec](mailto:alexandergr53@uniandes.edu.ec)

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua  
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-4681-3045>

Recibido: 15 de mayo 2024

Revisado: 15 de junio 2024

Aprobado: 15 de septiembre 2024

Publicado: 01 de octubre 2024

Dorian Josué Zambrano-Pachacama; Bladimir Alejandro Velasco-Cevallos; Alexander Javier Guerrero; Silvio Amable Machuca-Vivar

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue diseñar un sistema de monitoreo de contaminantes del aire interior en edificaciones como factor del síndrome del edificio enfermo. El diseño de investigación fue no experimental, que se caracterizan por no manipular deliberadamente variables ni controlan estrictamente condiciones de investigación específicas. Los resultados indicaron que la gran mayoría de los consultados dicen que a veces hay mala ventilación y la otra proporción afirmó el que hay mala ventilación; de igual manera, la muestra en estudio manifestó sentir a veces malos olores. En conclusión, se pudo determinar la presencia del SEE en distintas edificaciones. Así como también los factores físicos como humedad, temperatura y CO<sub>2</sub> a los que se encuentran expuestos. Se pudo evidenciar la presencia de sus síntomas en la mayoría de los individuos, como congestión nasal, dolor de cabeza, tos, dolor de espalda, debilidad y agotamiento.

**Descriptor:** Diseño; sistema; edificio; contaminación; enfermedad. (Tesoro UNESCO)

## ABSTRACT

The objective of this research was to design a monitoring system for indoor air pollutants in buildings as a factor in sick building syndrome. The research design was non-experimental, characterized by neither deliberately manipulating variables nor strictly controlling specific research conditions. The results indicated that the vast majority of those consulted say that sometimes there is poor ventilation and the other proportion affirmed that there is poor ventilation; Likewise, the study sample sometimes reported feeling bad odors. In conclusion, the presence of SEE in different buildings could be determined. As well as the physical factors such as humidity, temperature and CO<sub>2</sub> to which they are exposed. The presence of its symptoms could be evidenced in the majority of individuals, such as nasal congestion, headache, cough, back pain, weakness and exhaustion.

**Descriptors:** Design; system; building; pollution; disease. (UNESCO Thesaurus)

Dorian Josué Zambrano-Pachacama; Bladimir Alejandro Velasco-Cevallos; Alexander Javier Guerrero; Silvio Amable Machuca-Vivar

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, la contaminación del aire en el medio ambiente es uno de los principales objetos de estudio en todo el mundo. La contaminación del aire en los ambientes interiores es uno de los principales riesgos del medio ambiente que afectan a la salud, pero no somos conscientes de ello. Actualmente, la mayoría de las personas pasan gran parte del tiempo en espacios interiores como viviendas, aulas u oficinas. Si la calidad del aire en estos ambientes no es óptima y no se tiene una buena ventilación, se puede acumular un gran nivel de contaminación.

Hoy en día se ha observado un crecimiento constante de procesos y cambios en las edificaciones modernas, específicamente para albergar oficinas. Cuando hablamos de cambios en las edificaciones, nos referimos a la parte economía. Aquí vamos a ver los verdaderos cambios, la implementación de ventilación artificial, la presencia cada vez mayor de ordenadores, impresoras, materiales sintéticos, iluminación fluorescente y la presencia de humo de tabaco, entre otros contaminantes. Dichos cambios que se han identificado como algunas posibles causantes de efectos severos para la salud de los ocupantes. Es por ello por lo que se busca promover el uso de este tipo de proyectos tecnológicos que brindan el beneficio de conocer los diferentes niveles de factores físicos o químicos donde un trabajador pasa la mayoría de su día y así mejorar la calidad del aire en estos ambientes interiores.

El síndrome del edificio enfermo es un problema común en edificaciones donde la mala calidad del aire puede causar una variedad de síntomas y malestares en los ocupantes, como fatiga, dolores de cabeza e irritación en los ojos. No obstante, un sin número de edificios carecen de sistemas de monitores adecuados para detectar y medir los contaminantes del aire de manera continua. Esto genera una gran dificultad en identificar y corregir a tiempo los problemas que contribuyen al síndrome del edificio enfermo. Por lo tanto, es necesario desarrollar e implementar sistemas de monitoreo de contaminantes del aire al interior que brinde información útil para medir los factores del síndrome del edificio enfermo

Dorian Josué Zambrano-Pachacama; Bladimir Alejandro Velasco-Cevallos; Alexander Javier Guerrero; Silvio Amable Machuca-Vivar

En correspondencia con lo anteriormente expresado surge esta investigación que tuvo como objetivo general desarrollar e implementar un sistema de monitoreo de contaminantes del aire al interior de edificaciones utilizando una placa de desarrollo Arduino integrada a una interfaz gráfica de java y con almacenamiento de información en base de datos de tipo relacional con la finalidad de identificar los factores del síndrome del edificio enfermo.

El entorno laboral en las edificaciones moderna está asociado a la aparición de diversas patologías, que se pueden dividir en tres categorías principales. Primero los pacientes con condiciones preexistentes pueden tener síntomas muy graves al vivir en ciertos edificios debido a la exposición a alérgenos o condiciones micro ambientales adversas. En el segundo grupo, el origen de enfermedades específicas reside en el propio edificio, ya sea por la propagación de agentes infecciosos, por la propagación de antígenos o por el contacto con sustancias tóxicas que se encuentran en su interior. Por último, el "síndrome del edificio enfermo" se caracteriza por un gran número de individuos con síntomas inespecíficos que desaparecen tras abandonar el edificio. El síndrome ha sido objeto de investigación desde la década de 1970 y en los últimos años ha habido un aumento de quejas sobre la calidad del aire interior, especialmente en los edificios de oficinas.

Por su parte Padilla (2020); realizo una investigacion titulada: Análisis de la situación del Síndrome del Edificio Enfermo en Colombia.El Síndrome del Edificio Enfermo es un tema que ha carecido del reconocimiento de la importancia en la incidencia de las condiciones de un ambiente de trabajo adecuado que garanticen condiciones de salud óptimas. Aunque, tiene mayor probabilidad de presentarse en edificaciones antiguas, no es ajeno a que se presente en edificaciones recientes, ya que puede ser atribuido a factores físicos, químicos, microbiológicos, psicosociales, entre otros. Dado lo anterior, surge la inquietud de indagar en cómo puede afectar la productividad en las organizaciones por las condiciones inadecuadas en el ambiente de trabajo. Para esto se llevó a cabo una revisión bibliográfica con enfoque cualitativo, por medio de consultas en libros, artículos, tesis y monografías.

Dorian Josué Zambrano-Pachacama; Bladimir Alejandro Velasco-Cevallos; Alexander Javier Guerrero; Silvio Amable Machuca-Vivar

La investigación se efectuó en tres etapas; la primera se destacó en la identificación de las principales investigaciones a nivel nacional e internacional, con esta se logró determinar que dentro de las principales fuentes de contaminación se encuentran las fuentes de combustión, los contaminantes biológicos, los compuestos orgánicos volátiles y metales pesados; en segundo lugar, se estableció que las enfermedades más frecuentes derivadas del SEE en las personas que laboran en este tipo de edificios son los trastornos cutáneos, respiratorios y digestivos; asimismo, síntomas oculares y nasales; finalmente, se describieron los principales aportes y perspectivas para la gestión del SEE.

### **Fundamentación teórica**

Edificio enfermo o también llamado Sick Building Syndrome (SBS), es el conjunto de enfermedades generadas o estimuladas por la contaminación del aire en espacios cerrados". En estas circunstancias se generan diferentes malestares, que con el tiempo se podrán evidenciar: dolores de cabeza, tos, náuseas, mareos, resfriados, irritaciones de piel y ojos, entre otros.

A partir de esto, la OMS diferencia entre dos tipos de edificios enfermos: el temporalmente enfermo, nuevos o con una remodelación reciente, para los que los síntomas desaparecen con el tiempo, y el permanentemente enfermo, cuando los síntomas persisten por años, pese a haber tomado las medidas correspondientes. Los problemas relacionados con el SEE se detectan cuando algunos de sus ocupantes expresan quejas referentes a olores, molestias e incomodidades.

Para establecer la calidad del aire del ambiente de deben generar una variedad de pruebas que se inician por un conjunto de test con el objetivo de inspeccionar los niveles de CO<sub>2</sub> y CO, así como la temperatura del ambiente. Gracias a estas pruebas se pueden inspeccionar más a fondo las situaciones en las que se encuentran algunos ambientes, como, por ejemplo: Aquellas situaciones en la que se emplee grandes cantidades de papel, las normas recomiendan evaluar la composición del polvo, pues puede haber agentes alérgicos. También pueden existir

Dorian Josué Zambrano-Pachacama; Bladimir Alejandro Velasco-Cevallos; Alexander Javier Guerrero; Silvio Amable Machuca-Vivar

situaciones donde se presencia ruidos de bajas frecuencia generados por los sistemas de ventilación, así como sonidos de frecuencias muy concretas, especialmente irritantes. Tanto en los edificios con síntomas permanentes como temporales, comparten las siguientes características:

La mayoría de las veces la construcción de estos edificios es ligera y poco costosa. Tienen un sistema de ventilación forzado, lo que ocasiona una recirculación parcial del aire, esto afecta a todo el edificio. En algunos edificios la renovación de las tomas de aire se encuentra en lugares donde no deben estar. Son edificios herméticos, en el que, por ejemplo, las ventanas no pueden abrirse.

Una ventilación insuficiente es una de las causas más frecuentes de SEE. A esto se le puede llamar “mala calidad de aire en interiores”. Los efectos adversos gracias a esta calidad de aire afectan a muchas personas, ya que pasan la mayoría del tiempo en un ambiente como este. Como se mencionó este problema es agravado gracias a la construcción de edificios para ser más herméticos y que reciclan el aire (Botella Cereceda Eduardo, 2020).

Una característica de los contaminantes del aire interior es que sus concentraciones varían espacial y temporalmente más que las exteriores. Esto es por la diversidad de fuentes. Emisiones, como la liberación de formaldehído a partir de productos con base de madera, varían con los cambios de temperatura y de humedad del edificio, pero tienen un carácter continuo. La emisión de compuestos químicos orgánicos a partir de otros materiales puede depender menos de las condiciones de temperatura y humedad, pero esas concentraciones en el aire interiores dependerán de las condiciones de ventilación (Fuentes y Ospino, 2019).

A partir de los distintos problemas mencionados, se pueden hacer presentes los contaminantes biológicos. En el aire interior hay una gran variedad de estos, en casi todos los ambientes de trabajo los microorganismos son muy importantes para la salud. Además de estos microorganismos, el aire interior puede contener granos de polen, ácaros y sus productos de excreción.

Dorian Josué Zambrano-Pachacama; Bladimir Alejandro Velasco-Cevallos; Alexander Javier Guerrero; Silvio Amable Machuca-Vivar

Durante más de dos siglos se han realizado distintas investigaciones microbiológicas del aire en distintas edificaciones. El desarrollo de muestreadores volumétricos microbiológicos de aire en los años 1940 y 1950 condujo a investigaciones de la transmisión de microorganismos en los hospitales, y posterior de mohos alergénicos conocidos en el aire de viviendas y edificios públicos, así como el aire atmosférico. La no solución de problemas relacionados con el aire interior y el desarrollo de microorganismos de transmisión aérea puede desarrollar procesos alérgicos como: Dermatitis alérgica atópica, rinitis, asma, alveolitis alérgica extrínseca

Los hongos son considerados más importante que las bacterias como componentes biológicos en el aire interior. Debido a que pueden crecer en superficies húmedas en forma de moho, los hongos ponen en evidencia los problemas de humedad y de riesgo potencial para la salud de un edificio. Los hongos hidrófilos (amantes de la humedad) son indicadores de lugares extremadamente húmedos de cultivos, y, por consiguiente, de mala calidad de aire interior.

## **MÉTODO**

El diseño de investigación fue no experimental, que se caracterizan por no manipular deliberadamente variables ni controlan estrictamente condiciones de investigación específicas. En este tipo de diseño, el investigador no tiene la oportunidad de intervenir en las variables independientes, sino que se centra en observar y analizar las variables que ocurren en su entorno de estudio. En lugar de manipular las variables de interés, los métodos no experimentales se centran en recopilar datos y observar las relaciones entre las variables existentes (Bernal, 2010; Muñoz, 2013).

Este diseño está relacionado con el contexto de este estudio sobre el desarrollo e implementación de un sistema de monitoreo de contaminantes del aire en edificaciones; dado que el mismo está orientado a monitorear el aire en entornos reales y no manipular condiciones ficticias, y gracias a dicho enfoque nos permite recopilar información importante sobre la calidad del aire.

Dorian Josué Zambrano-Pachacama; Bladimir Alejandro Velasco-Cevallos; Alexander Javier Guerrero; Silvio Amable Machuca-Vivar

También este estudio se enmarca en un nivel de investigación aplicada y descriptiva. La investigación descriptiva se caracteriza por describir detalladamente un fenómeno o situación, sin intervenir en él. En este caso, se describirán las características, comportamientos y factores asociados al síndrome del edificio enfermo, así como las tecnologías y herramientas utilizadas en el desarrollo del sistema de monitoreo de contaminantes del aire en edificaciones.

Esta descripción detallada permitirá comprender mejor el problema y diseñar soluciones adecuadas (Arias, 2012). Al utilizar sensores y dispositivos de medición conectados a la plataforma Arduino, se obtendrán datos confiables sobre la calidad del aire en tiempo real, lo que permitirá analizar, describir y comparar los niveles de contaminación en diferentes entornos interiores. La técnica utilizada fue la encuesta, el cual según Quispe Limaylla (2013) “Es una forma de obtener datos directamente de la gente en una forma sistemática y estandarizada, por lo cual se aplica una serie de preguntas, las cuales deben ser estandarizadas previamente” (p. 11).

## **RESULTADOS**

En los factores relevantes encontrados al realizar los monitoreos en distintas edificaciones en la ciudad de Santo Domingo, se consideraron los niveles de componentes químicos, condiciones físicas, salud visual, entre otros, ya que son los más agobiantes para cada ambiente. Se hizo el respectivo diagnóstico al siguiente edificio.

El presente edificio forma parte de una de las zonas más transitadas de la ciudad de Santo Domingo, además de ser un edificio de 5 pisos y tener múltiples oficinas dentro del mismo. La ubicación certera del edificio es Av. Rio Toachi y Av. Quito. En la primera fase (Investigación inicial del edificio); se realizó una revisión general del edificio que pretende identificar el tipo y la gravedad del problema. Con ayuda de una encuesta a diferentes empleados, seleccionados de forma aleatoria, se utilizará como bases estadísticas y para establecer si la presencia de síntomas excede un nivel decente. En la segunda fase (medidas de ventilación, indicadores de clima); se

Dorian Josué Zambrano-Pachacama; Bladimir Alejandro Velasco-Cevallos; Alexander Javier Guerrero; Silvio Amable Machuca-Vivar

realiza un análisis del clima del ambiente interior, para posteriormente realizar el debido monitoreo con el sistema y la tercera fase (recolección de datos); con el sistema se pueden identificar los niveles del edificio, para realizar el respectivo informe.

En cuanto a los resultados se reflejó que el 30% de las personas encuestadas dicen que algunas veces han sentido corrientes de aire en la oficina, el 20% dice que siempre ha sentido la corriente de aire y el 50% dice que nunca ha sentido corrientes de aire; en ese mismo orden de ideas, el 10% de los encuestados expresaron que algunas veces siente temperaturas altas, el 70% dice que siente temperaturas altas y el 20% dice que nunca siente temperaturas altas.

También el estudio mostro que el 50% de los consultados dicen que a veces hay mala ventilación, el 40% dice que hay mala ventilación y el 10% que nunca hay mala ventilación; de igual manera, la muestra en estudio manifestó en un 50 % sentir a veces malos olores, el 30% siempre presenta malos olores y el 20 % que nunca hay malos olores.

## **CONCLUSIONES**

Se pudo determinar la presencia del SEE en distintas edificaciones. Así como también los factores físicos como humedad, temperatura y CO<sub>2</sub> a los que se encuentran expuestos. A su vez, por medio de la observación directa se pudo evidenciar la presencia de sus síntomas en la mayoría de los individuos, estos presentaban congestión nasal, dolor de cabeza, tos, dolor de espalda, debilidad y agotamiento, síntomas que de no hacerse tratar a tiempo pueden afectar de forma seria o reiterada y ocasionar incapacidades. De acuerdo con estas situaciones se recomendó a los residentes de las edificaciones poner en marcha un plan de mejora para el fortalecimiento de los entornos habitacionales, el cual implica acciones correctivas, preventivas y de mejora continua para la obtención de resultados favorables para cada uno de los edificios implicados.

## CIENCIAMATRIA

Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología

Año X. Vol. X. N°2. Edición Especial II. 2024

Hecho el depósito de ley: pp201602FA4721

ISSN-L: 2542-3029; ISSN: 2610-802X

Instituto de Investigación y Estudios Avanzados Koinonía. (IIEAK). Santa Ana de Coro. Venezuela

Dorian Josué Zambrano-Pachacama; Bladimir Alejandro Velasco-Cevallos; Alexander Javier Guerrero; Silvio Amable Machuca-Vivar

### FINANCIAMIENTO

No monetario.

### AGRADECIMIENTOS

Gracias a todas las personas que brindaron sus valiosas contribuciones para la ejecución de la presente investigación.

### REFERENCIAS CONSULTADAS

- Almarales Díaz, O., Pupo Palma, M. A., y Hernández, E. (2017). El método fónico-analítico sintético: una vía de enseñanza de la lectoescritura. [The synthetic phonic-analytic method: a way to teach reading and writing]. *Luz, Educar desde la ciencia*, 16(2), 92-101. <https://doi.org/ISSN:1814-151X>
- Arias, F. (2012). El Proyecto de Investigación introducción a la metodología científica. [The Research Project introduction to scientific methodology]. (6ta ed.). Caracas: Episteme, C.A.
- Bernal Torres, C. A. (2010). Metodología de la investigación. Administración, economía, humanidades y ciencias sociales. [research methodology. Administration, economics, humanities and social sciences]. (3ra ed.). Colombia: PEARSON EDUCACION.
- Botella, E. (2020). Síndrome del edificio enfermo. [sick building syndrome]. (Tesis de Maestría). Universidad Miguel Hernández. <https://n9.cl/8jikpu>
- Fuentes, M. (2019). Síndrome del edificio enfermo en la facultad ciencias de la salud de la universidad de cordoba 2019. [Sick building syndrome in the faculty of health sciences of the university of cordoba 2019]. Universidad de Córdoba. <https://n9.cl/b4mmq>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2024). El síndrome del edificio enfermo. [Sick building syndrome]. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. <https://n9.cl/o3wz6>
- Quispe Limaylla, A. Q. (2013). El uso de la encuesta en las ciencias sociales. [The use of the survey in the social sciences]. (1ra ed.). Mexico: Díaz de Santos. <https://n9.cl/5uob9>
- Maita, L. (2017). Accidentes laborales. [Work accidents]. *Discapnet*. <https://n9.cl/6f1fw7>

**CIENCIAMATRIA**

**Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología**

Año X. Vol. X. N°2. Edición Especial II. 2024

Hecho el depósito de ley: pp201602FA4721

ISSN-L: 2542-3029; ISSN: 2610-802X

Instituto de Investigación y Estudios Avanzados Koinonía. (IIEAK). Santa Ana de Coro. Venezuela

Dorian Josué Zambrano-Pachacama; Bladimir Alejandro Velasco-Cevallos; Alexander Javier Guerrero; Silvio Amable Machuca-Vivar

Muñoz., E. M. (2013). Fundamentos de Investigación. Enfoque por competencia. [Research Foundations. Competition approach]. (2da ed.). Mexico: ALFAOMEGA.

Padilla, E. (2020). Análisis de la situación del Síndrome del Edificio Enfermo en Colombia. [Analysis of the Sick Building Syndrome situation in Colombia]. (Tesis de pregrado)Institución Universitaria Antonio José Camacho.

©2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)