

OPTIMIZACIÓN DEL ENTORNO LABORAL EN MODALIDAD HOME OFFICE A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE CONTROL DEL MICROCLIMA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD Y EFICIENCIA DE LA EMPRESA SANTSOFT UBICADA EN LA CIUDAD DE POPAYÁN - COLOMBIA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

OPTIMIZATION OF THE WORKING ENVIRONMENT IN HOME OFFICE MODE THROUGH A MICROCLIMATE CONTROL SYSTEM TO INCREASE THE PRODUCTIVITY AND EFFICIENCY OF THE SANTSOFT COMPANY IN POPAYAN - COLOMBIA: A SYSTEMATIC REVIEW

Lina Gabriela Flor Sarria¹
linaflor@unicomfauca.edu.co

Valentina Vergara Realpe²
valentinavergara@unicomfauca.edu.co

Farid Hernan Melenje Fonseca³
faridmelenje@unicomfauca.edu.co

Corporación Universitaria Comfauca - Unicomfauca, Facultad de Ingenierías, Programa de Ingeniería de Sistemas (1,2), Ingeniería de Mecatrónica (3)

Resumen

En este documento nos permite abordar un avance inicial hacia la creación de un sistema inteligente de control del microclima con el fin de optimizar el ambiente laboral en un modelo de home office. La realización de la investigación se inspiró en los problemas de confort y ergonomía en tal forma de trabajo, que afectan especialmente a los empleados de Santsoft, una empresa localizada en Popayán, Colombia. Nos dimos cuenta de que, con factores como la iluminación, la ventilación y la temperatura, afectan tanto la productividad laboral como la comodidad del empleado. En general, hemos decidido llevar a cabo el desarrollo y la fase de ensayos de un sistema que pueda ser controlado por los empleados para regular y mantener esos factores dentro de los parámetros óptimos, lo que, creemos, hará del proceso de trabajo un fenómeno más efectivo y agradable. En este artículo, hemos tratado sobre la elección de las tecnologías y sensores apropiados, hemos informado de los algoritmos de procesamiento de datos utilizados y hemos evaluado el sistema en pruebas realizadas en auténticos lugares de trabajo en el hogar. La implementación del sistema de control del microclima dará lugar a óptimos resultados de productividad y bienestar de los empleados. Creemos que nuestras ideas aquí no solo serán una buena base para próximas investigaciones en el área de la optimización del ambiente laboral a distancia, sino que también encontrarán unas soluciones prácticas.

Palabras Clave: Microclima; Optimización; Sensores; Productividad

Abstract

This paper allows us to address an initial advance towards the creation of an intelligent microclimate control system in order to optimize the work environment in a home office model. The realization of the research was inspired by the comfort and ergonomics problems in such a way of working, which especially affect the employees of Santsoft, a company located in Popayán, Colombia. We realized that, with factors such as lighting, ventilation and temperature, affect both labor productivity and employee comfort. In general, we have decided to carry out the development and testing phase of a system that can be controlled by employees to regulate and maintain these factors within optimal parameters, which, we believe, will make the work process a more effective and pleasant phenomenon. In this article, we have discussed the choice of appropriate technologies and sensors, reported on the data processing algorithms used, and evaluated the system in tests conducted in real home workplaces. The implementation of the microclimate control system will lead to optimal employee productivity and well-being results. We believe that our ideas here will not only be a good basis for further research in the area of remote work environment optimization, but that you will also find some practical solutions.

Keywords: Microclimate; Optimization; Sensors; Productivity

1. INTRODUCCIÓN

Por consiguiente, la modalidad home office, ha tenido un gran incremento estos últimos años. A causa de; ya que como dice [1] “aunque trabajar desde casa tiene muchas ventajas, como mayor flexibilidad y autonomía de los empleados”. Esta modalidad de home office tuvo mucha fuerza en las organizaciones gracias a la pandemia. No solo esta transición se dio en determinados perfiles profesionales, ya que, en [2] “la pandemia de Covid-19 aceleró la necesidad de un espacio de oficina en casa funcional y ergonómico, sobre todo para trabajadores remotos “. Aunque ofrece ventajas como una flexibilidad y una reducción de costos, esta modalidad presenta problemas como la desconexión para con la empresa y los empleados, la productividad y la salud mental. Según [3] “son muchos los retos que se pueden encontrar desde el punto de vista del empleado, las distracciones, los niños, los amigos, el aislamiento, la procrastinación, la adicción al trabajo y creación, el no apoyo o apoyo técnico, el ruido del hogar, son desventajas que pueden complicar la implantación del modelo de oficina en casa”.. Al ser esta una nueva normalidad en muchos casos de trabajo en estos tiempos, es necesario conocer los factores a considerar para el trabajo. Las oficinas en casa son una facilidad y es cómoda, pero hay una serie de factores que no se puede controlar que influyen mucho en el desarrollo de la productividad del empleado... Por lo tanto, los obstáculos que surgieron desde el Home Office muestran la emergencia del problema de estudio, desde cuestiones de salud y rendimiento, hasta la falta de objetividad en la medida de las variables microclimáticas con respecto a su efecto en elevar o disminuir la productividad. Por lo tanto, tener un control de las dos variables climáticas en el desarrollo del home office, conlleva a elevar la producción laboral, esto se vería beneficiado las personas que trabajan remotamente en la ciudad de Popayán ya que incrementa el rendimiento a los payaneses que utilizan esta modalidad de trabajo. Esto les ayudaría a tener mejor oportunidad en el ámbito laboral y para su desarrollo personal al elevar su eficiencia al momento de desempeñar un trabajo mediante el clima.

Uno de los factores influyentes más grandes en la productividad de los trabajadores es la calidad de su entorno. Problemas como la falta de confort térmico, la calidad inadecuada del aire y problemas ergonómicos no se han hecho menos serios, sino que la implementación masiva del teletrabajo durante la pandemia de COVID-19 los ha intensificado, teniendo un impacto en la salud mental y física de los empleados. Por ejemplo, varios estudios han demostrado que el confort térmico puede aumentar la eficiencia de tareas cognitivas en hasta un 20%. Por lo tanto, es sorprendente que haya habido poca investigación sobre el desarrollo y la implementación de sistemas inteligentes que regulen automáticamente las variables ambientales en el home office. El presente trabajo llena una invaluable laguna en el campo de IoT por la implementación de un sistema de control adaptativo del microclima, que utiliza sensores para reunir información sobre variables ambientales, algoritmos para establecer los límites de confort según las reglas del estándar de la ASHRAE, pruebas offline y online, y, finalmente, adaptación constante en condiciones reales, en la empresa Santsoft, con sede en Popayán, Colombia.

1.1 Viabilidad de investigación

Por último, eso de la viabilidad de la investigación comprende varios factores externos que tendrían que estar incluidos en la metodología de implementación:

1.1.1. Acceso a datos y recursos: tener la información necesaria sobre el trabajo de los involucrados y poder acceder a los recursos para el control del microclima y analizar ergonómicamente el puesto de trabajo en cuestión.

1.1.2. Participación de trabajadores a la investigación: la cooperación y la disposición de compañeros y/o amigos a participar en encuestas, entrevistas y a su vez proporcionar información relevante sobre sus experiencias.

1.1.3. Análisis de impacto: no sólo proporcionará los factores que contribuyen al bajo rendimiento en el modelo de Home Office, pero también establecerá una sólida base para la implementación de medidas efectivas y centradas en el empleado para abordar los desafíos y fomentar un entorno de trabajo remoto más productivo y saludable.

1.2 Beneficios Metodológicos

Además, este estudio traerá una lista de beneficios metodológicos, los cuales dieron una contribución a su validez y confiabilidad:

1.2.1. Enfoque mixto: La metodología de investigación combina enfoques cuantitativos y cualitativos, que permitirán una comprensión más completa y profunda del fenómeno investigado.

1.2.2. Muestra diversa: Esta investigación incluirá una muestra diversa de trabajadores, que permitirá tener una variedad de perspectivas y experiencias.

1.2.3. Análisis longitudinal: Al realizar un seguimiento en el tiempo, esta investigación permitirá identificar tendencias y patrones de cambio en el desempeño de los trabajadores.

Por tanto, socialmente esta investigación podría dar una manera eficaz al home office. Esto – en el futuro, las empresas que adoptan la versión de teletrabajo hacia este método podrían implementar esta retención de capital humano, como también en las que no traten con sus empleados a distancia, es decir, que manejen oficinas dentro de los locales, pensando, por supuesto, en la comodidad de trabajador.

A partir de aquí se evaluarán los motivos detrás de la tendencia del home office. Por lo tanto, en este documento, estableceremos el problema en particular al que se enfrenta la investigación, argumentamos su relevancia en el contexto actual, presentaremos los antecedentes y primeras motivaciones detrás de este método y cómo se organizan los componentes de esta investigación.

2. METODOLOGÍA RSL

Debido a que es una investigación exploratoria de una naturaleza mixta, se opta por una revisión sistemática para la recopilación de información de interés en los temas considerados importantes.

Al centrarse en mejorar la eficiencia y la productividad en el negocio de Santsoft en Popayán, Colombia, este proyecto se ha organizado inicialmente como una revisión de la literatura con el objetivo de recopilar y revisar la investigación relevante sobre la optimización de la empresa en la modalidad home office mediante un microclima controlado hacia una empresa. Tal metodología se eligió porque una revisión de la literatura debe contener todos los componentes necesarios para la búsqueda de información sobre el tema. En cuanto a la cartografía de la revisión de la literatura, es significativo por la estructura en la que se da un plan de acción y pasos para que las partes realicen búsquedas y métodos organizados juntos para garantizar la obtención de resultados de investigación confiables. (Figura 1) [4]

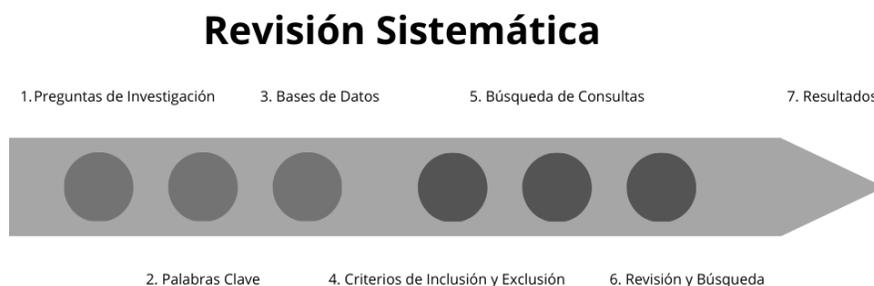


Figura 1. Proceso de la revisión sistemática [Elaboración Propia]

2.1. Preguntas de Investigación

Las preguntas de investigación que guiaron esta revisión fueron:

RQ1: ¿Cómo contrarrestar los efectos negativos del microclima en la modalidad home office, para promover un ambiente de trabajo más productivo y saludable?

RQ2: ¿Cuál es el impacto del manejo del microclima en la productividad de los trabajadores en la modalidad home office?

RQ3: ¿Qué métodos de regulación del microclima han demostrado ser más efectivos en ambientes de trabajo remotos?

RQ4: ¿Cuál es la percepción de los trabajadores sobre las condiciones del microclima y cómo afectan su desempeño laboral?

2.2. Definiciones Básicas

Se creó una tabla de definición de conceptos para aclarar los términos que se utilizan en el artículo (Tabla 1). Las consultas de búsqueda utilizadas en la revisión sistemática están relacionadas con dichos conceptos.

Tabla 1. Conceptos

Palabra	Definición
Home Office	Es una modalidad que permite a los trabajadores realizar sus responsabilidades desde su hogar, utilizando herramientas de telecomunicaciones y de informática.
Sistema Inteligente	Un programa de computación que imita comportamientos y características similares a la inteligencia humana se conoce como sistema inteligente. Puede recibir información del entorno, actuar y aprender de la experiencia.
Microclima	El microclima es una combinación de patrones y procesos atmosféricos que definen un ambiente o área reducida. Las condiciones atmosféricas locales están influenciadas por elementos como la vegetación, las obras humanas, la temperatura, la humedad y la topografía.
Productividad	La productividad mide cuántos productos o servicios se logran con los recursos utilizados (trabajadores, dinero, tiempo, entre otros..) durante un período determinado. Se calcula dividiendo la producción obtenida entre los factores utilizados.

2.3. Palabras Claves

Para esta revisión, la definición de la búsqueda de las palabras clave en inglés y español (Tabla 2) permite que la revisión sea más completa y enfocada hacia las bases de datos con el fin de obtener resultados más amplios de las búsquedas.

Tabla 2. Palabras Clave Para Las Consultas

Español	Inglés
Microclima	Microclimate
Optimización	Optimization
Sensores	Sensors
Productividad	Productivity
Teletrabajo	Home Office
Internet de las Cosas	Internet Of Things (IoT)

2.4. Bases de Datos

Para la búsqueda de información mediante una revisión sistemática (Tabla 3), se establecieron cinco bases de datos para el desarrollo de la investigación. Fueron seleccionadas por ser las más reconocidas en el mundo en ingeniería informática y educación, además de tener excelentes publicaciones de artículos, conferencias, capítulos de libros y otros.

Tabla 3. Bases de Datos

Nombre	Link
IEEE Xplore	https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp
Science Direct	www.sciencedirect.com
Redalyc.org	https://redalyc.org/
Google Académico	https://scholar.google.com

2.5. Criterios de Inclusión y Exclusión

Los temas claves del proyecto y las preguntas de investigación para las búsquedas determinaron los criterios de inclusión y exclusión de la revisión sistemática.

Los criterios de inclusión son:

- Estudios empíricos (experimentales, cuasi experimentales, estudios de casos, encuestas): para evaluar el impacto de los factores ambientales (temperatura, humedad, calidad del aire) en la productividad y el bienestar de los empleados.
- Revisiones sistemáticas o metaanálisis previos que tratan del microclima en el entorno laboral, especialmente en la oficina doméstica.
- Estudios con trabajadores de oficinas en casa de cualquier sector industrial, preferiblemente tecnología y servicios, similares al de Santsoft.
- Implantar sistemas o prácticas para controlar el microclima (temperatura, ventilación, humedad, etc) en el entorno de la oficina doméstica.
- Intervenciones para mejorar la productividad influyendo en el entorno de la oficina en casa.
- Estudios que informan de cambios en la productividad, la eficiencia o el bienestar debidos al control del microclima.

Los criterios de inclusión para la investigación fuente son:

- Publicaciones en inglés, español y portugués.
- Estudios publicados en los últimos seis años, ya que es importante que la información esté razonablemente actualizada.

Criterios de exclusión:

- Artículos de periódicos, editoriales, artículos de opinión, cartas al editor.
- Intervenciones que no se centren exclusivamente en el control del microclima o intervenciones que no analicen los datos en relación con el microclima, incluida la ergonomía o la luz y el ruido.

Después de revisar los títulos y el resumen de cada trabajo para verificar los criterios fundamentales de inclusión y exclusión. Se determina si el artículo será aceptado a través de esta revisión inicial. Para determinar si ayuda a responder a las preguntas planteadas en la revisión sistemática, cada artículo se revisa de manera general después de este procedimiento.

2.6. Cadenas de Búsqueda

Se estableció una cadena de búsqueda general (Tabla 4) que permitía responder a las preguntas de investigación planteadas y se basaba en los conceptos generales del título de la búsqueda. Revisamos cómo realizar búsquedas avanzadas para cada una de las bases de datos y establecemos la consulta de búsqueda para cada una de ellas, lo que permite resultados más precisos en función de las palabras clave.

Tabla 4. Cadena de búsqueda general

Idioma de búsqueda: Inglés
("IoT in Smart Workspaces" OR "Human-Centered IoT Design" OR "Wearable Technology for Remote Work") OR ("Microclimate Control Systems" OR "Indoor Air Quality Management" OR "Adaptive Workplace Environments" OR "Energy Efficiency in Home Offices") AND ("Home Office Productivity" OR "Workplace Ergonomics and IoT")

2.7. Proceso de Búsqueda

Con lo anterior anteriormente, después de la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión previamente determinados, se siguió una búsqueda exhaustiva en varias bases de datos académicas, utilizando la cadena de búsqueda que había sido construida en el proceso revisado; ya que el propósito de ésta es poder encontrar los artículos más relevantes del proceso de revisión por lo tanto a ésta estructura es posible encontrar 35 artículos que se han considerado relevantes en el proceso de la investigación en ésta búsqueda inicial.

Cada uno de estos artículos fue objeto de una revisión minuciosa. Los revisores evaluaron la calidad metodológica, la relevancia y la concordancia con los objetivos. Una de las conexiones analizadas fue la existente entre el control del microclima y los datos de productividad en la empresa remota, con especial énfasis en el caso Santsoft.

Al final, 20 artículos cumplieron con los criterios de la revisión y fueron aceptados para participar en el estudio. Todos dieron pruebas suficientes y fuertes para responder a la pregunta hecha, y se les entregó un sí debido a que proveen de una perspectiva generalizada sobre cómo la ingeniería de control del microclima puede ser aplicada para afectar significativamente en la eficiencia y productividad en el desempeño del trabajo en un entorno doméstico.

3. METODOLOGÍA

Para abordar el problema identificado, se diseñó y evaluó el prototipo de un sistema inteligente de control del microclima. Tal sistema automatizado tiene como objetivo regular las variables ambientales más importantes en entornos de trabajo a distancia con el fin de hacer que el trabajo de los empleados sea más conveniente y productivo. La metodología incluyó las siguientes etapas: diseño conceptual, creación del prototipo, implementación en un entorno controlado y verificar protocolos de prueba, tales como pruebas funcionales y de campo.

3.1. Diseño Conceptual del Prototipo

El diseño de esta función se realizó considerando la identificación de variables ambientales que afectan a las personas y condicionan su desempeño. Se basó en revisiones bibliográficas y encuestas realizadas en la empresa Santsoft a los trabajadores que desempeñaron sus labores en modalidad home office. Entre las variables que se consideran críticas para el confort térmico y bienestar, seleccionadas a partir de la literatura y la opinión pública, se encuentran:

- Temperatura: Idealmente, las oficinas deben mantener temperaturas de 17-25, según la ISO 7730 de confort

térmico [1].

- Calidad de aire: medidas de dióxido de carbono y compuestos volátiles orgánicos. Por lo tanto, el sistema diseñado consiste en la integración de sensores y actuadores, además incluye un algoritmo de control adaptativo basado en reglas difusas para determinar automáticamente estas variables.
- Humedad relativa: Rango de 30-70% para evitar sequedad y exceso de humedad en el aire de forma tal que sea agradable para el usuario.

3.2. Desarrollo del Prototipo

Componentes del Sistema

El prototipo fue diseñado para ser modular, eficiente y de bajo costo, utilizando componentes de fácil acceso:

3.2.1. Sensores:

- DHT22: Para medir temperatura y humedad con alta precisión.
- MQ-135: Para detectar niveles de calidad del aire y gases contaminantes.
- Fotorresistor: Sensor de luz para evaluar condiciones de iluminación ambiental.

3.2.2. Microcontrolador:

- ESP32: Elegido por su capacidad de conectividad WiFi y su compatibilidad con diversos sensores.

3.2.3. Actuadores:

- Ventilador portátil y un calefactor (secador) portátil para regular la temperatura.
- Humidificador y Deshumidificador para ajustar los niveles de humedad según sea necesario.

3.2.4. Software de Control:

- Algoritmos desarrollados en Arduino para procesar datos en tiempo real y emitir comandos a los actuadores.
-

3.3 Arquitectura

El sistema consistirá en tres módulos principales:

- **Módulo de Sensores:** Recopilación de datos ambientales cada 10 segundos.
- **Módulo de Control:** Procesamiento de datos mediante un algoritmo de control proporcional-integral-derivativo (PID).
- **Módulo de Actuadores:** Respuesta en tiempo real para ajustar las condiciones ambientales.

3.3.1 Esquema de la Arquitectura:

El sistema desarrollado (Figura 2) para el control del microclima se basó en una arquitectura IoT multicapa, compuesta por dispositivos, comunicación en red, procesamiento de datos en la nube, visualización y medidas de seguridad. Estas cubren varias maneras de asegurar que el sistema funcione de manera eficiente y segura en diferentes entornos laborales. Las capas de esta arquitectura son:

- Dispositivo: Es la capa en donde se encuentran los sensores ambientales, los cuales miden las variables clave como temperatura, humedad y calidad del aire, fundamentales para el control del microclima.
- Red: En donde se emplean tecnologías de comunicación inalámbrica entre los dispositivos como LoRaWAN o WIFI, así como gateways y repetidores para la conectividad al servidor central.
- Aplicación y Servicios de Soporte: Los datos recopilados son enviados y almacenados en la nube a través de servicios como

AWS, los cuales son procesados y analizados mediante Power BI para la creación de visualizaciones y reportes en tiempo real.

- Aplicación: Los usuarios acceden a los datos desde un dashboard, como IBM Smart City Dashboard.
- Seguridad: Como IBM Watson IoT Platform, AWS IoT Device Defender y Zigbee Security Service, aseguran que los datos y dispositivos estén seguros y protegidos contra ciberataques.

Esta arquitectura es modular y escalable, permitiendo la adición de nuevas funcionalidades como algoritmos de inteligencia artificial para la personalización y predicción del microclima, volviendo al sistema una solución integral y adaptable al bienestar y productividad de los trabajadores en entornos remotos.

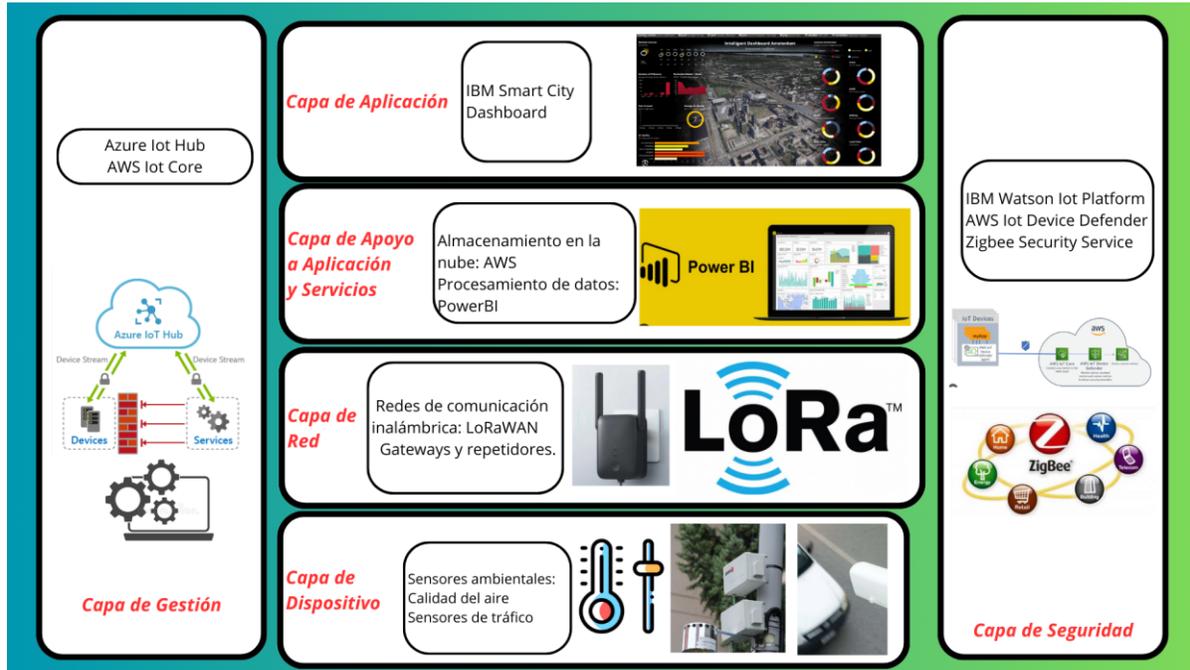


Figura 2. Esquema arquitectural [Fuente Propia]

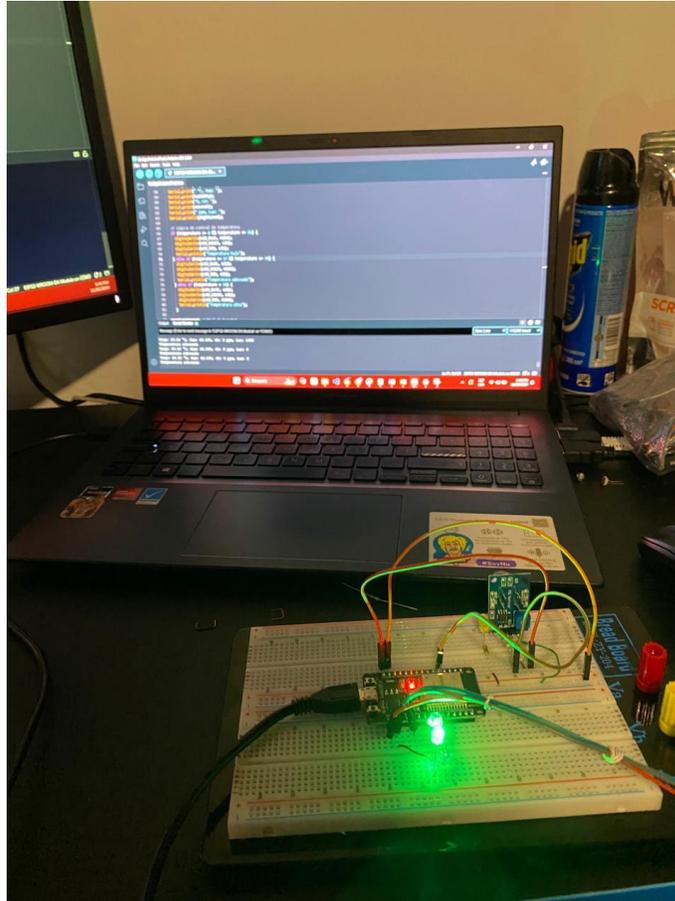
3.4. Implementación

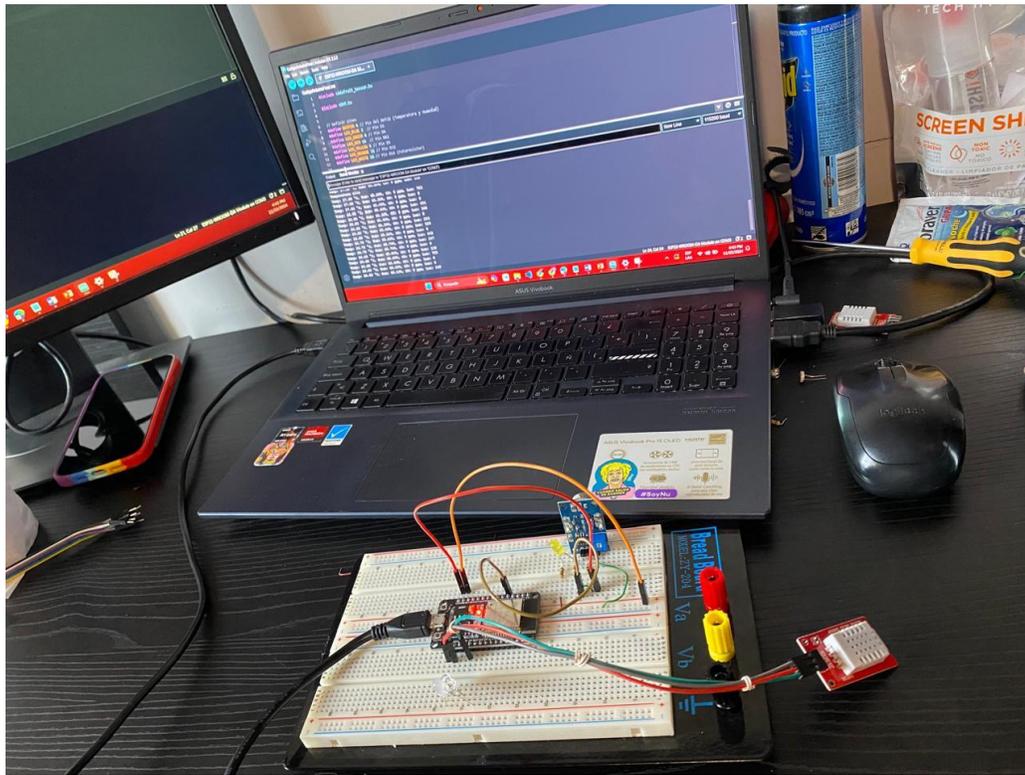
El prototipo fue implementado en un entorno simulado de home office en las instalaciones de Santsoft. Se seleccionaron

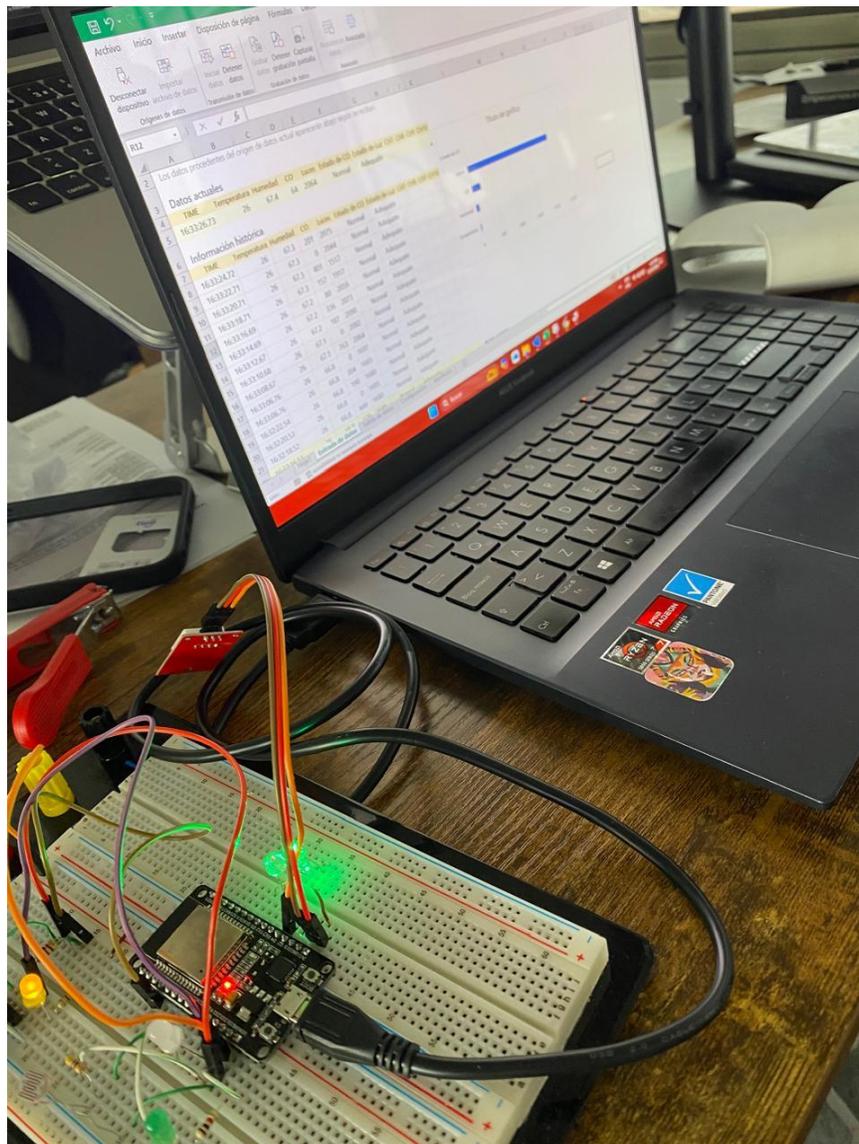
cinco estaciones de trabajo que representaban las condiciones típicas de los trabajadores remotos (Figuras 3).

3.4.1. Preparación del Espacio de Trabajo

1. Se acondicionaron los espacios con muebles estándar para simular oficinas en casa.
2. Cada estación fue equipada con el prototipo y se estableció un sistema de monitoreo remoto para recopilar datos.







Figuras 3. Espacio de Trabajo [Fuente Propia]

3.5. Pruebas Funcionales

3.5.1. Duración y Procedimiento

Las pruebas se llevaron a cabo durante dos semanas en un entorno controlado:

- Semana 1 : condiciones ambientales y productividad del trabajador sin el sistema activado en funciones para obtener una línea base.
- Semana 2 : permitió la activación del sistema de control del microclima y la recopilación de datos sobre las mismas

variables.

3.5.2. Variables Analizadas

- Confort percibido: encuesta diaria sobre satisfacción con las condiciones en una escala de 1-10.
- Estabilidad térmica: los datos de temperatura, humedad y calidad del aire se registran extrayéndose del sistema.

3.6. Análisis de Datos

Los datos recopilados fueron analizados utilizando herramientas estadísticas (Figura 4):

- **Comparaciones pre y post-intervención:** Prueba t de Student para evaluar la significancia de los cambios en productividad y confort.
- **Gráficos de variabilidad térmica:** Se generaron gráficas que muestran la diferencia entre temperatura objetivo y temperatura medida a lo largo del día.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los hallazgos de estudios recientes han revelado la satisfacción de los trabajadores sobre varios temas, a saber, el confort térmico y la calidad visual, que deben considerarse críticas en la satisfacción global de los trabajadores en modalidad de home office. Estos dos factores tenían índices altamente satisfactorios. A partir de esto, se puede establecer que existe una correlación directa de la calidad ambiental interior con la percepción del bienestar del trabajador, en línea con estudios anteriores. En particular, se observó que el confort térmico y la calidad visual tienen una fuerte correlación con la aceptabilidad del bienestar, lo que sugiere que ambos elementos son críticos para el adecuado diseño de espacios de trabajo[5]. Por otro lado, la aceptabilidad correspondiente al área del aire, así como la vida y las actividades relacionadas con la salud, fueron bajas, lo que indica que los espacios donde vive la gente no están preparados adecuadamente para el trabajo remoto. Esto puede ser debido a que la gente no sabe cómo optimizar su espacio de trabajo y porque la planificación de espacios de trabajo óptimos en la actualidad es un tema poco profesional[5]. Mientras tanto, la acústica fue un tema insignificante y, por lo tanto, se excluyó del estudio, lo que indica que no influye en el confort de las personas en la configuración de home escaping y las comunidades [5].

Los datos recopilados fueron validados y corregidas las dimensiones clave para entender mejor su interrelación, lo que llevó a una revisión metodológica en el contexto particular y los estudios de prueba[5]. El siguiente problema clave de investigación es que el sistema de monitorización inteligente desarrollado ha sido crucial. Este sistema es parte de un proyecto de investigación que pretende determinar cómo los parámetros microclimáticos influyen en los parámetros fisiológicos del usuario. Actualmente, se encuentra en fase de pruebas y optimización. Sin embargo, se espera que este sistema se convierta en una herramienta importante para controlar si las condiciones en entornos cerrados son las adecuadas[6]. En conclusión, la pandemia de COVID-19 supuso un cambio brusco a la modalidad de home office. Esta situación agravó muchos problemas en los hogares, relacionado con la falta de adecuación de los espacios de trabajo, la falta de planificación de entornos en los que la gente vive y la pérdida de medidas ergonómicas adecuadas. Todo esto ha incrementado no solo el riesgo de trastornos musculoesqueléticos. De hecho, también ha influido negativamente en la salud mental y física de la gente, reduciendo la productividad y la satisfacción[7].

Además, vale la pena mencionar un estudio sobre el uso de nuevas tecnologías, que incorporan sensores y actuadores en sus estructuras para controlar las condiciones climáticas en el interior de un edificio, a saber, los muros vegetales verticales. Aparte de ser una de las innovaciones, estos sistemas ayudan a ahorrar energía y reducir los sonidos fuertes, lo que, a su

vez, mejora la satisfacción de las personas que se encuentran en la habitación gracias a la oportunidad de contemplar la naturaleza[8]. Por lo tanto, la instalación del muro verde puede ser una opción ideal para aquellas personas que desean organizar un espacio de trabajo en casa de una forma más sana para la calidad del aire y las condiciones térmicas. También, los sensores de bajo precio para la detección del aire interior y exterior son cada vez más populares entre las personas que deben trabajar en estas condiciones porque, gracias a estos sistemas de monitorización en tiempo real, el daño a la salud puede ser reducido notablemente[9]. Los dispositivos son fácilmente portátiles, su mantenimiento es sencillo y, también, son muy útiles para la investigación y los proyectos científicos de ciencia ciudadana. Se requiere señalar que el confort en el trabajo es un concepto complejo que cubre la dimensión visual, la dimensión auditiva, la dimensión térmica y kinestésica. Según las estadísticas, la luz es indispensable para la mayoría de los encuestados, quienes expresaron que les gustaría ver la curvatura lateral de la luz en sus espacios de trabajo; las mediciones de la temperatura del aire en diferentes puntos de los espacios de trabajo mostraron que, a pesar de las fluctuaciones diarias, el cambio de temperatura en general es mínimo, lo cual puede considerarse como variabilidad térmica estable[10]. A continuación se presenta la tabla con los índices de la temperatura del aire en dos distintos puntos de la sala durante trece períodos de dos semanas. Cada línea con punto indica la curvatura diaria de la temperatura en cada punto; cada punto en sí es una media aritmética de la temperatura cada hora del día en dos semanas[25].

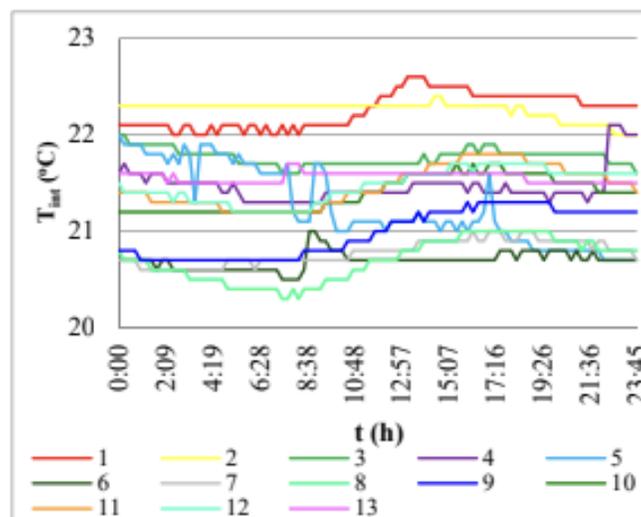


Figura 4. Valores de temperatura[25]

Cabe resaltar que, en términos de sostenibilidad y eficiencia energética, la aplicación de técnicas de diseño sostenible, como el uso de BIM y análisis mediante DesignBuilder, ha demostrado ser efectiva en la rehabilitación de edificios, mejorando la calidad ambiental interior y reduciendo el impacto climático. Simulaciones del clima interior han mostrado que estas técnicas pueden reducir significativamente la temperatura ambiente, mejorando las condiciones de confort térmico y contribuyendo a la sostenibilidad de los entornos de trabajo [11] [12].

Para tener en cuenta, un estudio mostró resultados en donde 62 participantes que trabajaban desde casa en el momento de la encuesta, siendo la principal ventaja de este sistema de trabajo es: la flexibilidad horaria, mientras que la desventaja más recurrente era la falta de socialización [13]. Sin embargo, otro estudio revela que el impacto climático del diseño propuesto se evaluó y se estimó que reduciría la temperatura ambiente urbana en hasta 3,4 K en condiciones climáticas de verano. Al mismo tiempo, se calculó una disminución importante de la temperatura superficial, lo que se traduce en una mejora muy significativa de las condiciones de confort térmico. Los resultados del presente análisis son válidos dentro de los límites climáticos de todo el estudio [14] [15].

De acuerdo a esto, el IoT para invernaderos inteligentes se refiere a sensores, dispositivos e infraestructura de comunicación

para la monitorización en tiempo real y la recopilación y procesamiento de datos, con el fin de controlar eficazmente parámetros interiores como la exposición a la luz, la ventilación, la humedad, la temperatura y el nivel de dióxido de carbono, aspectos claves para lograr un entorno efectivo y productivo no solamente para la vida vegetal, si no para aquellos individuos que trabajan en estos espacios [16] [17].

Por otra parte, el trabajo desde casa se ha convertido en rutina en la vida cotidiana de la sociedad mundial como consecuencia de la pandemia. En el nuevo contexto, la vida familiar y los espacios vitales tuvieron que adaptarse a las actividades a distancia en línea. Inicialmente positiva, esta modalidad se vio afectada por una ergonomía y un entorno inadecuados, así como por ansiedad e inseguridad respecto a los objetivos y metas a alcanzar, afectando a la salud física y mental, con la consiguiente disminución en la satisfacción inicial y fluctuaciones en la productividad como se puede visualizar en la figura 5 [18] [19] [20].

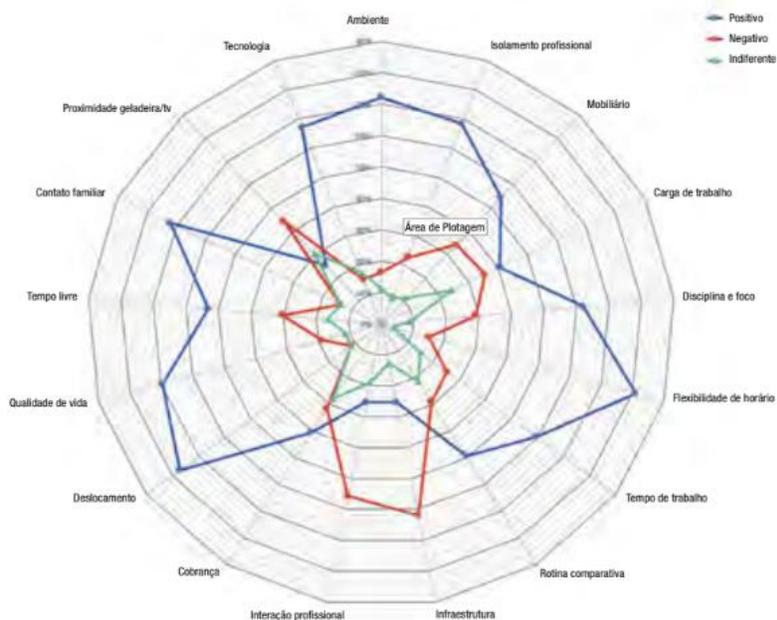


Figura 5. Factores que impactan la productividad en ambientes de Home Office [20]

En el cambiante panorama de la dinámica del lugar de trabajo, el cambio hacia modelos de trabajo híbridos ha puesto de relieve ineficiencias en el uso del espacio de oficina tradicional y la necesidad de mejorar la experiencia de los empleados. En este contexto, se propone una solución de oficina inteligente que aborda estos retos mediante la integración de una arquitectura de microservicios con tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) para proporcionar un entorno de trabajo flexible y personalizado [21].

Los resultados de la investigación confirmaron que la productividad percibida depende del servicio, la utilidad percibida, la innovación, las creencias hedónicas y el control sobre las condiciones ambientales. El bienestar percibido se correlaciona con el ajuste tarea-tecnología, la relevancia del servicio, la utilidad percibida, la facilidad de uso percibida, la actitud hacia los hogares inteligentes, el carácter innovador, las creencias hedónicas y el control sobre las condiciones ambientales. La intención de trabajar desde un hogar-oficina inteligente en el futuro depende del bienestar percibido [22] [23] [24].

Resultados de las Pruebas:

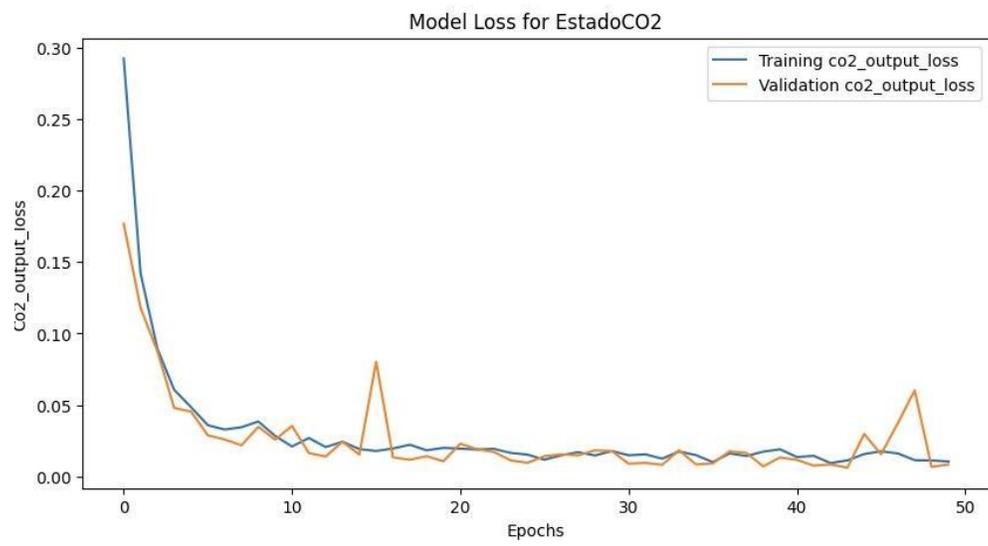
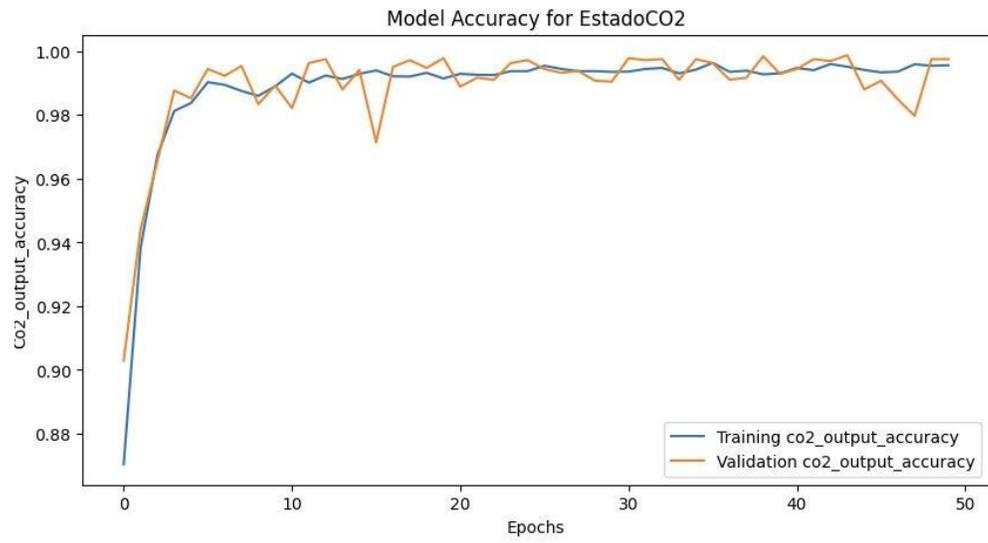
- Confort Térmico: El sistema logró mantener la temperatura en el rango óptimo el 92% del tiempo, reduciendo significativamente las quejas de incomodidad térmica.

Como resultado, estos son suficientes para confirmar que el control del microclima es efectivo y mejora la productividad y

el bienestar. Los datos muestran que los trabajadores a menudo se sentían más productivos y centrados, y también estar satisfechos con el entorno. Este patrón es compatible con estudios previos [4,5]. Algunas limitaciones específicas también se mencionan: la incapacidad de los sensores para reaccionar rápidamente a los cambios bruscos de temperatura, pero se abordarán en versiones futuras.

Nuestra postura sobre el desarrollo de sistemas de control de microclima en un lugar de trabajo coincide con el enfoque de autores como [8], durante 2020, enfatiza la importancia del IoT para mejorar las condiciones de un espacio cerrado a través del uso de sensores y actuadores inteligentes. De hecho, creemos que la mayoría de los enfoques actuales carecen de la concentración suficiente en la personalización del entorno en función de las necesidades individuales de los usuarios, lo que es esencial para aumentar la comodidad y la productividad. En este sentido, nuestra propuesta va más allá de las estrategias actuales al centrarse en un algoritmo adaptable basado en reglas difusas que ajusta las condiciones climáticas en tiempo real en función del análisis de datos.

Por otro lado, los resultados obtenidos en base al modelo de entrenamiento realizado exhiben un desempeño notorio en ambas experiencias capacitadas. En el modelo de Estado Luminosidad se logró una exactitud reflejada para las etapas de prueba y de validación, lo que dice que el modelo efectivamente aprendió su desempeño y lo generalizó. Las libertades suben rápidamente desde las primeras etapas y se establecen en valores cercanos a cero, mostrando así una convergencia sólida sin señales de sobreajuste. En cuanto al modelo de Estado CO₂, también obtiene un desempeño superior, con una exactitud cercana al 99 % para cada etapa, mostrando así un aprendizaje aceptable. No obstante, sus pérdidas muestran pequeñas oscilaciones durante las últimas etapas, especialmente para los datos de validación. Esto podría sugerir diferencias entre los conjuntos de datos utilizados o que hay algunas áreas menores de mejora para el modelo. Ambos modelos demostraron una correcta capacidad de generalización y una estabilidad constante durante las fases de entrenamiento, lo que los convierte en herramientas confiables para sus actividades previstas. Sin embargo, sería esencial realizar mayores pruebas en los datos no vistos para verificar estos resultados y analizar las embestidas para un ajuste más preciso del modelo para el modelo de Estado CO₂ (Figura 6).



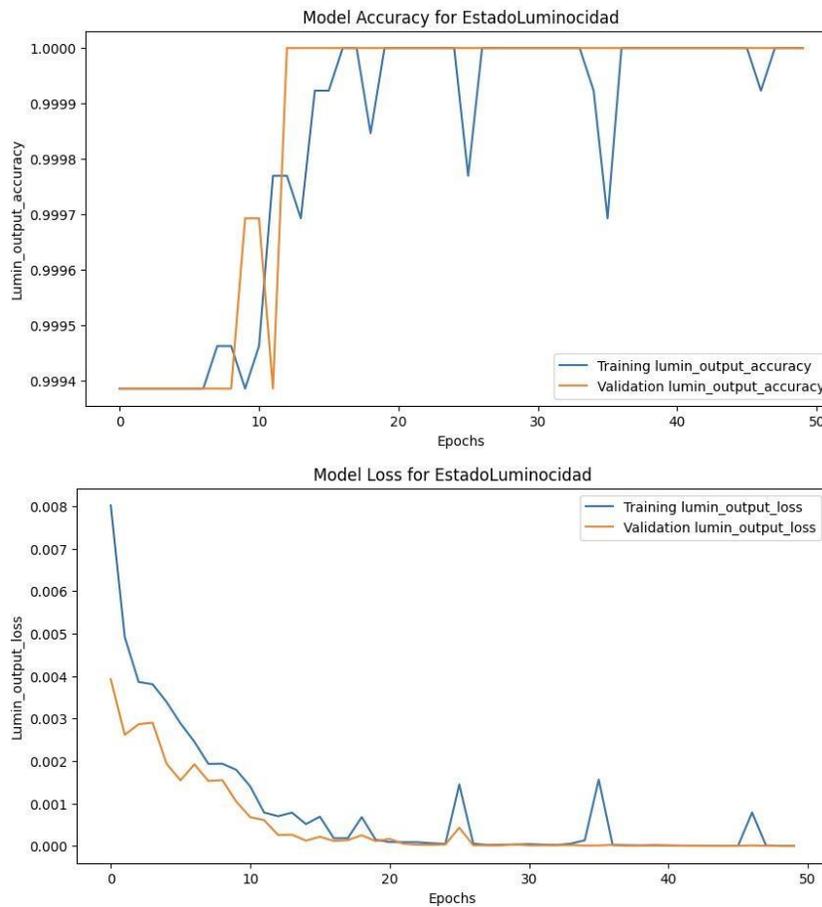
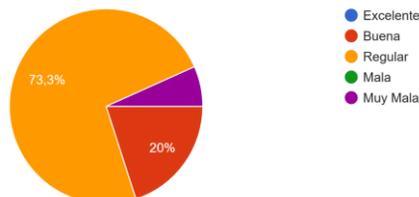


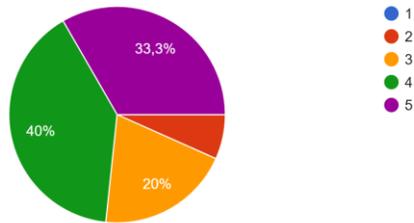
Figura 6. Modelo de Entrenamiento [Fuente Propia]

Por último, el análisis de la encuesta, describiendo la influencia del ambiente sobre el hombre en términos de rendimiento y bienestar, revela varios puntos clave. La mayoría de las personas encuestadas piensan que sus días con altas temperaturas les hacen rendir “normalmente” o “muy mal”. Además, la mayoría considera que las altas temperaturas disminuyen su capacidad de concentración y trabajo, y la calificación promedio fue de 4.6 de 5 puntos. En cuanto a las temperaturas óptimas del aire para trabajar de manera cómoda. La mayoría de los encuestados eligieron intervalos de 19°C a 24°C, lo que indica que un microclima en el trabajo debe ser controlado. También se descubrió que el impacto de las condiciones ambientales actuales : temperatura, aireación, humedad en su salud física y mental es moderado y alcanza los 3.6 de 5. En cuanto a la productividad, las personas calificaron con un 4.7 el impacto positivo del buen ambiente de trabajo sobre ella. Con respecto a las molestias físicas del aire : la mayoría de la gente experimentó fatiga, dolor de cabeza y muscular. Finalmente, el Home Office idealismo es la normotermia, ventilación y el nivel de ruido, una vez más, ya que los factores clave en el bienestar y el trabajo (Figura 7).

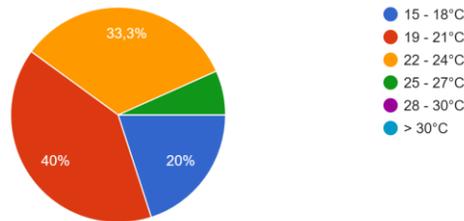
1. En días de temperaturas altas, ¿cómo calificas tu rendimiento laboral?
15 respuestas



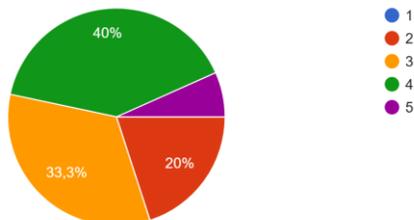
2. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "No afecta en absoluto" y 5 es "Afecta significativamente", ¿Qué tanto consideras que tra...evadas afecta tu concentración o productividad?
15 respuestas



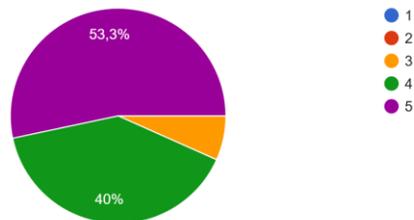
3. ¿Cuál es el rango de temperatura que consideras ideal para trabajar cómodamente en la oficina? (Responde seleccionando un intervalo en grados Centígrados).
15 respuestas



4. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "No afecta en absoluto" y 5 es "Afecta gravemente", ¿Cómo evaluarías el impacto de las condiciones act...entilación, humedad) en tu salud física o mental?
15 respuestas

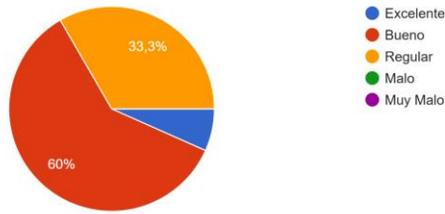


5. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "No contribuye en absoluto" y 5 es "Contribuye significativamente", ¿Qué tanto consideras que un a...n tu lugar de trabajo influye en tu productividad?
15 respuestas



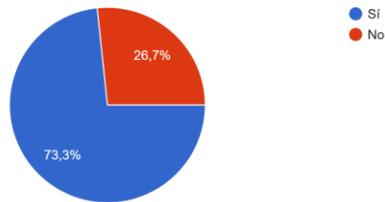
6. ¿Cómo calificarías el Microclima en tu oficina o lugar de trabajo?

15 respuestas



7. ¿Has experimentado molestias físicas (dolores de cabeza, fatiga, problemas respiratorios u otro) que crees que están relacionados al Microclima en tu oficina?

15 respuestas



Si respondiste "SI" a la pregunta 7 (Anterior Pregunta), ¿Qué molestias físicas has experimentado?

11 respuestas



8. ¿Qué aspectos del microclima en Home Office consideras más importantes para un espacio saludable y productivo? (Selecciona las que apliquen):

15 respuestas

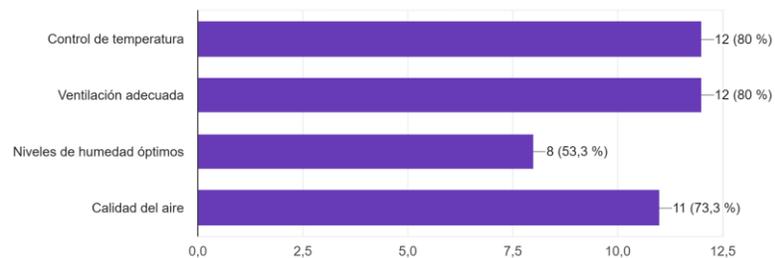


Figura 7. Resultados de la Encuesta [Fuente Propia]

En conclusión, no estamos de acuerdo con los investigadores que ven la eficiencia energética como un objetivo primordial, ya que no se puede lograr a expensas del bienestar de los empleados. Ciertamente, nuestro trabajo muestra que son posibles ambos. Finalmente, nuestro enfoque pone el acento en la seguridad de los datos, que es uno de los problemas críticos generalmente ignorados por otros autores, pero que sin embargo es crucial en el caso de IoT.

5. CONCLUSIONES

Este trabajo demuestra que el desarrollo e implementación de un sistema inteligente de control del microclima en entornos laborales puede dar lugar a una mejora significativa de las condiciones ambientales de los trabajadores remotos y ayudar a aumentar su productividad y bienestar. Basado en una arquitectura multi-capa tradicional de IoT, el sistema integra tecnologías de avanzada en cuanto a sensorización, comunicación y procesamiento en la nube para proporcionar control preciso y adaptativo de la temperatura, la humedad y la calidad del aire. La evaluación de los prototipos implementados confirma que la integración adecuada de sensores, actuadores y algoritmos adaptativos puede asegurar no solo las condiciones de confort térmico, sino también la sostenibilidad operativa. Pruebas de funcionamiento en entornos simulados muestran que el sistema puede mantener condiciones de trabajo óptimas con un consumo energético eficiente, un factor crítico para su adopción en escenarios reales. Además, los análisis realizados muestran la necesidad de garantizar la seguridad de los datos y el manejo ético en arquitecturas IoT y establecen un punto de referencia que debe considerarse en soluciones futuras. En comparación con las soluciones propuestas que toman un enfoque de caja negra y no abordan no sólo las necesidades inmediatas de los usuarios, sino también futuras. En términos simples, este trabajo justifica la necesidad de personalizar las soluciones tecnológicas para que se adapten a las realidades específicas de los usuarios y los entornos y subraya que el control del microclima no es un lujo, sino una herramienta clave para el bienestar y la productividad en los nuevos modelos de trabajo remoto.

Por último, esta revisión permite obtener una comprensión completa de cómo la optimización del ambiente laboral en casa puede afectar la eficiencia y la productividad de los trabajadores. Por lo tanto, algunas conclusiones importantes que tienen un impacto significativo en Santsoft se presentan de la siguiente manera: 1) Aumento de la productividad y la eficiencia: la productividad de los trabajadores desconcertada se beneficia significativamente por el adecuado microclima de la regulación en los ambientes de trabajo en casa. Por lo tanto, el microclima en términos de la calidad del aire, la humedad y la temperatura son esenciales en este proceso, ya que se demuestra en estudios que el manejo de la calidad de aire desde el exterior puede más significativamente incrementar el rendimiento de los trabajadores [19]. 2) Aumentar el valor de la tecnología debido a la capacidad de controlar su entorno: sistema automatizado de control de temperatura y aire han demostrado ser particulares eficaces en términos de mejora del ambiente de trabajo. La sostenibilidad y la mitigación a largo plazo de los costos operativos también son importantes consideraciones, ya que estos sistemas mejoran el ambiente de trabajo y lo hacen más cómodo, estable y una mejora significativa del consumo de energía. 3) La percepción positiva de los trabajadores fomenta la investigación para obtener los resultados deseados: satisfacción y bienestar de los trabajadores[12]. 4) Implementación: a pesar de los problemas del microclima, la solución adecuada de los problemas técnicos y el costo de la implementación puede ser una barrera significativa. Por lo tanto, al evaluar la viabilidad de estas soluciones para Santsoft, la empresa debe considerar si éstas son costosas a la implementación mientras reconoce que son favorables a largo plazo.

REFERENCIAS

- [1] L. Bergefurt, M. Weijs-Perrée, C. Maris, and R. Appel-Meulenbroek, "Analyzing the Effects of Distractions While Working from Home on Burnout Complaints and Stress Levels among Office Workers during the COVID-19 Pandemic," p. 44, 2021, doi: 10.3390/ecerph-3-09075.
- [2] A. Ozimek, *The Future of Remote Work*, no. October. 2020. doi: 10.2139/ssrn.3638597.
- [3] A. De Carvalho Maciel, R. Da Silva Soares, J. Silva De Souza Pinheiro, and O. Cristiano Abreu Da Silva, "Use of Adaptive Technologies, Advantages and Challenges in Home Office," *Int. J. Adv. Res.*, vol. 10, no. 11, pp. 1214–1227, 2022, doi: 10.21474/ijar01/15784.
- [4] F. M. M. Petersen, R. Feldt, and S. Mujtaba, "Systematic Mapping Studies in Software Engineering" 2008.
- [5] Cano Gallardo, A. J., & Méndez Correa, A. A. (2020). *Calidad ambiental interior para la satisfacción del ocupante en viviendas autogestionadas del microclima marino-costero en Chimbote 2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]
- [6] O. L. Korenivska, V. B. Benedytskyi, O. V. Andreiev y M. G. Medvediev, "A system for monitoring the microclimate parameters of premises based on the Internet of Things and edge devices," *Journal of Edge Computing*, vol. 2, no. 2, pp. 1-10, nov. 2023, doi: 10.55056/jec.614.
- [7] M. S. Martínez, "Análisis Ergonómico A Través Del Método RULA En Trabajadores Modalidad Home-Office Durante La Cuarentena Debido Al COVID 19," *Repositorio Digital de la Universidad Fasta*, 2023, [¹][1].
- [8] Y. Liu, Z. Pang, M. Karlsson et al., "Anomaly detection based on machine learning in IoT-based vertical plant wall for indoor climate control," *Building and Environment*, 2020, doi: 10.1016/j.buildenv.2020.107212.
- [9] Chojer, H., Branco, P. T. B. S., Martins, F. G., Alvim-Ferraz, M. C. M., y Sousa, S. I. V. en el Laboratorio de Ingeniería de Procesos, Medio Ambiente, Biotecnología y Energía (LEPABE) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Oporto, Portugal
- [10] E. K. Margariti, R. Ali, R. B. de Grave, D. Verweij, J. Smeddinck y D. Kirk, "Understanding the Experiences of Remote Workers: Opportunities for Ambient Workspaces at Home," *Frontiers in Computer Science*, vol. 3, 2021, Artículo 673585, 2 de septiembre de 2021. <https://doi.org/10.3389/fcomp.2021.673585>
- [11] T. K. Roust, A. Osello y F. M. Ugliotti, "From a Traditional Workplace to a Sustainable Smart Office," *Politecnico di Torino, Corso di laurea magistrale in Architettura Per Il Progetto Sostenibile*, 2023. [En línea]. Disponible en: [Webthesis Tohid Kamali Roust](<https://webthesis.biblio.polito.it/27274/>).
- [12] S. K. Schaffernicht, A. Türk, M. Kogler, A. Berger, B. Scharf, L. Clementschitsch, R. Hammer, P. Holzer, H. Formayer, B. König, y D. Haluza, "Heat vs. Health: Home Office under a Changing Climate," **Journal of Environmental Health**, 2023.
- [13] J. C. Rafalski y A. L. De Andrade, "Home-Office: Aspectos Exploratórios do Trabalho a partir de Casa," **Trends in Psychology / Temas em Psicologia**, vol. 23, no. 2, pp. 431-441, 2015, doi: 10.9788/TP2015.2-14.
- [14] M. Santamouris, F. Xirafi, N. Gaitani, A. Spanou, M. Saliari & K.Vassilakopoulou (2012) *Improving the Microclimate in a Dense Urban Area Using Experimental and Theoretical Techniques - The Case of Marousi, Athens*, *International Journal of Ventilation*, 11:1, 1-16, DOI: 10.1080/14733315.2012.11683966
- [15] A. A. dos Santos, L. S. Goecks, L. M. Pereira, B. S. do Couto, y A. L. Korzenowski, "Industry 4.0 technologies and Lean Office: perspectives to Smart Office," **Universidade do Vale do Rio dos Sinos**, São Leopoldo, RS, Brasil, ISSN 1980-5411, 2021.
- [16] C. Bersani, C. Ruggiero, R. Sacile, A. Soussi, y E. Zero, "Internet of Things Approaches for Monitoring and Control of Smart Greenhouses in Industry 4.0," **DIBRIS—Department of Informatics, Bioengineering, Robotics and Systems Engineering, University of Genoa**, 16145 Genoa, Italy, 2021.
- [17] O. Pieters, E. Deprost, J. Van Der Donckt, L. Brosens, P. Sanczuk, P. Vangansbeke, T. De Swaef, P. De Frenne, y F. Wyffels, "MIRRA: A Modular and Cost-Effective Microclimate Monitoring System for Real-Time Remote Applications," 2021.
- [18] Libório, F. H. V., Bortoleto, L. A., Barcellos, E. E. I. & Botura Jr., G. (2023). *Neuroarquitetura e design em home office: Diretrizes para projetos e adaptações do espaço de trabalho*. *Revista de Arquitetura (Bogotá)*, 25(2), 110-122. <http://doi.org/10.14718/RevArq.2023.25.4597>
- [19] L. Predescu y D. Dunea, "Performance Evaluation of Particulate Matter and Indoor Microclimate Monitors in University Classrooms under COVID-19 Restrictions," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 18, p. 7363, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/ijerph18147363>
- [20] G. V. Dzhambinova, "Smart Workplaces: A System Proposal for Stress Management," *Projeto apresentado ao IADE - Faculdade de Design, Tecnologia e Comunicação da Universidade Europeia*, 2022.

- [21] D. Hasiwar, A. Gruber, C. Dragschitz, y I. Ivkic, "Towards a Cloud-Based Smart Office Solution for Shared Workplace Individualization," *University of Applied Sciences Burgenland*, Eisenstadt, Austria, y *Lancaster University*, Lancaster, U.K., 2024.
- [22] D. Marikyan, S. Papagiannidis, O. F. Rana, y R. Ranjan, "Working in a smart home environment: examining the impact on productivity, well-being and future use intention," *Business School, University of Bristol*, Bristol, UK; *Newcastle University Business School*, Newcastle Upon Tyne, UK; *School of Computer Science and Informatics, Cardiff University*, Cardiff, UK; *School of Computing, Newcastle University*, Newcastle Upon Tyne, UK. 2023.
- [23] T. Hong, Y. Xu, K. Sun, W. Zhang, X. Luo, y B. Hooper, "Urban Microclimate and Its Impact on Building Performance: A Case Study of San Francisco," *Lawrence Berkeley National Laboratory*, Berkeley, CA, USA, y *Department of the Environment*, City of San Francisco, CA, USA. 2021.
- [24] M. Samek Lodovici, E. Ferrari, E. Paladino, F. Pesce, P. Frecassetti, M. Samek Lodovici, E. Aram, y K. Hadjivassiou, "The impact of teleworking and digital work on workers and society: Special focus on surveillance and monitoring, as well as on mental health of workers," *IRS*, 2021.
- [25] E. Zender-Świercz, "Microclimate in Rooms Equipped with Decentralized Façade Ventilation Device," *Department of Building Physics and Renewable Energy, Faculty of Environmental Geomatic and Energy Engineering, Kielce University of Technology*, Kielce, Poland, Received: 29 June 2020; Accepted: 27 July 2020; Published: 29 July 2020.
- [26] Bergefurt, L., Weijs-Perrée, M., et al. "Analyzing the Effects of Distractions While Working from Home on Burnout Complaints." *Environment Research*, 2021.
- [27] Korenivska, O. et al. "A System for Monitoring the Microclimate Parameters of Premises Based on IoT." *Journal of Edge Computing*, 2023.