



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

**MAESTRÍA EN INTERNET DE LAS COSAS**

**PROYECTO TERMINAL**

**MONITOREO AMBIENTAL DE SALAS DE  
CONCILIACIÓN APLICANDO IOT**

**Para obtener el grado de**

**Maestro en Internet de las Cosas**

**PRESENTA**

Juan Manuel Delgado Melendez

**Director**

Dr. Edgar Olguín Guzmán

**Codirector**

Dr. Juan Bacilio Guerrero Escamilla

**Comité tutorial**

Dr. Edgar Olguín Guzmán

Dr. Juan Bacilio Guerrero Escamilla

Mtro. Melecio Sánchez Ruiz

Mtra. Vanessa Esther Ureña Medina

Mtro. Julio César Gómez Gayosso

Mineral de la Reforma, Hgo., a 13 de marzo de 2026

Mineral de la Reforma, Hgo., a 13 de marzo de 2026

No. De Control: ICBI-AACyE/213/2026

Asunto: Autorización de impresión

**MTRA. OJUKY DEL ROCÍO ISLAS MALDONADO**  
**DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR DE LA UAEH**

El Comité Tutorial del **PROYECTO TERMINAL** del programa educativo de posgrado titulado **“MONITOREO AMBIENTAL DE SALAS DE CONCILIACIÓN APLICANDO IOT”**, realizado por el sustentante **JUAN MANUEL DELGADO MELÉNDEZ** con número de cuenta **140320** perteneciente al programa de **MAESTRÍA EN INTERNET DE LAS COSAS**, una vez que se ha revisado, analizado y evaluado el documento recepcional de acuerdo a lo estipulado en el Artículo 110 del Reglamento de Estudios de Posgrado, tiene a bien extender la presente:

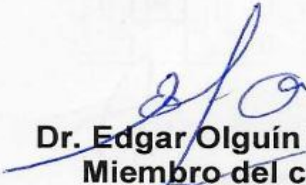
**AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN**

Por lo que el sustentante deberá cumplir los requisitos del Reglamento de Estudios de Posgrado y con lo establecido en el proceso de grado vigente.

Atentamente  
“Amor, Orden y Progreso”

El Comité Tutorial


**UAEH**

  
**Dr. Edgar Olguín Guzmán**  
Miembro del comité

  
**Dr. Juan Bacilio Guerreo Escamilla**  
Miembro del comité

  
**Mtra. Vanessa Esther Ureña Medina**  
Miembro del comité

  
**Mtro. Julio César Gómez Gayosso**  
Miembro del comité

  
**Mtro. Melecio Sánchez Ruiz**  
Miembro del comité

C.c.p. Archivo  
MSR

“Amor, Orden y Progreso”

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo  
Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo,  
México. C.P 42184  
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40052, 40053  
aacye\_icbi@uaeh.edu.mx

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de este proyecto terminal, el cual ha representado una experiencia altamente enriquecedora tanto en el ámbito académico como en el personal.

En primer lugar, agradezco a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y a los docentes que formaron parte de mi formación académica, por brindarme los conocimientos, herramientas y orientación necesarios para el desarrollo de este trabajo de investigación.

De manera especial, agradezco a mi director de tesis, el Dr. Edgar Olgún Guzmán, y a mi codirector, el Dr. Juan Bacilio Guerrero Escamilla, por su guía, dedicación y valiosas observaciones durante el proceso de elaboración de este proyecto, las cuales fueron fundamentales para fortalecer y mejorar esta investigación.

Asimismo, agradezco al Centro Federal de Conciliación y Registro Laboral y al valioso personal que labora en dicha institución, destacando especialmente el apoyo brindado por el Ing. José Manuel Pérez Torres y la Lic. Areli Itzel López Hernández, cuya orientación y aportaciones en materia laboral y estadística contribuyeron significativamente a la precisión y solidez de esta investigación.

De igual manera, expreso mi profundo agradecimiento a mi madre, Sara Meléndez Vargas; a mi hermano, Miguel Delgado Meléndez; y a mi compañera, Diana Noemí García Mondragón, quienes me han brindado su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante a lo largo de este proceso de Maestría. Su confianza y respaldo han sido un pilar fundamental para alcanzar esta meta.

Finalmente, agradezco a mis compañeros y amigos que, de una u otra manera, ofrecieron su apoyo, ánimo y colaboración durante el desarrollo de este trabajo.

A todos ellos, muchas gracias por contribuir a la culminación de esta etapa tan importante en mi vida académica.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>4</b>
1.1 Planteamiento del Problema .....	4
1.2 Descripción de la Situación .....	5
1.3 Objetivo General.....	13
1.3.1 Objetivos Específicos .....	13
1.4 Delimitación de la Investigación .....	13
1.4.1 Delimitación Temporal.....	13
1.4.2 Delimitación Geográfica .....	14
1.4.3 Delimitación Temática .....	14
1.4.4 Delimitación Metodológica.....	14
1.5 Justificación del Problema.....	14
1.6 Pregunta General .....	15
1.6.1 Preguntas Específicas.....	16
1.7 Justificación del Estudio .....	17
1.8 Viabilidad de la Investigación .....	18
1.8.1 Viabilidad Institucional .....	18
1.8.2 Viabilidad Ética .....	18
1.8.3 Viabilidad Técnica .....	18
1.9 Justificación de la Metodología .....	18
1.10 Alcances .....	19
1.11 Limitaciones.....	20
<b>CAPÍTULO II. ESTUDIOS Y PROTOTIPOS DENTRO DEL IOT</b> .....	<b>22</b>
2.1 Introducción .....	22
2.2 Tendencias Generales en Plataformas IoT para IAQ .....	23
2.2.1 Predicción Mediante Algoritmos de Aprendizaje Automático.....	23
2.2.2 Arquitectura de las Plataformas Inteligentes.....	23
2.2.3 Ventajas y Desafíos de la IA en IAQ .....	24
2.3 Aplicación de Inteligencia Artificial en la Predicción de IAQ .....	25
2.3.1 Construcción del Modelo Predictivo y Enfoque Metodológico .....	25
2.3.2 Resultados y Análisis de Desempeño.....	25
2.3.3 Implicaciones y Potencial de la IA para la Gestión de IAQ .....	26
2.4 Sistema de Alerta y Monitoreo ante Riesgos Sanitarios .....	27

2.4.1 Componentes del Sistema y su Funcionalidad .....	28
2.4.2 Capacidades Predictivas y de Alerta.....	28
2.4.3 Ventajas para la Gestión Sanitaria y Ambiental.....	28
2.4.4 Relevancia en Contextos Postpandemia .....	29
2.5 Prototipos para Entornos Escolares y Educativos .....	30
2.5.1 Características del Prototipo .....	31
2.5.2 Componentes Tecnológicos e Infraestructura.....	31
2.5.3 Impacto Esperado y Escalabilidad .....	31
2.6 Enfoques Comparativos y Uso de Inteligencia Ambiental .....	32
2.6.1 Sistemas de Monitoreo Inteligente y Plataforma IoT.....	32
2.6.2 Comparación con Datos Exteriores y Análisis Contextual .....	33
2.6.3 Aplicación de Inteligencia Artificial para Predicción y Gestión.....	33
2.6.4 Implicaciones para la Inteligencia Ambiental .....	33
2.7 Monitoreo Integrado y Eficiencia Energética .....	34
2.7.1 Tecnología IoT Aplicada a la Gestión Energética y Ambiental .....	35
2.7.2 Plataforma de Gestión y Visualización: Thingsboard.....	35
2.7.3 Eficiencia Energética e Impacto Ambiental .....	35
2.7.4 Aplicaciones y Escalabilidad del Sistema .....	36
2.8 Conclusiones .....	37
<b>CAPÍTULO III. REFERENTES TEÓRICOS .....</b>	<b>38</b>
3.1 Introducción .....	38
3.2 Psicología Ambiental .....	38
3.2.1 Influencias Ambientales en la Conducta .....	39
3.2.1.1 Determinismo Ambiental .....	40
3.2.1.2 Posibilismo Ambiental .....	40
3.2.1.3 Probabilismo Ambiental .....	40
3.3 Ergonomía .....	41
3.3.1 Clasificación de la Ergonomía.....	41
3.3.1.1 Ergonomía Física .....	41
3.3.1.2 Ergonomía Cognitiva .....	42
3.3.1.3 Ergonomía Organizacional .....	42
3.4 Lineamientos para el Procedimiento de Conciliación Prejudicial Individual .....	42
3.5 El Autocuidado del Personal Conciliador .....	45
3.6 La Satisfacción Laboral y su Influencia en la Productividad .....	45
3.6.1 Jerarquía de Necesidades de Maslow .....	46
3.6.2 Modelo de los Dos Factores de Herzberg.....	46
3.6.3 Implementación de la Investigación .....	46

3.6.4 Análisis de Datos .....	47
3.7 Impacto de la Exposición a CO2 en Concentraciones Bajas y Moderadas sobre el Desempeño Cognitivo y la Toma de Decisiones .....	50
3.7.1 Strategic Management Simulation (SMS) .....	50
3.8 Enfermedades Asociadas a los Edificios .....	52
3.9 Niveles Bajos de Dióxido de Carbono en Espacio en Interiores: ¿Indicador de Contaminación o Contaminante? .....	53
<b>CAPÍTULO IV. ESTRATEGIAS Y ACCIONES DEL DESARROLLO DEL PROTOTIPO .....</b>	<b>58</b>
4.1 Introducción .....	58
4.2 Sensores Ambientales .....	59
4.3 Microcontrolador .....	63
4.4 Protocolo MQTT .....	65
4.5 Servidor MQTT .....	65
4.6 Base de Datos .....	66
4.7 Dashboard .....	67
4.8 Arquitectura del Prototipo .....	69
<b>CAPÍTULO V. IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO .....</b>	<b>71</b>
5.1 Disposición de las Salas de Conciliación Laboral .....	71
5.2 Disposición de los Sensores Seleccionados .....	74
5.3 Tarjeta de Expansión .....	75
5.4 Case .....	76
5.5 Visualización de Datos .....	78
5.5.1 Node-RED .....	79
5.5.2 PostgreSQL .....	80
5.5.3 Laravel .....	82
<b>CAPÍTULO VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>84</b>
6.1 Introducción .....	84
6.2 Análisis Descriptivo de las Variables Ambientales .....	84
6.3 Análisis Temporal de las Variables .....	85
6.4 Discusión de los Resultados .....	87
<b>Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>88</b>
<b>Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>90</b>
<b>Glosario .....</b>	<b>94</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Disposición de oficinas conciliadoras laborales a través del CFCRL y los Centros de Conciliación Locales, conforme al nuevo modelo de justicia laboral .....	5
<b>Figura 2.</b> Resumen gráfico .....	24
<b>Figura 3.</b> Metodología de construcción de un dispositivo y un modelo de Machine Learning para la medición y predicción del IAQ, respectivamente .....	27
<b>Figura 4.</b> Arquitectura del sistema propuesto .....	30
<b>Figura 5.</b> Diseño de la propuesta.....	32
<b>Figura 6.</b> Diagrama de flujo del sistema IAQ .....	34
<b>Figura 7.</b> Sistema de Smart IoT Campus de extremo a extremo .....	36
<b>Figura 8.</b> Línea de influencia del ambiente sobre la conducta .....	40
<b>Figura 9.</b> Dominios de la ergonomía.....	42
<b>Figura 10.</b> Extracto del acuerdo por el que se aprueban los Lineamientos para el procedimiento de Conciliación Prejudicial Individual .....	44
<b>Figura 11.</b> El 90 % de los encuestados considera buena la limpieza, higiene y salubridad en su lugar de trabajo, lo que refleja un alto nivel de satisfacción en este aspecto .....	47
<b>Figura 12.</b> El 64 % de los trabajadores encuestados se muestra satisfecho con el entorno físico y el espacio disponible en su lugar de trabajo, mientras que el 36 % expresa insatisfacción .....	48
<b>Figura 13.</b> El 64 % de los trabajadores encuestados está insatisfecho con la regulación de la temperatura en su lugar de trabajo, lo que afecta su rendimiento, mientras que solo el 36 % se muestra satisfecho.....	48
<b>Figura 14.</b> El 60 % de los trabajadores se muestra insatisfecho con la iluminación y ventilación en su lugar de trabajo, mientras que el 40 % expresa satisfacción .....	49
<b>Figura 15.</b> El 72 % de los trabajadores encuestados está satisfecho con los medios materiales disponibles para realizar su trabajo, mientras que el 18 % expresa insatisfacción .....	49
<b>Figura 16.</b> Impacto del CO2 en el desempeño de la toma de decisiones humanas.....	51
<b>Figura 17.</b> Los síntomas comunes del síndrome del edificio enfermo (SBS) y las enfermedades relacionadas con los edificios (BRI) .....	53
<b>Figura 18.</b> Arquitectura para monitoreo ambiental en salas de conciliación .....	59
<b>Figura 19.</b> Diagrama de bloques SHT31 .....	60
<b>Figura 20.</b> Distribución del sensor CCS811: dirección I2C seleccionable (ADDR), reinicio activo bajo (nRESET), interrupción opcional (nINT), control y sensado del calentador (PWM y Sense), alimentación (VDD), activación de comunicación (nWAKE), líneas de datos y reloj I2C (SDA, SCL) y pad expuesto (EP) conectado a tierra .....	62
<b>Figura 21.</b> Sensor de luz con fotodiodo tipo ojo humano, conversión analógica-digital de 16 bits y comunicación I2C .....	63
<b>Figura 22.</b> Esquema del ESP32 .....	64
<b>Figura 23.</b> Dashboard HiveMQ .....	66
<b>Figura 24.</b> Módulo de instalación PostgreSQL .....	67
<b>Figura 25.</b> Arquitectura Modelo-Vista-Controlador (MVC) .....	68

<b>Figura 26.</b> Arquitectura del prototipo .....	70
<b>Figura 27.</b> La sala de conciliación presenta un diseño funcional, con una mesa redonda ubicada en el centro del espacio, rodeada por sillas que favorecen la interacción equitativa entre las partes .....	72
<b>Figura 28.</b> Sala de conciliación con diseño ergonómico y distribución espacial centrada en una mesa redonda, que favorece la interacción equitativa entre las partes .....	72
<b>Figura 29.</b> La sala de conciliación presenta una iluminación adecuada mediante paneles fluorescentes empotrados, y una distribución espacial centrada en una mesa redonda que favorece la interacción equitativa entre las partes .....	73
<b>Figura 30.</b> Espacio de conciliación laboral que presenta una distribución ergonómica centrada en una mesa redonda, iluminación uniforme mediante paneles empotrados, y mobiliario esencial .....	73
<b>Figura 31.</b> Boceto 3D .....	75
<b>Figura 32.</b> Tarjeta de expansión LK32 .....	76
<b>Figura 33.</b> Modelado de case 3D .....	78
<b>Figura 34.</b> Visualización e inserción de datos a PostgreSQL por medio de Node-RED .....	80
<b>Figura 35.</b> Visualización de datos en la entidad monitoreo_ambiental creada en PostgreSQL .....	81
<b>Figura 36.</b> Dashboard de un dispositivo de monitoreo ambiental, implementado dentro de una sala de conciliación .....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Temperaturas máximas de las entidades federativas durante el año 2023 .....	7
<b>Tabla 2.</b> Resultados de Audiencias Conciliatorias de manera presencial en Sonora durante el 2023, según el CFCRL .....	10
<b>Tabla 3.</b> Resultados de Audiencias Conciliatorias de manera presencial en Yucatán durante el 2023, según el CFCRL .....	12
<b>Tabla 4.</b> Detalle de estudios y prototipos dentro del IoT .....	37
<b>Tabla 5.</b> Resumen de las directrices y límites actuales de concentración de CO2 en ambientes interiores para diferentes países y organizaciones. Corresponde al consenso de que 1000 ppm es buena calidad del aire interior .....	54
<b>Tabla 6.</b> Resumen de las directrices y límites actuales de concentración de CO2 en ambientes interiores para diferentes países y organizaciones. Corresponde al consenso de que 1000–1500 ppm es moderada calidad del aire interior .....	56
<b>Tabla 7.</b> Resumen de las directrices y límites actuales de concentración de CO2 en ambientes interiores para diferentes países y organizaciones. Corresponde al consenso de que >1500 ppm es mala calidad del aire interior .....	57

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>Gráfica 1.</b> Comportamiento de las Audiencias y Temperaturas Máximas en Sonora durante el 2023 ..	10
<b>Gráfica 2.</b> Comportamiento de las Audiencias y Temperaturas Máximas en Yucatán durante el 2023 .	12
<b>Gráfica 3.</b> Media diaria de la temperatura durante el periodo de estudio, mostrando fluctuaciones diarias de baja magnitud .....	85
<b>Gráfica 4.</b> Media diaria de la humedad durante el periodo de estudio, la cual no muestra cambios abruptos. Teniendo así variaciones suaves alrededor del 29 %.....	86
<b>Gráfica 5.</b> Media diaria del dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) durante el periodo de estudio, mostrando una variabilidad muy reducida. El comportamiento uniforme sugiere condiciones constantes de ocupación y ventilación.....	86
<b>Gráfica 6.</b> Media diaria de compuestos orgánicos volátiles totales (TVOC) durante el periodo de estudio, la cual exhibe ligeras oscilaciones diarias. El patrón es coherente con una fuente de emisión estable y sin eventos extremos .....	87

## RESUMEN

El presente proyecto analiza la influencia de las condiciones ambientales en los resultados de las audiencias conciliatorias laborales celebradas en el Centro Federal de Conciliación y Registro Laboral en México. Este estudio se fundamenta en el marco jurídico establecido por los artículos 684-A al 684-E de la Ley Federal del Trabajo, los cuales regulan el procedimiento de conciliación prejudicial obligatoria como etapa previa a la resolución de conflictos laborales ante los tribunales.

De acuerdo con el artículo 684-A, la conciliación constituye un mecanismo obligatorio previo al juicio laboral, cuyo objetivo es privilegiar la solución de los conflictos mediante el diálogo y la construcción de acuerdos entre las partes. Asimismo, el artículo 684-B establece que esta etapa debe desarrollarse ante los Centros de Conciliación, los cuales tienen la función de facilitar un ambiente propicio para la negociación y la solución pacífica de las controversias laborales.

Por su parte, los artículos 684-C, 684-D y 684-E regulan el procedimiento de las audiencias conciliatorias, señalando que éstas deben desarrollarse bajo principios de imparcialidad, confidencialidad, voluntariedad y buena fe, con la finalidad de que las partes puedan alcanzar un convenio que ponga fin al conflicto laboral de manera pronta y efectiva.

En este contexto jurídico, la eficacia del procedimiento conciliatorio depende no solo del marco normativo que lo regula, sino también de las condiciones en las que se desarrolla la audiencia. Las condiciones ambientales, como las altas temperaturas o la contaminación atmosférica, pueden afectar el bienestar físico y cognitivo de las personas participantes, influyendo en su capacidad de concentración, toma de decisiones y disposición para negociar.

Bajo esta perspectiva, la presente investigación parte de la hipótesis de que las condiciones térmicas adversas pueden incidir en la disposición de las partes para alcanzar acuerdos durante las audiencias conciliatorias. A través del análisis de datos climáticos y resultados de audiencias presenciales, se busca identificar posibles patrones de relación entre el entorno físico y la efectividad del proceso conciliatorio. Los hallazgos permitirán proponer recomendaciones orientadas a mejorar las condiciones ambientales de las salas de conciliación y fortalecer la eficiencia institucional del Centro Federal de Conciliación y Registro Laboral en el cumplimiento de los objetivos establecidos por la Ley Federal del Trabajo.

## **ABSTRACT**

This research analyzes the influence of environmental conditions on the outcomes of labor conciliation hearings held at the Centro Federal de Conciliación y Registro Laboral in Mexico. The study is grounded in the legal framework established by Articles 684-A to 684-E of the Ley Federal del Trabajo, which regulate the mandatory pre-trial conciliation procedure as a preliminary stage before the resolution of labor disputes before the courts.

According to Article 684-A, conciliation constitutes a mandatory mechanism prior to labor litigation, aimed at prioritizing the resolution of conflicts through dialogue and the construction of agreements between the parties. Likewise, Article 684-B establishes that this stage must take place before the Conciliation Centers, which are responsible for facilitating an environment conducive to negotiation and the peaceful resolution of labor disputes.

Articles 684-C, 684-D, and 684-E regulate the procedure for conciliation hearings, establishing that they must be conducted under the principles of impartiality, confidentiality, voluntariness, and good faith, with the objective of enabling the parties to reach an agreement that resolves the labor conflict promptly and effectively.

Within this legal context, the effectiveness of the conciliation procedure depends not only on the regulatory framework governing it but also on the conditions under which the hearing takes place. Environmental factors, such as high temperatures or air pollution, may affect the physical and cognitive well-being of participants, influencing their capacity for concentration, decision-making, and willingness to negotiate.

From this perspective, this research is based on the hypothesis that adverse thermal conditions may influence the parties' willingness to reach agreements during conciliation hearings. Through the analysis of climate data and the outcomes of in-person hearings, this study seeks to identify possible patterns of relationship between the physical environment and the effectiveness of the conciliation process. The findings aim to propose recommendations to improve environmental conditions in conciliation rooms and strengthen the institutional efficiency of the Centro Federal de Conciliación y Registro Laboral in fulfilling the objectives established by the Federal Labor Law.

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como finalidad analizar la manera en que las condiciones ambientales pueden influir en los resultados de las audiencias de conciliación laboral, enmarcadas dentro del contexto del cambio climático y sus impactos recientes en México. Fenómenos como el incremento de las temperaturas extremas y la contaminación atmosférica han comenzado a trascender el ámbito de la salud pública y la ecología, incidiendo también en los procesos sociales e institucionales.

Diversos estudios han demostrado que factores como el estrés térmico y la mala calidad del aire pueden afectar la atención, el estado de ánimo y la capacidad cognitiva de las personas, lo cual, en escenarios de conciliación laboral, podría influir en la disposición de las partes para alcanzar acuerdos satisfactorios. En este sentido, la hipótesis central de esta investigación plantea que las condiciones ambientales adversas en las salas de conciliación podrían influir negativamente en la probabilidad de alcanzar acuerdos conciliatorios.

El estudio se enfocará en las salas del CFCRL en la Ciudad de México, durante el periodo 2025–2026, considerando de manera exclusiva las audiencias presenciales. Para ello, se empleará un enfoque empírico-correlacional, mediante el uso de sensores ambientales que registrarán variables como temperatura, humedad relativa, iluminación y calidad del aire. Estas variables serán analizadas en conjunto con los resultados de las audiencias utilizando principalmente métodos estadísticos para identificar posibles correlaciones entre las variables ambientales y los resultados de las audiencias.

La relevancia de este trabajo radica en explorar cómo la tecnología, particularmente las soluciones basadas en IoT, contribuyen a la recolección de datos y la integración de estos en plataformas de análisis. Esto permitirá establecer un vínculo entre las condiciones ambientales y los procesos de justicia laboral, generando evidencia que apoye la formulación de recomendaciones orientadas a optimizar los espacios de conciliación y fortalecer la eficiencia del nuevo modelo de justicia laboral en México.

# CAPÍTULO I

## 1.1 Planteamiento del Problema

Los problemas ambientales que enfrenta el planeta son diversos y afectan a cada país de manera particular. Factores como la ubicación geográfica, la organización territorial, el nivel de desarrollo económico, la cultura y el grado de conciencia ambiental de la población influyen significativamente en la naturaleza y magnitud de estos problemas. En el caso de México, la combinación de estos elementos ha generado un impacto ambiental considerable, posicionando al país como uno de los más afectados por la contaminación en América Latina.

Durante 2023, México fue considerado el país más contaminado de la región latinoamericana, según la Organización de las Naciones Unidas (Munar, 2024). Este problema se atribuye principalmente a la contaminación del aire, generada por emisiones de gases provenientes de industrias, fábricas y medios de transporte. La situación se ve agravada por la ausencia de una legislación eficaz y actualizada que limite adecuadamente estas emisiones. La normativa mexicana vigente sobre los niveles permitidos de partículas contaminantes está desfasada, lo que contribuye a la persistencia de la mala calidad del aire y sus efectos adversos en la salud pública.

Entre los efectos más graves de la contaminación del aire se encuentran las enfermedades respiratorias, así como la exposición a metales pesados como plomo y cadmio, que pueden provocar insomnio, fatiga, trastornos renales y malestares gastrointestinales (González, 2019). En paralelo, otro factor ambiental que ha cobrado relevancia en los últimos años es el aumento de las temperaturas extremas.

Las altas temperaturas, definidas como aquellas superiores a los 38 °C, representan un riesgo importante para la salud, particularmente para grupos vulnerables como personas mayores, niños y quienes padecen enfermedades crónicas. La exposición prolongada al calor puede desencadenar golpes de calor, deshidratación y agravar condiciones médicas preexistentes. Además, el estrés térmico derivado de estas condiciones puede afectar directamente la productividad y el rendimiento físico y cognitivo de las personas, especialmente en contextos laborales.

En entornos laborales, el calor extremo no solo compromete la salud de los trabajadores, sino que también impacta negativamente su concentración, disposición emocional y capacidad de toma de decisiones. Estos factores pueden influir de forma significativa en procesos de

negociación y resolución de conflictos, como los que se llevan a cabo en las audiencias presenciales conciliatorias del CFCRL.

El presente trabajo parte de la premisa de que las condiciones ambientales, particularmente las temperaturas extremas, pueden afectar el desarrollo y los resultados de las audiencias conciliatorias laborales. Por ello, se propone analizar si existe una relación entre las variaciones térmicas, calidad del entorno físico y la efectividad de los procesos conciliatorios.

## 1.2 Descripción de la Situación

El CFCRL ofrece servicios de conciliación a través de 53 oficinas distribuidas por todo el país. Estas oficinas se clasifican en oficinas estatales, oficinas de apoyo y oficinas itinerantes, cada una diseñada para facilitar el acceso a los servicios de conciliación. En su funcionamiento, cada oficina cuenta con salas especialmente equipadas para llevar a cabo procesos de conciliación, proporcionando un espacio adecuado y profesional para la resolución de conflictos laborales.



**Figura 1.** Disposición de oficinas conciliadoras laborales a través del CFCRL y los Centros de Conciliación Locales, conforme al nuevo modelo de justicia laboral (Tomado de Centro Federal de Conciliación y Registro Laboral, s. f.).

México se caracteriza por una notable diversidad climática, producto de su extensión territorial, su geografía variada y la influencia de múltiples sistemas meteorológicos. Durante el año 2023,

esta diversidad se reflejó claramente en los registros de temperatura por entidad federativa, permitiendo identificar patrones relevantes tanto a nivel nacional como regional.

Los meses más cálidos se concentraron entre mayo y agosto, siendo mayo el mes que reportó las temperaturas más elevadas en la mayoría de los estados. Esta tendencia confirma que la primavera en México puede ser particularmente calurosa, marcando una transición hacia un verano igualmente intenso. En estados del norte como Sonora, Baja California y Chihuahua, los picos de calor se registraron en julio y agosto, alcanzando temperaturas máximas extremas, como los 41.2 °C en Sonora, que lo posicionaron como el estado más caluroso del país.

Por otro lado, diciembre se presentó como el mes más frío a nivel nacional, con temperaturas mínimas que oscilaron entre 19.7 °C y 24.3 °C en la mayoría de las entidades. Este descenso térmico es típico del inicio del invierno, cuando el clima se vuelve más templado o incluso frío, especialmente en zonas altas del centro y norte del país.

En conjunto, el comportamiento térmico del país durante 2023 reafirma la complejidad climática de México, donde coexisten zonas con climas extremos en ciertas épocas del año y regiones con temperaturas más estables. Esta diversidad ambiental no solo afecta a la población en general, sino también a la operación de instituciones públicas, como las oficinas del CFCRL, cuya actividad puede verse condicionada por las variaciones climáticas propias de cada región.

**Tabla 1.** Temperaturas máximas de las entidades federativas durante el año 2023 (Elaboración propia con datos de Servicio Meteorológico Nacional, s. f.).

<b>Estado</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
<b>Aguascalientes</b>	23.6	25.8	28.8	29	30.7	33.7	29.9	28.8	29.5	25.7	24.6	19.7	27.5
<b>Baja California</b>	18.4	18.2	20.3	23.1	25.6	28.2	33.9	33	30.3	28.6	24.2	21.5	25.4
<b>Baja California Sur</b>	24.5	23.9	26.9	27.8	29.7	32.7	35.5	35.5	36.8	31.7	28.9	26.3	29.9
<b>Campeche</b>	31	32	34.8	36.4	36.7	37.8	36.5	35.4	34.7	33.8	31.3	29.2	34.2
<b>Coahuila</b>	24	24.7	29.2	30.2	32.7	37.5	36.1	37.2	36.4	29.3	23.2	21.2	30.1
<b>Colima</b>	32	32.7	31.9	29.3	34.1	35.1	34.6	34.1	34.7	33	33.8	31.7	33.1
<b>Chiapas</b>	29.3	29.2	32	31.6	32.7	34.4	32.3	32.4	32	31	30	29.7	31.4
<b>Chihuahua</b>	21.1	23.7	26.7	27.2	29.9	35.8	35.8	35.2	36.7	24.1	21.7	18.1	26.7
<b>Ciudad de México</b>	22.6	24.4	26.1	26.2	26.6	28.9	25.5	24.9	26	24.7	24.2	21.1	25.1
<b>Durango</b>	23.5	24.7	28.8	30.4	31.1	35.1	32.1	32.4	32.7	27.1	24	21.8	28.6
<b>Guanajuato</b>	25.4	27.1	30.1	31	31.3	34	29.7	28.5	29.9	27	26.2	21.4	28.5
<b>Guerrero</b>	31.4	32.8	33.4	34.3	35.1	35.4	33.1	32.7	32.8	31.7	32.4	31	33
<b>Hidalgo</b>	24.9	26.3	28.9	29.1	28.9	32	29.1	28.7	30.2	27.2	24.9	21	27.6
<b>Jalisco</b>	26.9	28.8	31	30.8	33.2	35.3	30.9	30	30.5	28	27.9	23.7	29.8
<b>Estado de México</b>	21.3	22.8	24.9	24.8	25.7	26.9	23.5	22.8	23.7	22.4	22.1	18.7	23.3
<b>Michoacán</b>	27.3	29.1	30.8	30.7	32.7	34.3	30	29.4	29.6	27.9	28.3	25.2	29.6
<b>Morelos</b>	28.6	30.2	32.6	33.9	33.9	34.3	30.7	30.3	30.2	29.6	29.3	27.1	30.9
<b>Nayarit</b>	28	30.1	31.7	33.5	35.6	37.1	35.1	34.5	34	32.2	31.8	27.5	30.1
<b>Nuevo León</b>	25.8	27.1	30.4	30.5	30.7	37.6	37.8	37.9	37.2	30.1	24.6	21.5	30.9
<b>Oaxaca</b>	28.9	30.9	30	29.8	34	33.6	31.9	32	33.1	31.5	29.6	27.3	31.6
<b>Puebla</b>	24.6	25.8	28.3	28.8	28.8	29.9	27	26.5	27.2	25.8	24.9	22.2	26.7
<b>Querétaro</b>	25.1	26.6	30.1	30.9	31.8	33.6	30.4	29.6	30.1	26.5	25.6	19.9	28.3
<b>Quintana Roo</b>	30.1	30.8	32	33.1	34	34.5	34.4	34.7	34.6	33.3	31.1	29.2	32.6

<b>San Luis Potosí</b>	27.1	28.5	32.2	31.5	33	36.7	34.2	35	36	30.4	26.9	23	31.3
<b>Sinaloa</b>	29.1	29	31.2	34	35.8	37.7	37.2	36.9	36	34.5	32.8	31.2	34.6
<b>Sonora</b>	23.3	23.5	27.1	31.8	33.9	37.9	40.3	39	38.5	34.7	29.7	26.3	32.2
<b>Tabasco</b>	30.5	30.8	34.1	34.7	35.9	37.4	34.8	34.6	34.7	33.3	29.7	28.7	33.2
<b>Tamaulipas</b>	26.7	28.1	31.4	34.2	36.1	37.6	36.6	36.7	35.2	30	26.1	22.5	31.1
<b>Tlaxcala</b>	22.7	24.7	26.5	26.3	26.1	27.5	24.9	25.4	25.4	24	23.7	20.6	24.7
<b>Veracruz</b>	26.3	26.5	29.9	30.6	32	33.6	31.3	31	31.3	28.8	25.2	23.9	29.2
<b>Yucatán</b>	31	31.9	34.5	36.1	36.7	37.3	36.2	35.6	35.2	33.9	31.3	29.9	34.1
<b>Zacatecas</b>	24.2	25.9	29.3	29.8	31	34.6	30.5	29.7	30.1	26.6	24.5	20	28
<b>Nacional</b>	25.5	26.5	29.4	30.6	32.3	35.3	34.4	33.9	33.5	30.1	26.8	24.2	30.2

Durante el año 2023, diversas regiones de México experimentaron temperaturas extremas que, además de representar un reto ambiental, podrían haber tenido efectos en distintas dinámicas institucionales. En este contexto, surge la necesidad de analizar si las condiciones térmicas influyen en el desarrollo de procesos clave dentro del ámbito laboral, particularmente en los llevados a cabo por los Centros de Conciliación.

Estos Centros tienen la función de facilitar acuerdos entre trabajadores y empleadores, a través de audiencias celebradas en salas especializadas. Los resultados de dichas audiencias se clasifican en tres categorías: “Hubo convenio”, “No hubo convenio” y “No hubo convenio, pero se desea realizar una nueva audiencia”. La naturaleza de estos procedimientos, que requiere la disposición de ambas partes para dialogar y llegar a un entendimiento, podría verse afectada por factores externos como el clima, especialmente cuando se presentan condiciones térmicas adversas.

Sonora, el estado más caluroso de México en 2023, enfrentó condiciones térmicas extremas durante buena parte del año, lo que ofrece una oportunidad para analizar cómo estas circunstancias pudieron influir en los resultados de las audiencias conciliatorias.

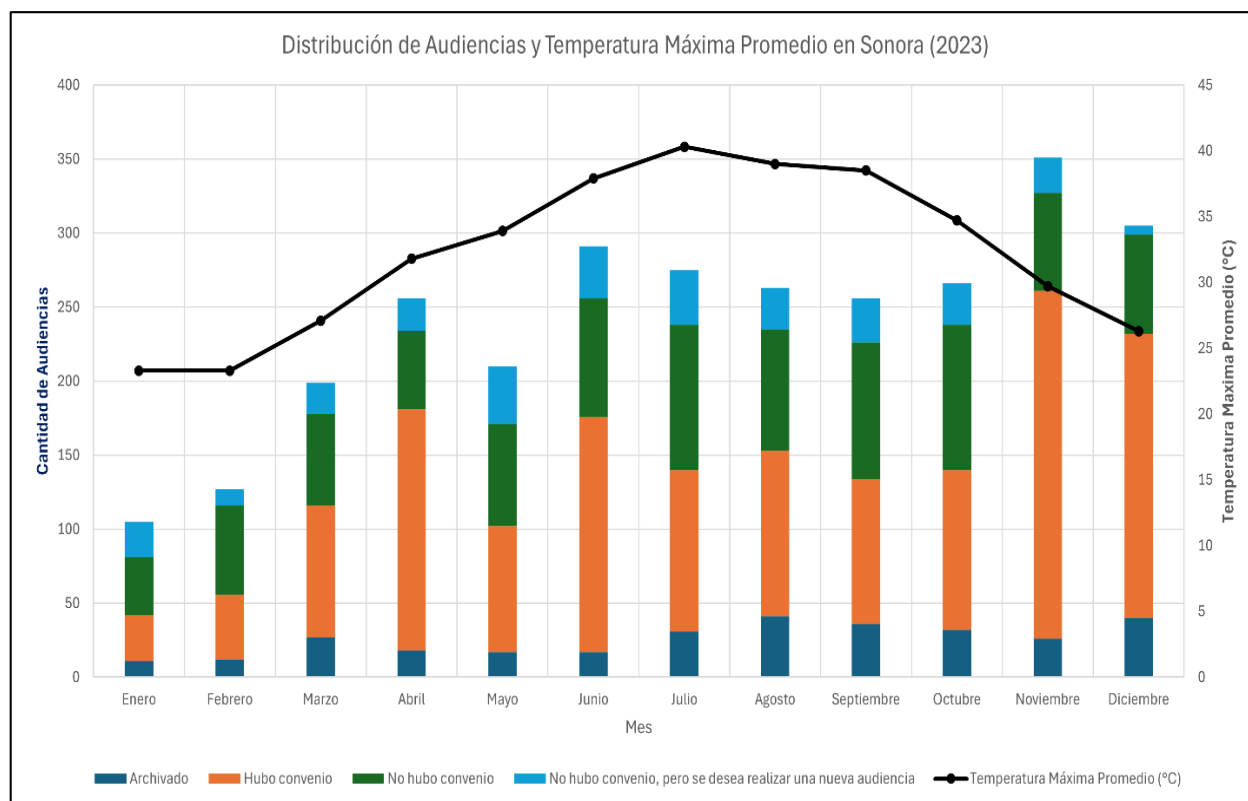
El análisis de los datos muestra que, en la mayoría de los meses, los convenios alcanzados representaron más del 50 % del total de audiencias, destacándose el periodo de abril a noviembre, cuando la tasa de acuerdos se situó entre el 60 % y el 70 %, evidenciando una alta efectividad en los procesos conciliatorios durante esos meses.

Entre junio y agosto, cuando las temperaturas superaron de forma constante los 40 °C, se registró un volumen considerable de audiencias (829 casos). Si bien no se observó una disminución en la cantidad de casos atendidos, sí aumentó la proporción de audiencias sin convenio, especialmente en junio (27.5 %) y julio (35.6 %). Además, entre junio y septiembre, se contabilizaron 130 casos (equivalente al 47.8 % de ese periodo) en los que no se logró un acuerdo, pero se expresó el deseo de celebrar una nueva audiencia.

Estos resultados sugieren una posible correlación entre las altas temperaturas y una menor tasa de éxito en la conciliación, así como una mayor inclinación a posponer o reagendar audiencias, lo que podría indicar que el calor extremo incide negativamente en la disposición o en la capacidad de las partes para alcanzar acuerdos.

**Tabla 2.** Resultados de Audiencias Conciliatorias de manera presencial en Sonora durante el 2023, según el CFCRL (Elaboración propia).

Cuenta de mes_letra	Etiquetas de columna	Etiquetas de fila	Archivado	Hubo convenio	No hubo convenio	No hubo convenio, pero se desea realizar una nueva audiencia	(en blanco)	Total general	
2023				308	1425	866	305	2	2906
Ene				11	31	39	24		105
Feb				12	44	60	11	2	129
Mar				27	89	62	21		199
Abr				18	163	53	22		256
May				17	85	69	39		210
Jun				17	159	80	35		291
Jul				31	109	98	37		275
Ago				41	112	82	28		263
Sep				36	98	92	30		256
Oct				32	108	98	28		266
Nov				26	235	66	24		351
Dic				40	192	67	6		305
<b>Total general</b>				<b>308</b>	<b>1425</b>	<b>866</b>	<b>305</b>	<b>2</b>	<b>2906</b>



**Gráfica 1.** Comportamiento de las Audiencias y Temperaturas Máximas en Sonora durante el 2023 (Elaboración propia).

Yucatán es un estado el cual forma parte del litoral mexicano, este estado se caracteriza en tener temperaturas más constantes. Durante el año 2023 en conjunto con los registros de temperatura máxima promedio, permite identificar patrones relevantes tanto en la actividad institucional como en el comportamiento estacional del servicio de conciliación.

A lo largo del año, se registraron un total de 28,306 audiencias, de las cuales la mayoría concluyó con convenios entre las partes (59%), lo que refleja una alta efectividad conciliatoria. En contraste, un 17% de los casos no alcanzaron acuerdo y un 18% derivaron en la necesidad de programar nuevas audiencias.

El mayor volumen de audiencias se concentró en los meses de abril, mayo y junio, con un pico notable en mayo (3,568 audiencias), coincidiendo con el punto más alto de temperatura máxima promedio (aproximadamente 38 °C). Este comportamiento sugiere que, a pesar de las condiciones climáticas extremas, la actividad conciliatoria no se ve afectada negativamente.

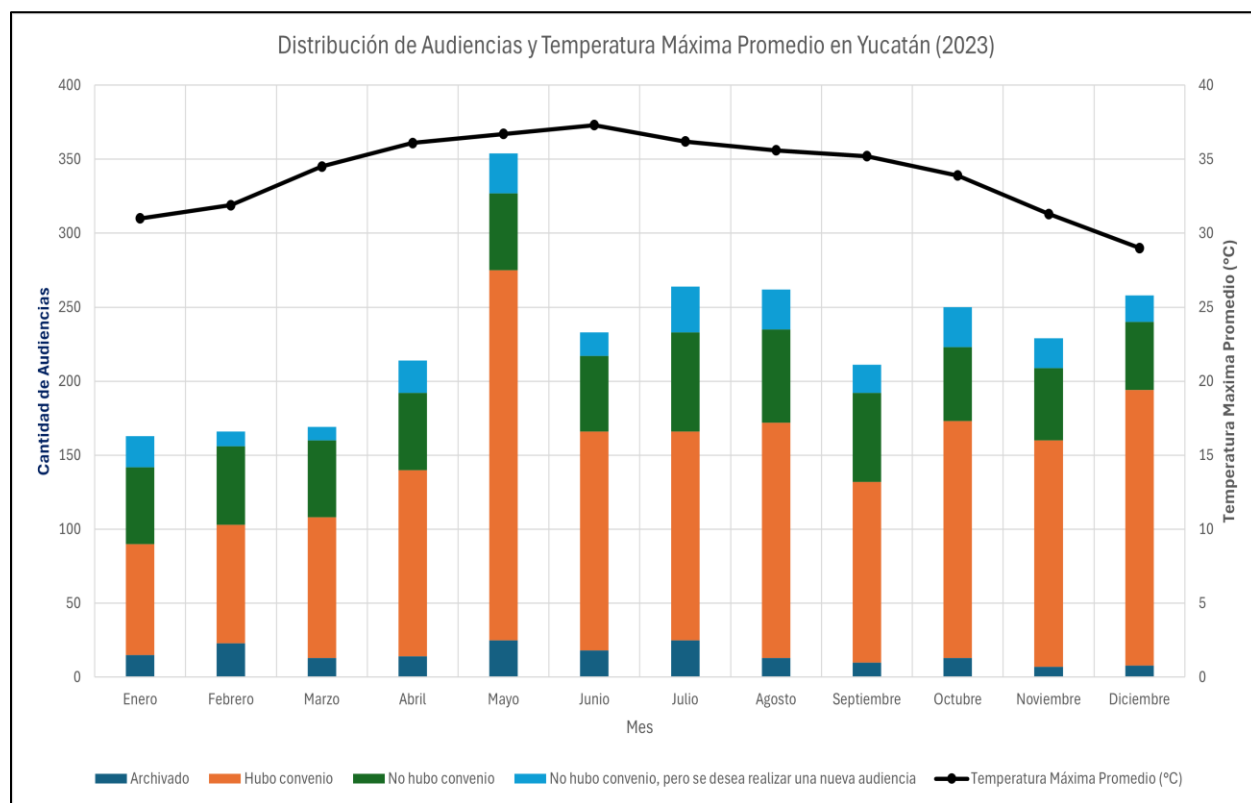
Por otro lado, los meses de enero, febrero y diciembre presentaron una disminución significativa en la cantidad de audiencias, lo que puede atribuirse al cierre de año administrativo o una menor disponibilidad de las partes involucradas y del personal conciliador. No obstante, la proporción de resultados (“Hubo convenio”, “No hubo convenio” y “No hubo convenio, pero se desea realizar una nueva audiencia”) se mantiene relativamente constante, lo que habla de una gestión institucional equilibrada a lo largo del año.

En términos generales, la temperatura no parece incidir de forma directa en el volumen ni en los resultados de las audiencias, lo cual sugiere que el servicio se encuentra institucionalmente preparado para operar bajo condiciones ambientales adversas, al menos en el contexto de audiencias presenciales.

Finalmente, destaca que durante el mes de agosto se registró el mayor número de audiencias en las que no se logró convenio, pero se manifestó la intención de realizar una nueva audiencia, lo que podría indicar una mayor complejidad en los casos tratados durante ese periodo o una posible sobrecarga en la agenda conciliatoria.

**Tabla 3.** Resultados de Audiencias Conciliatorias de manera presencial en Yucatán durante el 2023, según el CFCRL (Elaboración propia).

Cuenta de mes_letra	Etiquetas de columna	Hubo convenio	No hubo convenio	No hubo convenio, pero se desea realizar una nueva audiencia	(en blanco)	Total general	
2023	Archivado	1550	16719	4938	5087	12	28306
Ene		112	1134	314	391	1	1952
Feb		107	1175	313	369	3	1967
Mar		185	1359	458	465	2	2469
Abr		170	1088	365	384		2007
May		110	1751	387	419	1	2668
Jun		130	1662	421	439	2	2654
Jul		118	1273	418	565	2	2376
Ago		165	1423	603	556		2747
Sep		117	1445	528	461		2551
Oct		145	1604	460	460		2669
Nov		97	1438	359	362	1	2257
Dic		94	1367	312	216		1989
<b>Total general</b>		<b>1550</b>	<b>16719</b>	<b>4938</b>	<b>5087</b>	<b>12</b>	<b>28306</b>



**Gráfica 2.** Comportamiento de las Audiencias y Temperaturas Máximas en Yucatán durante el 2023 (Elaboración propia).

### **1.3 Objetivo General**

Analizar la influencia de las condiciones ambientales presentes en las salas de conciliación del CFCRL en la Ciudad de México durante audiencias presenciales, mediante la recopilación y análisis de datos obtenidos con sensores ambientales durante el periodo 2025–2026, con el fin de identificar su posible relación con los resultados de los procesos conciliatorios.

#### **1.3.1 Objetivos Específicos**

- Identificar y registrar las condiciones ambientales presentes en las salas de conciliación del CFCRL mediante sensores que midan temperatura, humedad relativa, iluminación y calidad del aire.
- Implementar un sistema de monitoreo ambiental basado en sensores e IoT que permita la recolección sistemática y continua de datos durante el desarrollo de audiencias presenciales.
- Construir una base de datos ambiental que almacene de forma estructurada la información obtenida por los sensores, incorporando variables temporales como fecha y hora de medición.
- Analizar estadísticamente las condiciones ambientales registradas para identificar patrones, variaciones y posibles situaciones de incomodidad o deterioro ambiental en las salas de conciliación.
- Examinar la posible relación entre las condiciones ambientales y los resultados de los procesos conciliatorios, con el fin de determinar si dichas variables pueden influir directa o indirectamente en la probabilidad de alcanzar acuerdos entre las partes.
- Proponer recomendaciones orientadas a la mejora de las condiciones ambientales de las salas de conciliación, contribuyendo al fortalecimiento de la eficiencia y efectividad del proceso de conciliación laboral.

### **1.4 Delimitación de la Investigación**

#### **1.4.1 Delimitación Temporal**

El estudio se centrará en los procesos conciliatorios llevados a cabo en las salas de conciliación durante el periodo comprendido entre diciembre de 2025 y noviembre de 2026. Este marco temporal ha sido seleccionado para analizar un ciclo anual completo para la recolección de la información.

### **1.4.2 Delimitación Geográfica**

La investigación se centrará en las oficinas ubicadas en la Ciudad de México, que cuentan con salas de conciliación y registran una alta afluencia diaria debido al elevado número de conciliaciones que se llevan a cabo. Además, su ubicación estratégica y fácil acceso hacen que estas instalaciones sean particularmente convenientes para el estudio.

### **1.4.3 Delimitación Temática**

El estudio se centrará exclusivamente en el análisis de la información ambiental de las salas de conciliación, utilizando sensores para medir la temperatura, la humedad relativa, la iluminación y la calidad del aire. No se incluirá información sensible relacionada con las audiencias conciliatorias.

### **1.4.4 Delimitación Metodológica**

La investigación utilizará un enfoque cuantitativo, basándose en la recopilación y análisis de datos estadísticos sobre la calidad ambiental dentro de las salas de conciliación, el tiempo de resolución, tasas de éxito. No se incluirán enfoques cualitativos como entrevistas a profundidad o estudios de caso.

## **1.5 Justificación del Problema**

La conciliación laboral prejudicial se ha consolidado como uno de los pilares fundamentales del nuevo modelo de justicia laboral en México, al promover la solución de conflictos de manera ágil, económica y colaborativa, sin necesidad de recurrir a instancias judiciales. En este contexto, resulta indispensable garantizar que los espacios donde se desarrollan estos procesos reúnan las condiciones necesarias para favorecer un diálogo constructivo entre las partes involucradas.

Uno de los factores que incide de manera significativa en el desarrollo de las audiencias conciliatorias, aunque a menudo es subestimado, es el ambiente físico en el que se llevan a cabo. Variables como la temperatura y la calidad del aire pueden afectar la comodidad, la concentración, el estado emocional y, en consecuencia, la disposición de las personas a participar de manera efectiva en la resolución del conflicto. Estas condiciones pueden influir tanto en la duración de las audiencias como en sus resultados, afectando la eficiencia y eficacia del procedimiento conciliatorio.

La presente investigación es relevante porque busca evidenciar cómo las condiciones ambientales de las salas de conciliación inciden de forma directa o indirecta en los resultados de

los procesos, en el marco de un enfoque preventivo que privilegie el bienestar de las personas usuarias y del personal conciliador. A través de la implementación de sensores ambientales, se pretende obtener información objetiva y cuantificable que permita identificar áreas de mejora y sustentar posibles recomendaciones para el diseño o adecuación de los espacios.

Asimismo, este estudio tiene un valor institucional, ya que puede contribuir a fortalecer la capacidad operativa del CFCRL, optimizando los entornos de trabajo y, por ende, mejorando la percepción y la confianza en el sistema de justicia laboral. Los hallazgos podrían también servir como insumo para el desarrollo de políticas públicas orientadas a estandarizar las condiciones ambientales en los centros de conciliación a nivel nacional.

En suma, la investigación aporta tanto al conocimiento académico como a la mejora práctica de los procesos conciliatorios, articulando la dimensión técnica del confort ambiental con la búsqueda de una justicia laboral más humana, eficiente y sensible a las condiciones reales en las que se desenvuelven las relaciones laborales.

## **1.6 Pregunta General**

### **¿Cómo influye el uso de tecnologías IoT en el análisis y mejora de las condiciones ambientales para favorecer la efectividad de las conciliaciones laborales?**

Diversas investigaciones en los campos de la salud, la psicología ambiental y las ciencias cognitivas han demostrado que los espacios cerrados inciden significativamente en el desempeño humano. Esta influencia no se limita a la percepción de confort, sino que se extiende a dimensiones clave como la concentración, el estado de ánimo, la motivación y la productividad. Factores ambientales como la calidad del aire, la iluminación, la ventilación y el control térmico interactúan con las condiciones físicas del entorno para potenciar o restringir la eficacia en la realización de tareas, particularmente en contextos educativos, laborales, clínicos y administrativos.

Esta relación también se hace evidente en los entornos de negociación, donde el ambiente físico puede ejercer un efecto indirecto pero determinante en el desarrollo del proceso. Dado que la negociación implica una dinámica interpersonal orientada a resolver conflictos y alcanzar acuerdos, resulta fundamental que las condiciones espaciales favorezcan la comunicación efectiva, la concentración sostenida y la disposición al diálogo. Aspectos como una iluminación adecuada, una temperatura confortable, una ventilación eficiente e incluso la organización del mobiliario pueden incidir en la percepción, la receptividad emocional y la actitud colaborativa de los participantes, influyendo en la construcción o el bloqueo de consensos.

En este contexto, la implementación de tecnologías del IoT en los procesos de conciliación laboral representa una herramienta innovadora para optimizar las condiciones ambientales de manera dinámica y basada en datos. La capacidad de monitorear en tiempo real variables como la temperatura, la humedad relativa, la calidad del aire y el nivel de iluminación permite intervenir de forma precisa para garantizar un entorno físico que favorezca la negociación. Además, el registro de estos datos proporciona evidencia objetiva para el análisis posterior y la mejora continua de los espacios de diálogo. De este modo, el IoT no solo mejora la ergonomía del entorno, sino que también contribuye a generar confianza institucional y a fortalecer la eficacia de los procesos conciliatorios al crear un ambiente propicio para el entendimiento mutuo.

### **1.6.1 Preguntas Específicas**

#### **¿Qué factores ambientales clave pueden influir en los procesos de conciliación laboral?**

Los factores ambientales influyen significativamente en la efectividad de los procesos de conciliación laboral. Elementos como la temperatura, la iluminación, la ventilación, la calidad del aire; afectan el confort, la concentración y la disposición al diálogo de las partes. Un entorno físico adecuado favorece la comunicación, reduce tensiones y mejora las condiciones para alcanzar acuerdos justos y colaborativos. Por ello, cuidar estos aspectos es clave para fortalecer la eficacia y la equidad en la resolución de conflictos laborales.

#### **¿Qué oportunidades y limitaciones implica la implementación de tecnologías IoT en salas de conciliación laboral?**

La implementación de tecnologías IoT en entornos de negociación laboral permite monitorear y controlar factores ambientales como la temperatura, la iluminación y la calidad del aire, lo que mejora el confort y favorece la comunicación entre las partes. Estos sistemas ofrecen beneficios como la automatización, toma de decisiones basadas en datos y mayor transparencia en los procesos. Sin embargo, también presentan desafíos como el costo de instalación, la necesidad de infraestructura tecnológica, la protección de datos y la capacitación del personal. A pesar de ello, su integración representa una oportunidad valiosa para optimizar la eficacia y calidad en los procesos de conciliación laboral.

#### **¿Cómo contribuye el monitoreo ambiental mediante IoT a la creación de condiciones equitativas en las audiencias conciliatorias laborales?**

Las tecnologías IoT contribuyen a crear entornos más equitativos y favorables en los procesos de conciliación laboral al monitorear y regular factores ambientales como la temperatura, la

iluminación y la calidad del aire. Esto reduce el estrés, mejora el bienestar de las partes y promueve un ambiente neutral y cómodo que facilita el diálogo. Además, la recolección de datos objetivos refuerza la transparencia y permite adaptar el entorno a las necesidades específicas de los participantes, favoreciendo la imparcialidad y la eficacia en la negociación.

### **1.7 Justificación del Estudio**

La conciliación laboral se ha consolidado como un mecanismo fundamental para la solución pacífica de conflictos entre trabajadores y empleadores, al ofrecer una alternativa ágil y económica en comparación con los procedimientos judiciales. En este marco, el CFCRL desempeña un papel clave al promover el diálogo y la cooperación entre las partes, con el fin de alcanzar acuerdos satisfactorios y equitativos.

No obstante, los factores ambientales en los espacios donde se llevan a cabo las audiencias conciliatorias han sido escasamente explorados, a pesar de que diversas disciplinas, como la psicología ambiental y la ergonomía, han demostrado que variables como la temperatura, la ventilación y la calidad del aire influyen directamente en el estado emocional, la concentración y la disposición al diálogo de las personas. La ausencia de análisis sistemáticos sobre estas condiciones representa una limitación que podría estar afectando la efectividad y equidad del proceso conciliatorio.

En este contexto, la incorporación de tecnologías del IoT ofrece una herramienta innovadora y eficaz para monitorear en tiempo real los parámetros ambientales de las salas de conciliación. La obtención de datos objetivos y cuantificables permitirá evaluar de manera rigurosa la influencia del entorno físico sobre las dinámicas de negociación, facilitando la toma de decisiones informadas para la mejora de dichos espacios.

Este estudio es pertinente tanto por su novedad metodológica como por su impacto potencial, no solo contribuirá al desarrollo de conocimiento académico en la intersección entre tecnología, ambiente y justicia laboral, sino que también puede aportar insumos prácticos para el diseño de políticas públicas orientadas a estandarizar y optimizar las condiciones ambientales en centros de conciliación a nivel nacional. Asimismo, el modelo propuesto podría ser replicado en otros contextos institucionales donde la calidad del entorno físico influya en los resultados de interacción interpersonal.

## **1.8 Viabilidad de la Investigación**

### **1.8.1 Viabilidad Institucional**

El CFCRL cuenta con mecanismos consolidados para el registro y sistematización de la información generada en sus procesos, particularmente en lo referente a las audiencias de conciliación. Esta información, en apego a los principios de transparencia y rendición de cuentas que rigen a las instituciones públicas en México, es de acceso público y puede consultarse a través de plataformas oficiales, lo cual garantiza el acceso a datos relevantes para el contexto del estudio.

### **1.8.2 Viabilidad Ética**

Para la recolección de variables ambientales (temperatura, humedad relativa, calidad del aire, iluminación), se establecerá un marco de colaboración institucional que delimite claramente el uso y tratamiento de los datos. Se enfatiza que la información recabada será estrictamente cuantitativa, ambiental y anónima, sin involucrar datos personales ni referencias a los participantes. Este enfoque asegura el seguimiento a la normativa sobre protección de datos personales y los derechos de las personas usuarias.

### **1.8.3 Viabilidad Técnica**

El estudio empleará tecnologías accesibles basadas en IoT para el monitoreo ambiental en tiempo real, así como herramientas estadísticas adecuadas para el procesamiento y análisis de datos. La disponibilidad de estos recursos y el diseño metodológico propuesto aseguran que la investigación puede ejecutarse de manera rigurosa, eficiente y alineada con los objetivos del proyecto.

## **1.9 Justificación de la Metodología**

La presente investigación adopta un enfoque cuantitativo, debido a que busca analizar la relación existente entre variables ambientales medibles y los resultados de las audiencias de conciliación laboral. Este enfoque permite trabajar con datos objetivos obtenidos a partir de mediciones instrumentales, facilitando la aplicación de técnicas estadísticas para identificar posibles asociaciones entre las condiciones ambientales y los resultados de los procesos conciliatorios.

El diseño de investigación es no experimental y de tipo correlacional, ya que las variables analizadas no serán manipuladas deliberadamente, sino observadas en su contexto natural durante el desarrollo de las audiencias presenciales. Este tipo de diseño es apropiado cuando se

pretende examinar la relación entre variables tal como ocurren en la realidad, permitiendo identificar patrones o tendencias sin alterar el entorno institucional en el que se desarrollan los procesos de conciliación.

La unidad de análisis de la investigación está constituida por las audiencias presenciales realizadas en las salas de conciliación del CFCRL. La selección de la muestra se realizará considerando aquellas audiencias para las cuales se disponga de información completa tanto en términos de variables ambientales como de resultados conciliatorios. Este criterio permite asegurar la consistencia y confiabilidad de los datos utilizados en el análisis.

En cuanto a las variables del estudio, se consideran como variables independientes las condiciones ambientales presentes en las salas de conciliación, específicamente la temperatura, la humedad relativa, la iluminación y la calidad del aire. Estas variables corresponden a características físicas del entorno que pueden ser medidas de manera objetiva mediante sensores ambientales. Por su parte, la variable dependiente corresponde al resultado de la audiencia de conciliación, el cual será clasificado en tres categorías: hubo convenio, no hubo convenio y no hubo convenio con posibilidad de nueva audiencia.

La recolección de datos se realizará mediante la implementación de sensores ambientales basados en tecnologías de IoT, los cuales permitirán capturar de forma continua y en tiempo real las condiciones ambientales presentes en las salas de conciliación. Estos datos serán integrados en una plataforma de monitoreo y almacenados en una base de datos estructurada para su posterior análisis. De manera complementaria, los resultados de las audiencias serán obtenidos a partir de registros institucionales del CFCRL, garantizando en todo momento la confidencialidad y el anonimato de la información utilizada.

La combinación de estas fuentes de información permitirá contar con un conjunto de datos confiable y sistemático para analizar la posible relación entre el entorno físico de las salas de conciliación y los resultados de los procesos conciliatorios, contribuyendo así a generar evidencia empírica que permita mejorar las condiciones ambientales de estos espacios institucionales.

### **1.10 Alcances**

Esta investigación tiene por objetivo analizar la posible relación entre condiciones ambientales registradas en tiempo real mediante sensores IoT y los resultados obtenidos en audiencias presenciales de conciliación laboral realizadas en las salas especializadas del CFCRL.

El estudio se enfocará exclusivamente en audiencias presenciales realizadas en la sede de la Ciudad de México, considerando registros ambientales y resultados conciliatorios del periodo comprendido entre 2025 y 2026. El diseño metodológico será cuantitativo y de tipo correlacional, sin intervención del investigador en el desarrollo natural de los procesos.

Este análisis busca identificar patrones estadísticos entre variables ambientales (como temperatura, iluminación, humedad relativa y calidad del aire) y el tipo de resolución alcanzada (convenio, sin convenio, o solicitud de nueva audiencia).

Cabe señalar que el estudio no abordará factores subjetivos o psicosociales que pudieran influir en las negociaciones, ni incluirá audiencias virtuales o aquellas sin registro completo. Tampoco se modificará el entorno físico para inducir cambios experimentales, limitándose a la observación no intrusiva y sistemática.

Los resultados podrán servir como base para futuras recomendaciones sobre la optimización de los espacios físicos destinados a la conciliación laboral, con el fin de mejorar su efectividad, equidad y condiciones de trabajo para usuarios y personal institucional.

### **1.11 Limitaciones**

Esta investigación presenta varias limitaciones que deben considerarse al interpretar sus resultados. En primer lugar, el estudio se centrará exclusivamente en audiencias presenciales realizadas en la sede del CFCRL ubicada en la Ciudad de México. Por tanto, los hallazgos no serán generalizables a otros contextos geográficos ni a audiencias virtuales o mixtas.

En cuanto a las limitaciones metodológicas, el enfoque será exclusivamente cuantitativo, orientado al análisis de variables ambientales objetivas como la temperatura, la calidad del aire, la iluminación o la humedad relativa. No se incorporarán factores de naturaleza subjetiva o contextual, tales como el estado emocional de las partes, las habilidades interpersonales del conciliador o la complejidad de los conflictos tratados.

Desde una perspectiva técnica, la recolección de datos dependerá del correcto funcionamiento de los sensores IoT instalados en las salas de conciliación. Posibles fallas en los dispositivos, cortes de energía o errores en la transmisión de datos podrían reducir el tamaño de la muestra o generar vacíos temporales en los registros.

Finalmente, por razones éticas y legales, el estudio no incluirá datos personales ni información sensible de los participantes, limitando el análisis a datos agregados y anónimos. Esto, si bien

asegura la confidencialidad, también restringe la posibilidad de realizar análisis más detallados basados en perfiles de los usuarios o características sociodemográficas.

A pesar de estas limitaciones, se espera que los hallazgos ofrezcan una base sólida y confiable para comprender la relación entre las condiciones físicas del entorno y la efectividad de los procesos de conciliación laboral.

## **CAPÍTULO II. ESTUDIOS Y PROTOTIPOS DENTRO DEL IOT**

### **2.1 Introducción**

El monitoreo de la calidad del aire interior (IAQ, por sus siglas en inglés) y del confort térmico ha adquirido una relevancia creciente en los últimos años, especialmente en contextos urbanos, institucionales y educativos, donde las personas pasan la mayor parte del tiempo en espacios cerrados. Diversos estudios han demostrado que una mala calidad del aire puede generar consecuencias negativas tanto en la salud como en el rendimiento cognitivo, mientras que el confort térmico impacta directamente en la productividad, el bienestar y la percepción del ambiente construido.

En este escenario, las IoT han emergido como una solución prometedora para enfrentar estos retos. El IoT permite la integración de sensores, microcontroladores, redes de comunicación y plataformas digitales para recolectar, procesar y visualizar información ambiental en tiempo real. Esta capacidad de instrumentación avanzada facilita una comprensión más profunda de las condiciones ambientales en interiores y permite la implementación de estrategias dinámicas de control.

Además, el acceso creciente a sensores de bajo costo, microcontroladores programables y plataformas en la nube ha democratizado el desarrollo de prototipos y soluciones inteligentes. De igual forma, la incorporación de algoritmos de IA y aprendizaje automático ha permitido ampliar las funcionalidades de estos sistemas hacia la predicción de condiciones futuras, el reconocimiento de patrones y la generación de alertas automáticas ante situaciones críticas.

El contexto pospandémico ha reforzado aún más la necesidad de contar con entornos interiores seguros, ventilados y monitoreados, no solo para prevenir contagios, sino para mejorar la calidad de vida. Así, la convergencia entre IoT, IA y plataformas de visualización ha impulsado una nueva generación de soluciones inteligentes, enfocadas tanto en la eficiencia energética como en la salud ambiental.

Este apartado presenta una revisión detallada de investigaciones recientes y desarrollos tecnológicos centrados en el diseño, implementación y evaluación de plataformas IoT orientadas al monitoreo de la IAQ y el confort térmico. A través del análisis de diferentes estudios y prototipos, se exponen los avances alcanzados, los desafíos identificados y las oportunidades de mejora en este campo de estudio multidisciplinario que abarca la ingeniería, la informática, la salud pública y la arquitectura sostenible.

## **2.2 Tendencias Generales en Plataformas IoT para IAQ**

En los últimos años, el desarrollo tecnológico ha facilitado la proliferación de plataformas de monitoreo ambiental basadas en el IoT, particularmente en el ámbito de la IAQ. Tal como lo destacan Dai et al. (2023), uno de los factores clave en este avance ha sido la disponibilidad de sensores de bajo costo, capaces de recolectar datos ambientales en tiempo real con una precisión razonable. Esta evolución ha generado un creciente interés académico y tecnológico debido a su potencial transformador para la gestión ambiental en espacios cerrados como viviendas, oficinas, hospitales y escuelas.

Sin embargo, el monitoreo en tiempo real, aunque necesario, no es suficiente para garantizar la eficiencia en la gestión de la calidad del aire. Para abordar este desafío, se ha comenzado a integrar IA en estas plataformas, lo que permite no solo interpretar grandes volúmenes de datos, sino también predecir condiciones futuras y generar estrategias de control preventivo. Esta transición del monitoreo pasivo al análisis predictivo representa un cambio paradigmático en la gestión del IAQ.

### **2.2.1 Predicción Mediante Algoritmos de Aprendizaje Automático**

La IA, particularmente a través del aprendizaje automático (machine learning), se ha consolidado como una herramienta eficaz para modelar y predecir el comportamiento de variables ambientales complejas y multivariadas. En el contexto de IAQ, los algoritmos pueden entrenarse con datos históricos recolectados por sensores para identificar patrones ocultos y correlaciones entre distintos contaminantes y factores ambientales como temperatura, humedad o ventilación.

En el estudio de Dai et al. (2023), se destaca que los modelos predictivos permiten anticipar episodios de mala calidad del aire y actuar antes de que se presenten condiciones adversas para la salud o el confort. Esta capacidad predictiva es esencial en entornos donde se requiere mantener altos estándares de salubridad, como en el contexto post-pandémico, donde la ventilación adecuada se ha vuelto una prioridad.

### **2.2.2 Arquitectura de las Plataformas Inteligentes**

La arquitectura típica de estas plataformas combina sensores IoT con módulos de análisis basados en IA. Primero, los sensores capturan datos en tiempo real que son enviados a una base de datos o a una nube de procesamiento. Luego, los algoritmos analizan estos datos para estimar la evolución futura de variables críticas, por ejemplo, niveles de CO<sub>2</sub> o partículas PM<sub>2.5</sub>.

Este enfoque también permite implementar sistemas de alerta temprana que, a partir de las predicciones generadas, pueden activar mecanismos automáticos como la apertura de ventanas, encendido de sistemas de ventilación o notificación a los usuarios, anticipando eventos de deterioro en la calidad del aire.

### 2.2.3 Ventajas y Desafíos de la IA en IAQ

Entre los beneficios más destacados del uso de IA en IAQ se encuentran:

- Mejora en la precisión del monitoreo y la detección de anomalías.
- Reducción del consumo energético, al controlar los sistemas de ventilación de forma más eficiente.
- Toma de decisiones autónoma o asistida para la gestión ambiental.
- Adaptabilidad a diferentes contextos y ocupaciones de los espacios.

Sin embargo, también existen desafíos importantes. Por ejemplo, el entrenamiento de modelos predictivos requiere datasets amplios y de buena calidad, lo cual puede ser una limitante en instalaciones que apenas están comenzando a recolectar datos. Asimismo, el procesamiento local puede demandar recursos computacionales considerables, a menos que se utilicen plataformas cloud o soluciones edge computing optimizadas.

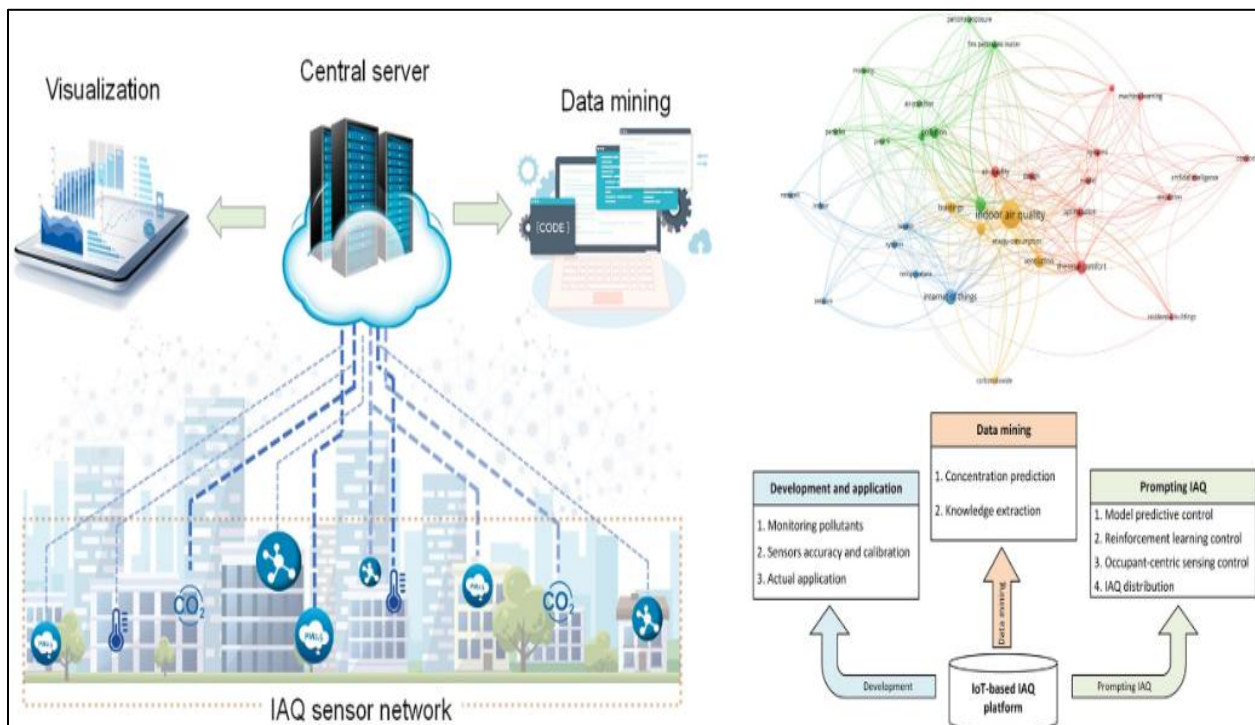


Figura 2. Resumen gráfico (Tomado de Dai et al., 2023).

## 2.3 Aplicación de Inteligencia Artificial en la Predicción de IAQ

La IA, particularmente mediante técnicas de machine learning y deep learning, se ha establecido como un instrumento para analizar y predecir fenómenos relacionados con la IAQ, al identificar patrones temporales y relaciones entre variables ambientales. Integrada con tecnologías IoT, permite procesar datos generados por sensores en tiempo real para mejorar el monitoreo ambiental. Un ejemplo de esta integración es el estudio de Santana Andrade et al. (2022), quienes desarrollaron un sistema basado en NodeMCU capaz de registrar variables como temperatura, humedad, CO<sub>2</sub> y compuestos orgánicos volátiles, demostrando el potencial de estas plataformas para la gestión inteligente del ambiente interior.

### 2.3.1 Construcción del Modelo Predictivo y Enfoque Metodológico

A partir de los datos recolectados, se construyó un dataset que fue utilizado para entrenar tres modelos predictivos de series temporales empleando redes neuronales recurrentes (RNN), una arquitectura diseñada específicamente para procesar secuencias de datos. Las redes RNN son adecuadas para este tipo de tareas porque tienen la capacidad de recordar información previa, lo que les permite capturar relaciones temporales y tendencias dentro de una serie de tiempo.

Los tres modelos evaluados fueron los siguientes:

- **Modelo ST1V (serie temporal univariable):** Utiliza una sola variable del conjunto de datos para predecir futuros valores.
- **Modelo STMV (serie temporal multivariable sin embeddings):** Utiliza múltiples variables, pero sin incorporar representaciones adicionales de variables categóricas.
- **Modelo STMV+E (serie temporal multivariable con embeddings):** Integra múltiples variables y convierte variables categóricas como la fecha en vectores numéricos, conocidos como embeddings, para captar patrones más complejos y estacionales.

### 2.3.2 Resultados y Análisis de Desempeño

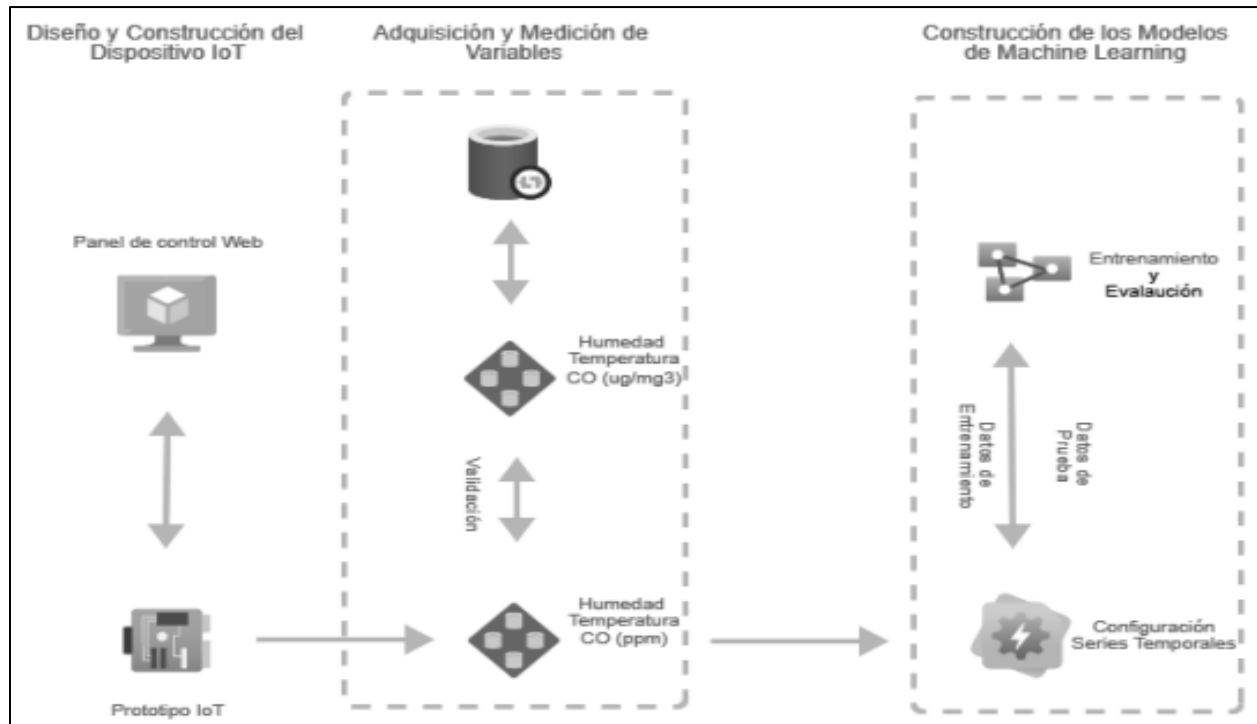
El modelo multivariable con embeddings demostró ser el más preciso, con un error cuadrático medio (MSE) inferior al 7 % en las pruebas, en contraste con los modelos univariable (12.93 %) y multivariable sin embeddings (15.71 %). Este resultado subraya la relevancia de incorporar información temporal codificada adecuadamente, como la fecha y hora, la cual puede tener una gran influencia en los niveles de IAQ debido a factores como los ciclos de ventilación, la ocupación del espacio, o la actividad humana.

Los embeddings permiten representar categorías de manera que la red neuronal pueda reconocer similitudes y relaciones entre ellas. En este caso, el modelo pudo aprender que ciertas horas del día o días de la semana tienen patrones recurrentes en la concentración de contaminantes, lo que mejoró significativamente la capacidad de predicción del sistema.

### **2.3.3 Implicaciones y Potencial de la IA para la Gestión de IAQ**

La integración de modelos de IA como los presentados por Santana Andrade et al. (2022) ofrece múltiples beneficios para el manejo de la calidad del aire interior:

- **Predicción proactiva:** Permite anticipar aumentos en los niveles de contaminantes y activar medidas correctivas con antelación, como mejorar la ventilación o limitar la ocupación del espacio.
- **Optimización energética:** Al predecir las condiciones del aire, se pueden optimizar los sistemas HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado), reduciendo el consumo energético sin comprometer la salud ambiental.
- **Adaptabilidad:** Estos modelos pueden adaptarse a diferentes tipos de edificaciones o condiciones climáticas, lo que los hace altamente escalables.
- **Retroalimentación continua:** Los modelos pueden actualizarse y reentrenarse con nuevos datos, mejorando progresivamente su precisión y utilidad.



**Figura 3.** Metodología de construcción de un dispositivo y un modelo de Machine Learning para la medición y predicción del IAQ, respectivamente (Tomado de Santana Andrade et al., 2022).

## 2.4 Sistema de Alerta y Monitoreo ante Riesgos Sanitarios

El monitoreo en tiempo real de la IAQ ha adquirido una relevancia crítica desde la pandemia de COVID-19, al evidenciarse la relación directa entre la ventilación deficiente y el aumento en la propagación de enfermedades respiratorias en ambientes cerrados. En este contexto, la implementación de sistemas inteligentes de alerta y monitoreo representa una estrategia esencial para garantizar ambientes saludables y seguros, especialmente en espacios de alta ocupación como oficinas, escuelas, hospitales o centros comerciales.

Un ejemplo destacado de esta aplicación es el desarrollado por Al-Dulaimi et al. (2021), quienes propusieron una solución tecnológica avanzada que integra sensores IoT y algoritmos de aprendizaje automático para monitorear y predecir las condiciones de la IAQ en tiempo real. El principal objetivo de este sistema fue reducir el riesgo de contagio de COVID-19 al detectar oportunamente situaciones de riesgo sanitario en espacios interiores.

### **2.4.1 Componentes del Sistema y su Funcionalidad**

El sistema diseñado por Al-Dulaimi y su equipo está basado en un nodo IoT equipado con una red de sensores capaces de medir hasta ocho contaminantes atmosféricos, además de variables ambientales como temperatura y humedad relativa. Los contaminantes monitoreados incluyen:

- Amoníaco (NH<sub>3</sub>)
- Monóxido de carbono (CO)
- Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)
- Metano (CH<sub>4</sub>)
- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)
- Material particulado PM<sub>2.5</sub>

Estos elementos fueron seleccionados por su capacidad de influir significativamente en la calidad del aire y su relación directa con afecciones respiratorias o síntomas agravados por enfermedades infecciosas. El sistema fue implementado inicialmente en un laboratorio, donde demostró una alta precisión en la recolección de datos, lo cual validó su potencial para ser escalado a escenarios reales de riesgo sanitario.

### **2.4.2 Capacidades Predictivas y de Alerta**

Una de las innovaciones clave del sistema radica en su capacidad predictiva y reactiva. Mediante algoritmos de aprendizaje automático, la plataforma no solo analiza los niveles de contaminantes, sino que también detecta patrones que preceden condiciones de riesgo, como la acumulación gradual de CO<sub>2</sub> debido a una ocupación elevada o ventilación inadecuada.

El sistema envía alertas automáticas a través de un portal web y una aplicación móvil, lo que permite a los usuarios o administradores del espacio tomar medidas inmediatas, como aumentar la ventilación natural, activar sistemas HVAC, o limitar el acceso al área afectada. Las comunicaciones se realizan a través de tecnologías Wi-Fi y GSM, garantizando una conectividad robusta incluso en ubicaciones remotas o con infraestructura limitada.

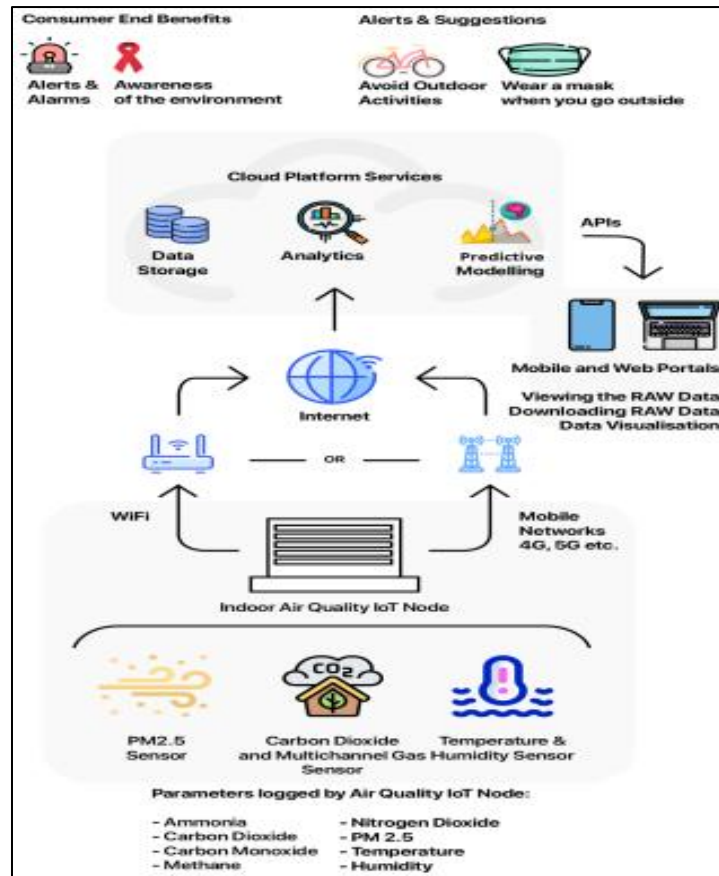
### **2.4.3 Ventajas para la Gestión Sanitaria y Ambiental**

Los sistemas como el de Al-Dulaimi et al. (2021) ofrecen múltiples beneficios más allá del monitoreo básico, ya que se convierten en herramientas activas de gestión sanitaria preventiva. Entre sus ventajas destacan:

- **Intervención temprana:** Las alertas automáticas permiten actuar antes de que las condiciones lleguen a niveles peligrosos.
- **Toma de decisiones basada en datos:** La visualización histórica de la calidad del aire facilita la identificación de patrones estacionales o relacionados con la actividad humana.
- **Mejor comunicación del riesgo:** Las plataformas móviles y web facilitan el acceso de los usuarios a la información, promoviendo la concientización y el cumplimiento de medidas preventivas.
- **Aplicabilidad en múltiples sectores:** Estos sistemas pueden adaptarse a contextos escolares, hospitalarios, industriales o residenciales, donde la gestión de la IAQ es clave para proteger la salud.

#### **2.4.4 Relevancia en Contextos Postpandemia**

El impacto de la pandemia ha acelerado la adopción de tecnologías que permiten detectar y responder a factores de riesgo ambiental. Sistemas de monitoreo y alerta como el desarrollado por Al-Dulaimi et al. representan un nuevo paradigma en la vigilancia sanitaria, al conjugar sensores IoT, conectividad en tiempo real e inteligencia artificial en una solución integral. Su implementación contribuye directamente al cumplimiento de normas internacionales de salubridad y al diseño de espacios resilientes frente a futuras crisis epidemiológicas.



**Figura 4.** Arquitectura del sistema propuesto (Tomado de Al-Dulaimi et al., 2021).

## 2.5 Prototipos para Entornos Escolares y Educativos

El monitoreo y control de la IAQ en instituciones educativas se ha convertido en un tema prioritario, dado que los niños y adolescentes pasan una parte significativa de su tiempo en entornos cerrados como aulas, bibliotecas y laboratorios. La exposición prolongada a contaminantes como el material particulado (MP) puede tener efectos adversos en su salud respiratoria y cognitiva, especialmente considerando que se encuentran en una etapa de desarrollo fisiológico clave.

Conscientes de esta problemática, diversos proyectos han comenzado a diseñar soluciones específicas para el sector educativo, entre ellos el trabajo de Amézquita Ayure (2022), cuyo objetivo es desarrollar un prototipo funcional para visualizar, monitorear y regular los niveles de MP en interiores escolares.

### **2.5.1 Características del Prototipo**

El prototipo desarrollado se enfoca principalmente en detectar y controlar las concentraciones de material particulado, uno de los contaminantes atmosféricos más peligrosos debido a su capacidad de ingresar al sistema respiratorio y desencadenar enfermedades respiratorias, alergias, y problemas cardiovasculares. La particularidad de este prototipo radica en su enfoque preventivo y educativo: no solo se limita a recolectar datos, sino que también permite una interacción directa con los usuarios (docentes, estudiantes y personal administrativo), al presentar la información en un formato accesible y fácil de interpretar.

### **2.5.2 Componentes Tecnológicos e Infraestructura**

La arquitectura del sistema se basa en tecnologías del IoT, integrando sensores de calidad del aire con módulos de conectividad para transmitir los datos hacia una plataforma cloud. Esta plataforma se encarga del almacenamiento, procesamiento y visualización de los datos en tiempo real, facilitando una toma de decisiones inmediata y fundamentada.

Además, el prototipo está diseñado para actuar de manera autónoma frente a niveles críticos de contaminación, ya sea activando sistemas de ventilación mecánica o recomendando la apertura de ventanas mediante alertas visuales o sonoras. Esto convierte al sistema en una herramienta de regulación activa, no solo de monitoreo pasivo.

### **2.5.3 Impacto Esperado y Escalabilidad**

El sistema tiene un alto potencial de escalabilidad, ya que su diseño modular y su bajo costo de implementación permiten su adaptación a diferentes tipos de instituciones educativas, desde escuelas rurales hasta colegios urbanos de gran tamaño. Asimismo, su enfoque basado en datos y en la nube permite generar estadísticas históricas útiles para la formulación de políticas públicas escolares orientadas al mejoramiento de la infraestructura y la salud ambiental.

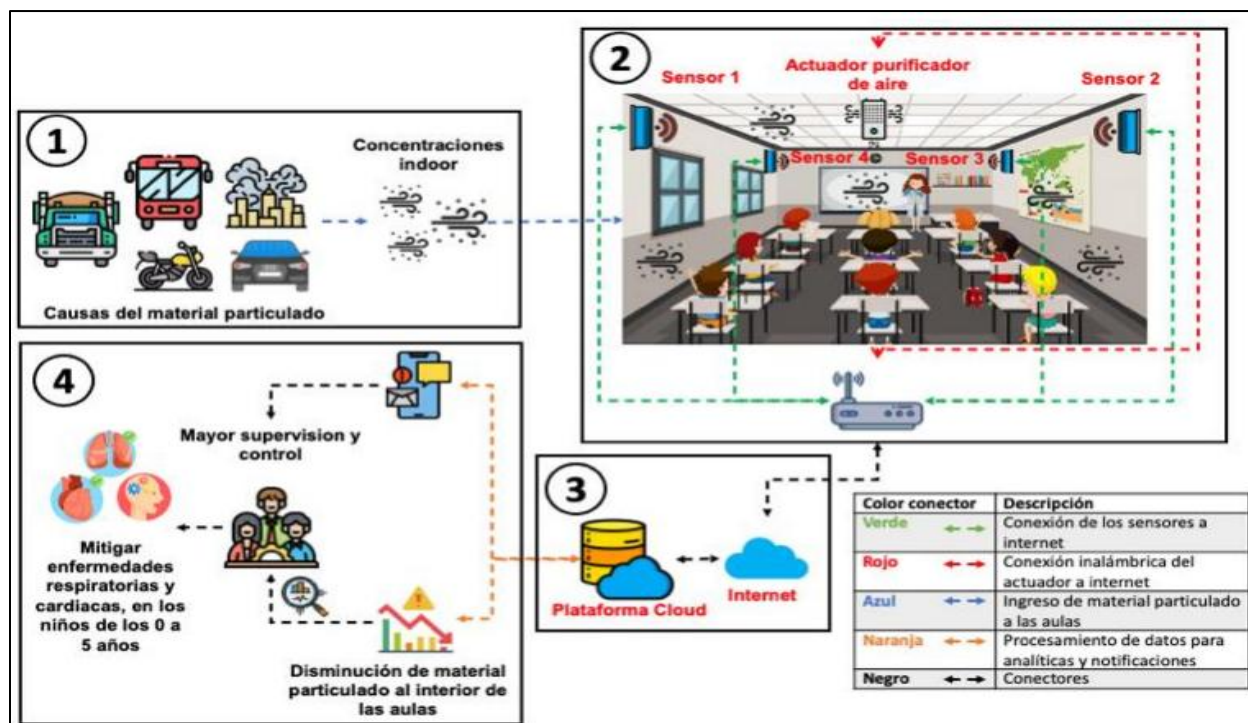


Figura 5. Diseño de la propuesta (Tomado de Amézquita Ayure, 2022).

## 2.6 Enfoques Comparativos y uso de Inteligencia Ambiental

La evolución de los sistemas de monitoreo de la IAQ ha ido incorporando, de manera progresiva, metodologías comparativas y técnicas de inteligencia artificial con el propósito de generar diagnósticos más certeros y estrategias de control ambiental más efectivas. El estudio de Marzouk et al. (2022) se inscribe en esta tendencia al desarrollar un sistema inteligente que no solo mide parámetros del aire en tiempo real, sino que los contrasta con datos exteriores, incorporando una dimensión comparativa clave para evaluar de forma más completa los factores que afectan la IAQ.

### 2.6.1 Sistemas de Monitoreo Inteligente y Plataforma IoT

El sistema propuesto se construyó mediante la integración de microcontroladores y sensores ambientales especializados, conectados a una plataforma IoT. Esta configuración permitió la recopilación continua de datos sobre variables como temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) y material particulado PM<sub>2.5</sub>, con una notable eficiencia en la transmisión de datos vía Wi-Fi y sin pérdidas relevantes de información. Las métricas obtenidas en el entorno de prueba confirmaron su estabilidad operativa y su capacidad de adaptarse a diferentes condiciones ambientales interiores.

### **2.6.2 Comparación con Datos Exteriores y Análisis Contextual**

Una de las aportaciones más importantes de esta investigación fue la inclusión de un enfoque comparativo entre condiciones interiores y exteriores durante el mismo periodo experimental. Este enfoque permitió identificar no solo variaciones propias del ambiente interior, sino también correlaciones con factores ambientales externos que podrían estar influyendo, como la ventilación natural, la contaminación urbana o las condiciones climáticas.

Este análisis diferencial ofrece una visión más robusta de los riesgos asociados a la calidad del aire, facilitando la detección de patrones de contaminación recurrentes y el diseño de intervenciones específicas, como la modificación de horarios de ventilación, el aislamiento de fuentes contaminantes o la implementación de sistemas de purificación de aire en momentos críticos.

### **2.6.3 Aplicación de Inteligencia Artificial para Predicción y Gestión**

El sistema se fortaleció aún más mediante el uso de modelos de inteligencia artificial capaces de procesar grandes volúmenes de datos históricos y generar predicciones sobre el comportamiento futuro de las variables ambientales. Esto transforma al sistema de un dispositivo de monitoreo pasivo a una herramienta de gestión activa e inteligente, con la capacidad de anticipar condiciones críticas antes de que ocurran.

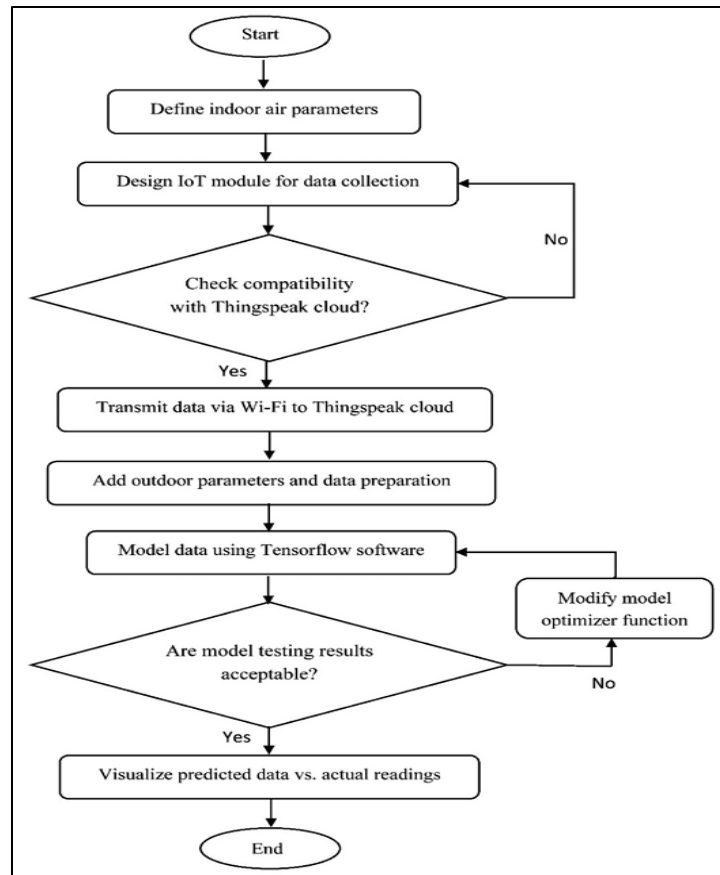
Además, los modelos de IA permiten identificar relaciones no lineales o complejas entre variables ambientales, lo cual sería difícil de detectar mediante métodos tradicionales. Esta capacidad predictiva resulta especialmente útil en contextos donde los cambios en la calidad del aire pueden producirse de forma abrupta, como en edificios con alta ocupación o mala ventilación.

### **2.6.4 Implicaciones para la Inteligencia Ambiental**

El estudio de Marzouk et al. también se enmarca en un enfoque más amplio conocido como inteligencia ambiental, que busca la creación de espacios interiores capaces de adaptarse automáticamente a las necesidades de sus ocupantes mediante el análisis continuo del entorno. En este caso, el sistema representa un ejemplo práctico de inteligencia ambiental al permitir la retroalimentación continua entre los sensores, la plataforma de análisis y los mecanismos de intervención, como ventiladores, purificadores de aire o alertas automatizadas.

Este tipo de soluciones son especialmente relevantes en entornos como hospitales, oficinas, edificios gubernamentales y centros educativos, donde la salud y el confort de los usuarios

dependen en gran medida de condiciones ambientales que pueden no ser evidentes a simple vista.



**Figura 6.** Diagrama de flujo del sistema IAQ (Tomado de Marzouk et al., 2022).

## 2.7 Monitoreo Integrado y Eficiencia Energética

En el contexto actual de transición hacia entornos inteligentes y sostenibles, el monitoreo ambiental integrado con fines de eficiencia energética ha cobrado una relevancia creciente, especialmente en espacios institucionales como campus universitarios. El proyecto de Vargas-García (2024) se alinea con esta tendencia al implementar un ecosistema tecnológico basado en el IoT, diseñado no solo para la recopilación y visualización de datos ambientales, sino también para la optimización del uso de recursos energéticos, particularmente la iluminación, en edificaciones de uso colectivo.

### **2.7.1 Tecnología IoT Aplicada a la Gestión Energética y Ambiental**

El sistema desarrollado se centra en el despliegue de dos nodos IoT inteligentes: el nodo alfa y el nodo beta. Ambos emplean microcontroladores ampliamente utilizados en aplicaciones IoT, como el ESP8266 12E y el ESP32, lo que garantiza un bajo costo y una alta compatibilidad con sensores ambientales. Esta arquitectura permite monitorear variables críticas como temperatura, humedad, concentración de partículas en el aire y niveles de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), así como detectar patrones de comportamiento relacionados con la ocupación de espacios y el uso de luminarias.

La elección de sensores específicos, como el sensor láser de partículas y el sensor infrarrojo para CO<sub>2</sub>, permite una medición precisa de la calidad del aire, mientras que el monitoreo del encendido de lámparas y el estado de puertas brinda información valiosa sobre hábitos de uso energético y posibles desperdicios. Esta información, recopilada en tiempo real, puede utilizarse tanto para optimizar el consumo eléctrico como para reforzar medidas sanitarias aún vigentes tras la pandemia de COVID-19, como la ventilación constante y el control del aforo en espacios cerrados.

### **2.7.2 Plataforma de Gestión y Visualización: Thingsboard**

El proyecto destaca el uso de ThingsBoard, una plataforma de código abierto especializada en la gestión de dispositivos IoT y visualización de datos. Esta herramienta ofrece dashboards interactivos que permiten observar patrones en tiempo real, facilitando la toma de decisiones por parte de administradores y usuarios. La posibilidad de integrar múltiples nodos en una misma interfaz y de aplicar reglas de automatización, como alertas o cambios en el estado de dispositivos, es una de sus principales fortalezas.

El estudio exploró distintas versiones de ThingsBoard, resaltando su versatilidad en entornos académicos gracias a su gratuidad para pruebas e investigación. No obstante, también se identificaron limitaciones a nivel profesional, como la necesidad de licencias para funciones avanzadas, lo cual plantea desafíos para su escalabilidad en contextos comerciales o institucionales de mayor envergadura.

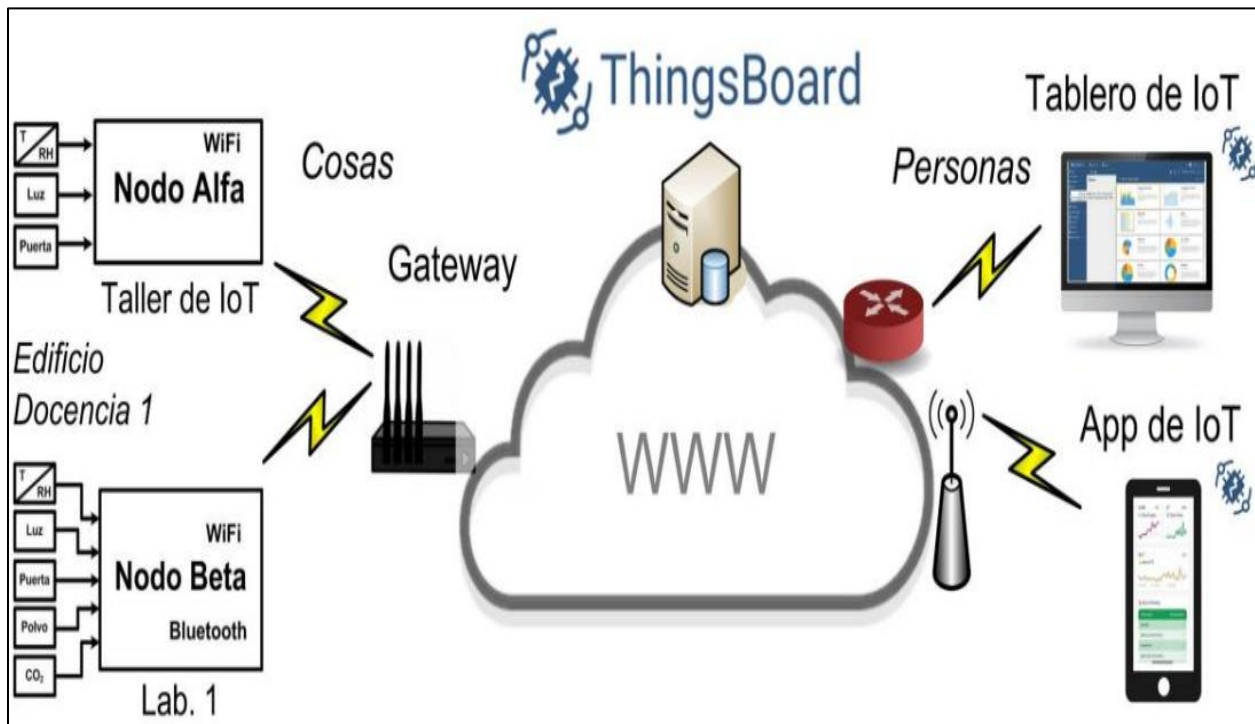
### **2.7.3 Eficiencia Energética e Impacto Ambiental**

Una de las contribuciones más destacadas del proyecto es su enfoque en la eficiencia energética, particularmente en la gestión del consumo de electricidad por iluminación. El sistema identifica picos de consumo, tiempos de uso innecesarios o zonas con ocupación baja pero alto gasto energético, permitiendo intervenciones automatizadas o manuales para reducir el consumo.

Además, la información ambiental integrada permite diseñar estrategias de ventilación inteligente, activando sistemas de extracción o alertando a los usuarios sobre condiciones adversas como alta concentración de CO<sub>2</sub> o material particulado. Esta sinergia entre eficiencia energética y salud ambiental representa un paso importante hacia la sustentabilidad operativa de los edificios.

#### 2.7.4 Aplicaciones y Escalabilidad del Sistema

Si bien el proyecto fue desarrollado en un campus universitario, sus principios y arquitectura pueden extrapolarse fácilmente a otros tipos de instalaciones, como edificios de oficinas, centros educativos, hospitales o bibliotecas públicas. La modularidad de los nodos IoT y la adaptabilidad de la plataforma ThingsBoard facilitan su personalización según las necesidades específicas de cada entorno. A largo plazo, este tipo de sistemas pueden integrarse con estrategias de inteligencia ambiental, donde los edificios no solo monitorean, sino que aprenden del comportamiento humano y se adaptan para mejorar el confort, reducir el impacto ecológico y optimizar el uso de recursos.



**Figura 7.** Sistema de Smart IoT Campus de extremo a extremo (Tomado de Vargas-García, 2024).

## 2.8 Conclusiones

Los estudios revisados demuestran que las plataformas IoT representan una herramienta clave para el monitoreo continuo y la gestión eficiente de la calidad del aire interior y el confort térmico. La evolución hacia sistemas inteligentes que integran IA, modelos predictivos y tecnologías en la nube ha permitido ampliar las capacidades de estas soluciones, haciéndolas más precisas, accesibles y aplicables en una amplia gama de contextos, desde entornos escolares hasta oficinas y laboratorios. A su vez, los modelos avanzados basados en lógica difusa, redes neuronales y análisis multivariable han mejorado la capacidad de predicción y respuesta de estos sistemas, lo que los posiciona como una estrategia eficaz para mejorar el bienestar y la salud en espacios cerrados.

**Tabla 4.** Detalle de estudios y prototipos dentro del IoT (Elaboración propia).

<b>Sistema</b>	<b>Unidad de control</b>	<b>Placa de interfaz</b>	<b>Sensores</b>	<b>Comunicación</b>
<b>Santana Andrade et al. (2022)</b>	ESP8266	NodeMCU	MQ-135 (CO), DHT11 (T° y H.R.)	Wi-Fi
<b>Al-Dulaimi et al. (2021)</b>	ATmega328P, ESP8266	NodeMCU	Multichannel Gas (NH <sub>3</sub> , CO, NO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> ), MH-Z19 (CO <sub>2</sub> ), DHT11, HM3301 (PM <sub>2.5</sub> )	Wi-Fi
<b>Amézquita Ayure (2022)</b>	ESP8266	NodeMCU	PMS5003 (material particulado)	Wi-Fi
<b>Marzouk et al. (2022)</b>	ESP32	—	DHT11, BMP180, MQ-135, MQ-7, GP2Y1010AU0F	Wi-Fi
<b>Vargas-García (2024)</b>	ESP32, ESP8266	—	Sensores múltiples (T°, H.R., CO <sub>2</sub> , partículas, apertura puertas)	Wi-Fi

## **CAPÍTULO III. REFERENTES TEÓRICOS**

### **3.1 Introducción**

En este tercer capítulo, se abordará el marco teórico necesario para comprender adecuadamente la relación entre las condiciones ambientales y los resultados de las audiencias conciliatorias dentro del modelo de justicia laboral implementado por el CFCRL.

En primer lugar, se revisarán los antecedentes históricos y sociales del nuevo sistema de justicia laboral en México, así como el contexto en el que se desarrollan las audiencias de conciliación. Esta revisión permitirá entender los factores que han motivado la creación del CFCRL y su papel en la transformación del sistema laboral mexicano.

Posteriormente, se presentarán las bases legales y normativas que rigen el funcionamiento del CFCRL, haciendo énfasis en los lineamientos para la realización de audiencias y la obligación de garantizar condiciones adecuadas para su desarrollo. Asimismo, se hará un análisis de las normas relacionadas con el entorno laboral y climático, tanto a nivel nacional como internacional, con el objetivo de establecer un marco jurídico de referencia.

A continuación, se revisarán estudios e investigaciones previas que analizan la influencia de factores ambientales, particularmente las condiciones térmicas extremas, en el comportamiento humano, el desempeño laboral, la toma de decisiones y los procesos judiciales o administrativos. Este análisis permitirá identificar enfoques teóricos y hallazgos relevantes que sustenten la hipótesis de que las temperaturas extremas pueden incidir en los resultados de las audiencias conciliatorias.

Finalmente, se expondrán los fundamentos teóricos que respaldan la relación entre clima, comportamiento humano y toma de decisiones. Se discutirán teorías psicológicas, sociológicas y fisiológicas que explican cómo el estrés térmico puede afectar la interacción social, el estado de ánimo y la disposición al acuerdo, lo cual resulta crucial para entender los hallazgos que se presentarán en el capítulo siguiente. Todo ello permitirá construir una base sólida para interpretar los resultados del estudio y proponer recomendaciones informadas para mejorar el desempeño institucional del CFCRL ante escenarios de cambio climático

### **3.2 Psicología Ambiental**

Diversas disciplinas han buscado establecer interfaces conceptuales y empíricas entre la psicología y las ciencias ambientales, especialmente desde una perspectiva ecológica. Entre las

aproximaciones interdisciplinarias que han aportado de manera significativa al estudio de la relación entre el comportamiento humano y el entorno se encuentran la psicología ambiental, la geografía conductual, la biología social, la ecología humana, la ecología conductual, la arquitectura psicológica, así como la antropología y sociología urbana. Estas áreas han generado marcos teóricos y metodológicos que permiten comprender la compleja interacción entre las personas y los espacios que habitan.

Si bien todas estas disciplinas comparten el interés por analizar el comportamiento humano en el entorno físico-social, difieren en sus enfoques, escalas de análisis, niveles de observación y objetivos. Algunas privilegian la percepción y la experiencia subjetiva del espacio, mientras que otras se orientan hacia procesos colectivos, dinámicas ecológicas o patrones sociales. Esta diversidad de perspectivas no solo enriquece el campo, sino que también permite abordar fenómenos ambientales desde un enfoque multidimensional y más ajustado a la realidad social contemporánea.

La psicología ambiental es una disciplina que analiza la interacción entre las personas y su entorno físico, entendiendo que los espacios naturales y construidos influyen directamente en los procesos cognitivos, emocionales y conductuales. Desde la segunda mitad del siglo XX, autores como Bell, Fisher, Baum y Greene (2001) han demostrado que el ambiente constituye un determinante activo del bienestar humano y no un simple trasfondo donde ocurren las actividades cotidianas.

La evidencia ha establecido que factores ambientales como el ruido, la iluminación, la temperatura y la calidad del aire inciden en la salud física, el estrés, la productividad, la atención y la calidad de vida (Stokols, 1978). Desde esta perspectiva, la psicología ambiental busca comprender cómo el ambiente moldea la experiencia humana y cómo las personas interpretan, transforman y crean los espacios que habitan.

### **3.2.1 Influencias Ambientales en la Conducta**

El estudio de la relación entre el entorno físico y el comportamiento humano ha dado lugar a diversas concepciones teóricas que explican, desde diferentes perspectivas, el grado y la forma en que el ambiente influye en la conducta. Entre las aproximaciones más representativas se encuentran el determinismo, el posibilismo y el probabilismo ambiental, cada una con supuestos y alcances particulares.

### 3.2.1.1 Determinismo Ambiental

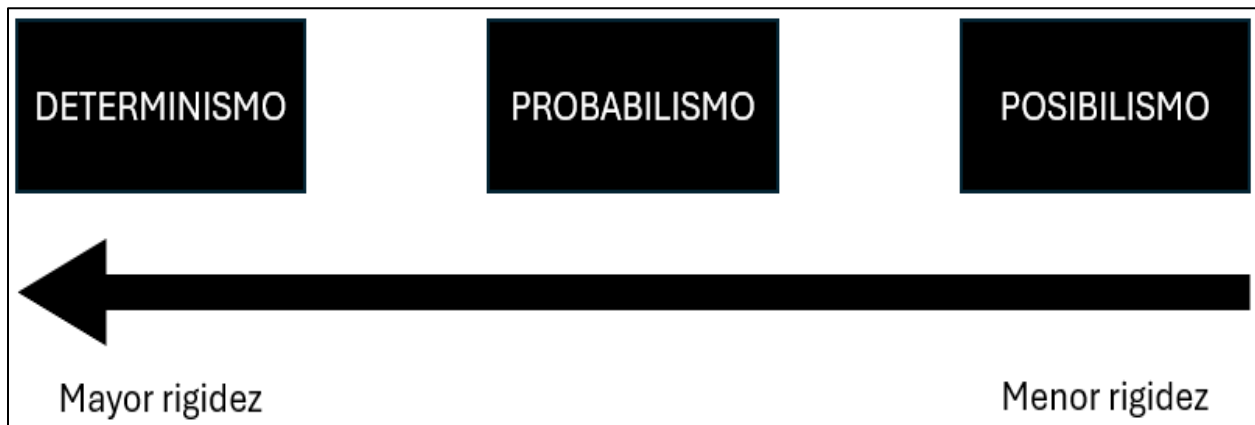
Esta postura, de carácter fatalista, se vincula históricamente con interpretaciones derivadas de la teoría de la evolución y con la visión aristotélica del mundo. El determinismo plantea que factores como el clima, las características del suelo y la disponibilidad de recursos naturales ejercen una influencia directa y decisiva sobre la conducta humana. Bajo este enfoque se generaron interpretaciones reduccionistas y hoy consideradas poco científicas, tales como la supuesta superioridad de los habitantes de zonas frías frente a la presunta indolencia de quienes residen en regiones cálidas, afirmaciones que carecen de sustento y reproducen sesgos culturales.

### 3.2.1.2 Posibilismo Ambiental

El posibilismo surge como respuesta crítica a los planteamientos rígidos del determinismo. En esta perspectiva, el ambiente no determina la conducta, sino que funciona como un conjunto de oportunidades y limitaciones dentro del cual las personas desarrollan sus capacidades. El individuo puede superar las restricciones ambientales mediante el uso de tecnología, capital, habilidades y organización social, lo que reconoce un papel activo y transformador del ser humano sobre su entorno.

### 3.2.1.3 Probabilismo Ambiental

Esta concepción propone la existencia de leyes o regularidades que vinculan al ambiente con la conducta, pero sin un carácter determinista. El probabilismo sostiene que el entorno influye en la conducta en función de un conjunto de variables situacionales, lo que significa que el contexto incrementa o disminuye la probabilidad de que ciertos comportamientos ocurran, pero no los impone de manera absoluta. Este enfoque permite incorporar la complejidad de los escenarios ambientales y su interacción con factores individuales y sociales.



**Figura 8.** Línea de influencia del ambiente sobre la conducta (Elaboración propia).

### **3.3 Ergonomía**

Etimológicamente, el término ergonomía proviene de las raíces griegas érgon (trabajo) y nómos (norma). La ergonomía se define como la disciplina científica que estudia de manera sistemática las interacciones entre el ser humano y los componentes de los sistemas en los que participa, con el objetivo de optimizar el bienestar humano y el desempeño global del sistema (International Ergonomics Association, 2018). Esta área del conocimiento integra aportaciones provenientes de la psicología, la fisiología, la ingeniería, la antropometría y las ciencias ambientales, posicionándose como un campo fundamental para el diseño de ambientes seguros, saludables y eficientes.

En sus primeras aproximaciones metodológicas, la ergonomía se centró en la medición directa de la carga física de trabajo y en la observación de las tareas en el contexto real donde se ejecutaban, reconociendo que las condiciones ambientales impactan de forma significativa en el rendimiento, la seguridad y el bienestar del individuo (Dul & Weerdmeester, 2012). Este enfoque permitió estructurar los fundamentos de la ergonomía ambiental, subcampo que estudia cómo las características del entorno influyen en la actividad laboral y en los procesos psicofisiológicos asociados.

En la actualidad, la ergonomía continúa evolucionando como disciplina interdisciplinaria, integrando tecnologías emergentes, métodos de análisis avanzados y evidencia científica para garantizar entornos de trabajo que promuevan la salud, el confort y el desempeño óptimo del usuario.

#### **3.3.1 Clasificación de la Ergonomía**

De acuerdo con la International Ergonomics Association, la ergonomía se clasifica en tres grandes dominios: ergonomía física, ergonomía cognitiva y ergonomía organizacional. Esta clasificación permite abordar de manera integral las distintas dimensiones de la interacción humano-sistema.

##### **3.3.1.1 Ergonomía Física**

La ergonomía física se centra en los aspectos fisiológicos, biomecánicos y antropométricos que intervienen en las actividades laborales con carga física. Su ámbito incluye el estudio de posturas de trabajo, manipulación de cargas, movimientos repetitivos, diseño de herramientas, seguridad física, fatiga muscular y trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo (Dul & Weerdmeester, 2012). Su objetivo principal es adecuar las demandas del entorno a las capacidades corporales del trabajador, reduciendo riesgos y optimizando el rendimiento.

### 3.3.1.2 Ergonomía Cognitiva

La ergonomía cognitiva estudia los procesos mentales que intervienen en la interacción entre las personas y los sistemas. Entre estos procesos destacan la percepción, la memoria, el razonamiento, la toma de decisiones, la carga mental y la respuesta motriz. Esta rama se orienta a mejorar sistemas donde prevalecen exigencias cognitivas elevadas, como la supervisión de procesos, la gestión de información o el uso de interfaces digitales (Wickens, Hollands, Banbury & Parasuraman, 2015). Su propósito es asegurar que los sistemas sean intuitivos, comprensibles y compatibles con los límites y capacidades cognitivas del usuario.

### 3.3.1.3 Ergonomía Organizacional

La ergonomía organizacional aborda la optimización de los sistemas sociotécnicos, considerando estructuras organizacionales, procesos, políticas y dinámicas de trabajo. Entre sus áreas clave se encuentran la comunicación, el trabajo en equipo, la gestión del tiempo, el teletrabajo, la cultura organizacional y el diseño de turnos (Hendrick & Kleiner, 2001). Esta rama busca mejorar el desempeño global, la eficiencia operativa y el bienestar de los trabajadores mediante prácticas organizativas adecuadas y centradas en el ser humano.



Figura 9. Dominios de la ergonomía (Elaboración propia).

### 3.4 Lineamientos para el Procedimiento de Conciliación Prejudicial Individual

A partir de la reforma laboral publicada el 1° de mayo de 2019 en el Diario Oficial de la Federación, se creó el CFCRL como un organismo público descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propios. Su principal objetivo es sustanciar el procedimiento de conciliación prejudicial que deben agotar las personas trabajadoras y empleadoras en los conflictos individuales y colectivos de competencia federal, conforme a lo previsto en los párrafos segundo y tercero de la

fracción XX del artículo 123, Apartado A, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, así como en los artículos 590-A y 684-A a 684-E de la Ley Federal del Trabajo (LFT).

La creación del CFCRL representa una transformación significativa del modelo de justicia laboral en México, al priorizar mecanismos alternativos de solución de controversias que buscan garantizar una resolución más ágil, imparcial y eficiente. Para dar cumplimiento a su mandato constitucional y legal, el Centro Federal de Conciliación y Registro Laboral (2021), emitió los Lineamientos para el Procedimiento de Conciliación Prejudicial Individual, los cuales establecen las bases operativas, éticas y procedimentales de la labor conciliatoria.

En este marco normativo, el numeral 32 de dichos lineamientos establece que la persona conciliadora debe conducirse con apego a los principios de certeza, independencia, legalidad, imparcialidad, igualdad, confiabilidad, eficacia, objetividad, profesionalismo, transparencia y publicidad. Estos principios son esenciales para salvaguardar los derechos de las partes y fortalecer la confianza en el nuevo sistema laboral.

Asimismo, el numeral 36 señala como obligación de la persona conciliadora contar con una capacitación técnica y especializada que incluya temas como el manejo de crisis, derechos humanos, no discriminación, perspectiva de género y atención a grupos en situación de vulnerabilidad o de atención prioritaria. Esta formación integral tiene como finalidad asegurar que el proceso de conciliación se lleve a cabo en condiciones de respeto, equidad y sensibilidad social, en concordancia con los estándares nacionales e internacionales en materia de derechos laborales.

**CENTRO FEDERAL DE CONCILIACION Y REGISTRO LABORAL**

**EXTRACTO del Acuerdo por el que se aprueban los Lineamientos para el Procedimiento de Conciliación Prejudicial Individual.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría del Trabajo y Previsión Social.- Centro Federal de Conciliación y Registro Laboral.

EXTRACTO DEL ACUERDO POR EL QUE SE APRUEBAN LOS LINEAMIENTOS PARA EL PROCEDIMIENTO DE CONCILIACIÓN PREJUDICIAL INDIVIDUAL.

[...] Acuerdo JGCFCRL-35-09/12/2020

[...] siendo la Junta de Gobierno la facultada para aprobar, a propuesta de su Director General, las disposiciones que regulen la operación y funcionamiento del Centro; y conforme a los artículos 123, apartado A, fracción XX, párrafos segundo y tercero de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en relación con los diversos 590-A fracción I de la Ley Federal del Trabajo; artículos 9, fracciones I, XV y XIX; 12, fracciones I, IX y XI de la Ley Orgánica del Centro Federal de Conciliación y Registro Laboral; 11, fracción III en relación con el 15 fracciones III, V, XI y XX del Estatuto Orgánico del Centro Federal de Conciliación y Registro Laboral; se ACUERDA:

PRIMERO. SE APRUEBAN los Lineamientos para el Procedimiento de Conciliación Prejudicial Individual de conformidad con el Anexo Único propuestos por el Director General del Centro Federal de Conciliación y Registro Laboral.

[...] ANEXO ÚNICO

**LINEAMIENTOS PARA EL PROCEDIMIENTO DE CONCILIACIÓN PREJUDICIAL INDIVIDUAL**

Numeral 1.- Los presentes lineamientos tienen como objetivo determinar las bases, criterios y condiciones que deberán observar y aplicar las personas conciliadoras adscritas a las diferentes oficinas estatales, de apoyo e itinerantes del Centro Federal de Conciliación y Registro Laboral, al realizar el procedimiento de conciliación prejudicial individual, de conformidad con el Título Trece Bis, Capítulo I Del Procedimiento de Conciliación Prejudicial de la Ley Federal del Trabajo, establecido como principal mecanismo para la solución de los conflictos laborales.

[...]

ÚNICO. El presente Acuerdo entrará en vigor el día de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

La versión íntegra del ACUERDO está disponible en:

[https://centrolaboral.gob.mx/documentos/lineamientos\\_conciliacion.pdf](https://centrolaboral.gob.mx/documentos/lineamientos_conciliacion.pdf)

[www.dof.gob.mx/2021/CFCRL/lineamientos\\_conciliacion.pdf](http://www.dof.gob.mx/2021/CFCRL/lineamientos_conciliacion.pdf)

Dado en la Ciudad de México, a los once días del mes de febrero de 2021.- El Director General del Centro Federal de Conciliación y Registro Laboral, **Alfredo Domínguez Marrugo**.- Rúbrica.

(R.- 503103)

**Figura 10.** Extracto del acuerdo por el que se aprueban los Lineamientos para el procedimiento de Conciliación Prejudicial Individual (Tomado de Centro Federal de Conciliación y Registro Laboral, 2021).

### **3.5 El Autocuidado del Personal Conciliador**

La OMS define el síndrome de Burnout como una consecuencia del estrés laboral crónico que no ha sido gestionado con éxito, limitándose específicamente al contexto del trabajo y sin extenderse a otras esferas de la vida personal (Torres, 2022). Este fenómeno ha sido ampliamente estudiado en profesiones que implican una alta carga emocional y responsabilidad social, como es el caso de los conciliadores laborales.

Los conciliadores no están exentos de esta problemática. Diversos estudios señalan que este grupo profesional experimenta un desgaste significativo derivado de las exigencias propias de su función (Jiménez et al., s. f.). El síndrome de Burnout es entendido como una respuesta psicológica a condiciones laborales estresantes y prolongadas, en donde la falta de estrategias adecuadas de afrontamiento por parte del trabajador contribuye a su aparición. Entre los factores causales más destacados se encuentran las condiciones estructurales del entorno de trabajo, así como el ambiente organizacional influido por factores sociales y operativos de la unidad laboral, los cuales impactan de manera directa o indirecta en la salud física y mental del personal.

Dentro del nuevo modelo de justicia laboral en México, el conciliador juega un papel central en el desarrollo de los conflictos laborales, procurando siempre que las partes involucradas sean protagonistas en la construcción de los acuerdos que formarán parte del convenio de conciliación. Sin embargo, este profesional enfrenta una constante carga de trabajo, derivada de la atención de múltiples asuntos e incidencias, lo que repercute en su bienestar psicológico y emocional, en consecuencia, en la calidad de sus intervenciones.

En este contexto, el desarrollo de habilidades de autocontrol, regulación emocional y manejo de crisis resulta indispensable. La inteligencia emocional se perfila como un elemento clave para proteger al conciliador frente a los factores adversos del ambiente laboral. Además, su desempeño debe regirse por principios éticos fundamentales que garanticen la integridad del proceso conciliatorio. Según Jiménez et al. (s. f.), es necesario fortalecer las capacidades del personal conciliador mediante estrategias de apoyo institucional que les permitan gestionar adecuadamente los factores de riesgo psicosocial a los que están expuestos.

### **3.6 La Satisfacción Laboral y su Influencia en la Productividad**

La satisfacción laboral constituye un eje central en la gestión estratégica del talento humano, al incidir directamente tanto en el bienestar de los trabajadores como en el rendimiento general de las organizaciones. Su análisis demanda una comprensión profunda de las necesidades humanas, pues estas influyen significativamente en la conducta, las actitudes y la manera en que

las personas se relacionan con su entorno laboral (Rivas, 2009). En este sentido, teorías clásicas como la jerarquía de necesidades de Maslow y el modelo de los dos factores de Herzberg ofrecen marcos conceptuales fundamentales para comprender cómo las expectativas individuales afectan la percepción del trabajo y, en consecuencia, el nivel de satisfacción derivado de él.

Las investigaciones pioneras sobre satisfacción laboral transformaron la visión de la relación entre el trabajador y sus tareas, reconociendo la relevancia de los factores psicológicos y sociales en el bienestar y la productividad. Como resultado, el estudio de esta variable se consolidó como un componente esencial en la evaluación del clima organizacional, dada su capacidad para influir tanto en el funcionamiento eficaz de las instituciones como en la calidad de vida de los empleados.

### **3.6.1 Jerarquía de Necesidades de Maslow**

En su obra *Motivación y personalidad*, Abraham Maslow propuso un modelo jerárquico de necesidades humanas, en el cual las necesidades de seguridad ocupan una posición central después de las fisiológicas. Desde esta perspectiva, la satisfacción laboral no se limita al cumplimiento de tareas o a la remuneración, sino que también implica el desarrollo de un entorno que brinde estabilidad, orden y protección frente a amenazas externas. Por lo tanto, dentro del marco organizacional, asegurar condiciones laborales seguras y previsibles constituye un elemento clave para motivar a los trabajadores y consolidar su compromiso con la institución.

### **3.6.2 Modelo de los Dos Factores de Herzberg**

El psicólogo Frederick Herzberg desarrolló la teoría de los dos factores, en la cual distingue entre factores de higiene y factores motivacionales. Los primeros, como el salario, las condiciones físicas del trabajo y la seguridad laboral, no generan motivación intrínseca, pero su ausencia puede provocar insatisfacción. En cambio, los factores motivacionales como el reconocimiento, el logro, la responsabilidad o las oportunidades de crecimiento son los verdaderos impulsores del compromiso y la productividad sostenida. Esta distinción ha sido clave para estructurar entornos laborales que fomenten no solo el desempeño, sino también el bienestar del personal.

### **3.6.3 Implementación de la Investigación**

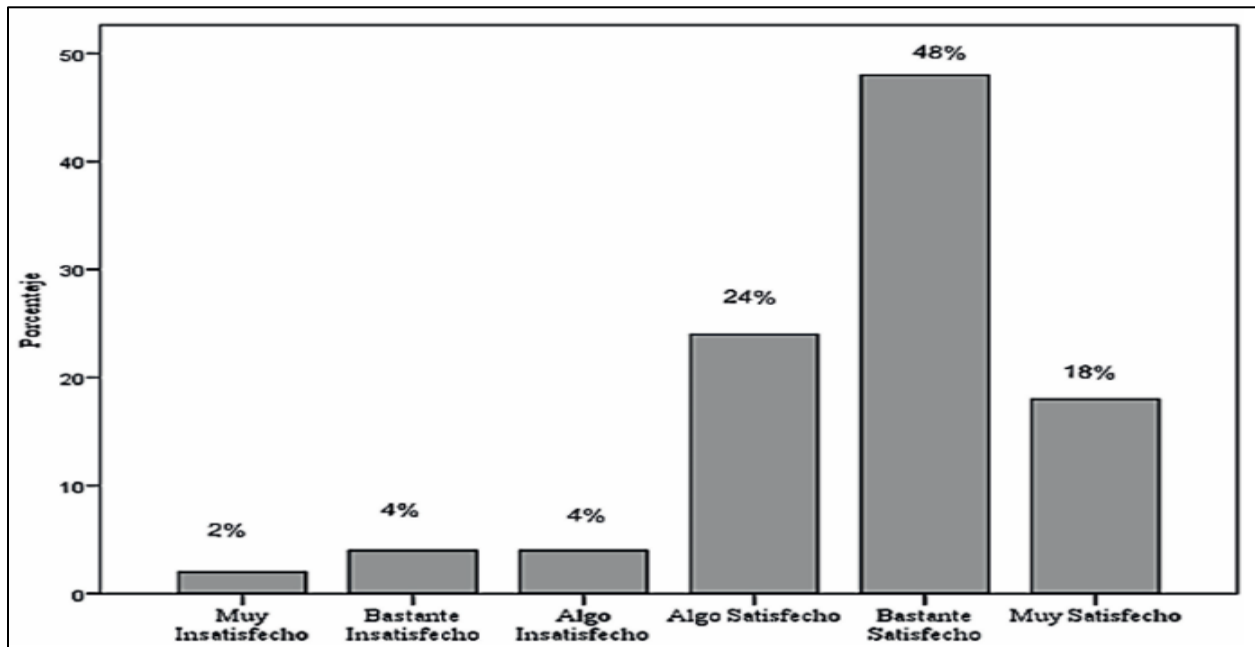
La investigación desarrollada por Vega (2018) se fundamenta en un enfoque metodológico mixto, que integra elementos del análisis documental, trabajo de campo y medición cuantitativa. Se adoptó un diseño exploratorio secuencial (DEXPLOS), apropiado para estudiar fenómenos poco abordados, combinando fases cualitativas y cuantitativas. Durante la recolección de datos, se

aplicó un cuestionario estructurado que midió variables relacionadas con la satisfacción laboral, la productividad, la remuneración, y las condiciones de higiene y ambiente laboral, tales como el nivel de ruido, la temperatura, la iluminación y la adecuación del mobiliario y equipo.

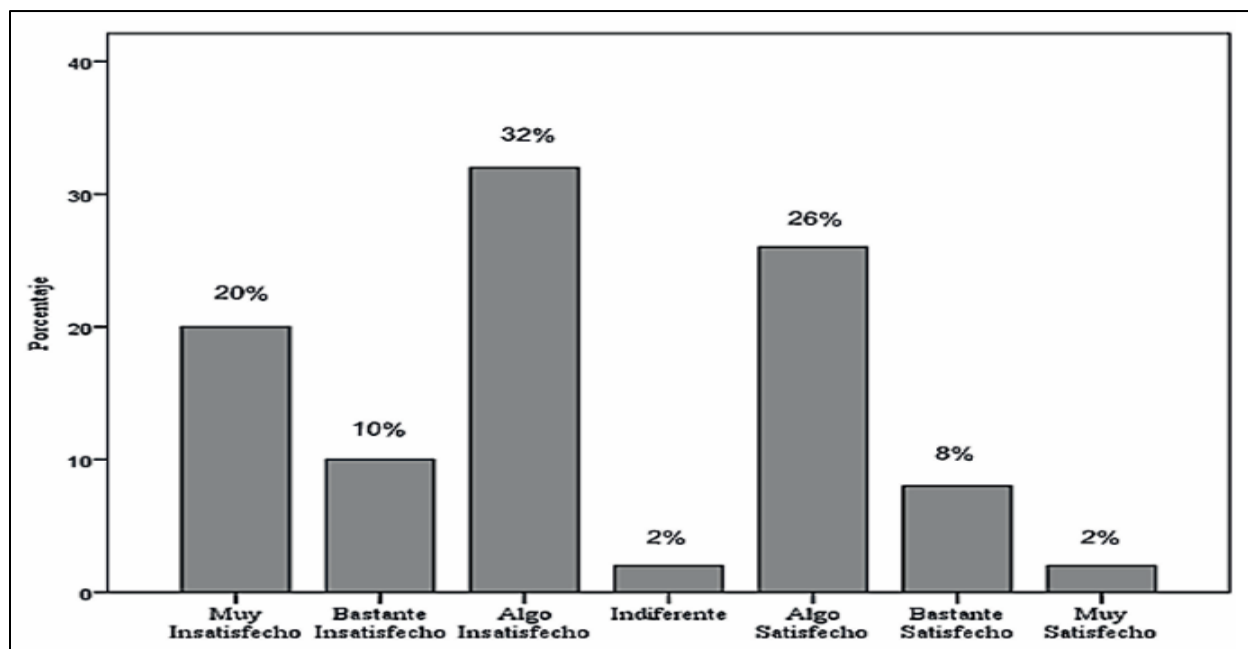
### 3.6.4 Análisis de Datos

El análisis estadístico de los datos recolectados permitió identificar tendencias y relaciones entre las variables mediante representaciones gráficas, cálculos de estadísticos descriptivos y coeficientes de correlación. Para la comprobación de hipótesis, se adoptó un nivel de significancia de  $p < 0.05$ , criterio comúnmente aceptado para validar la solidez estadística de los hallazgos.

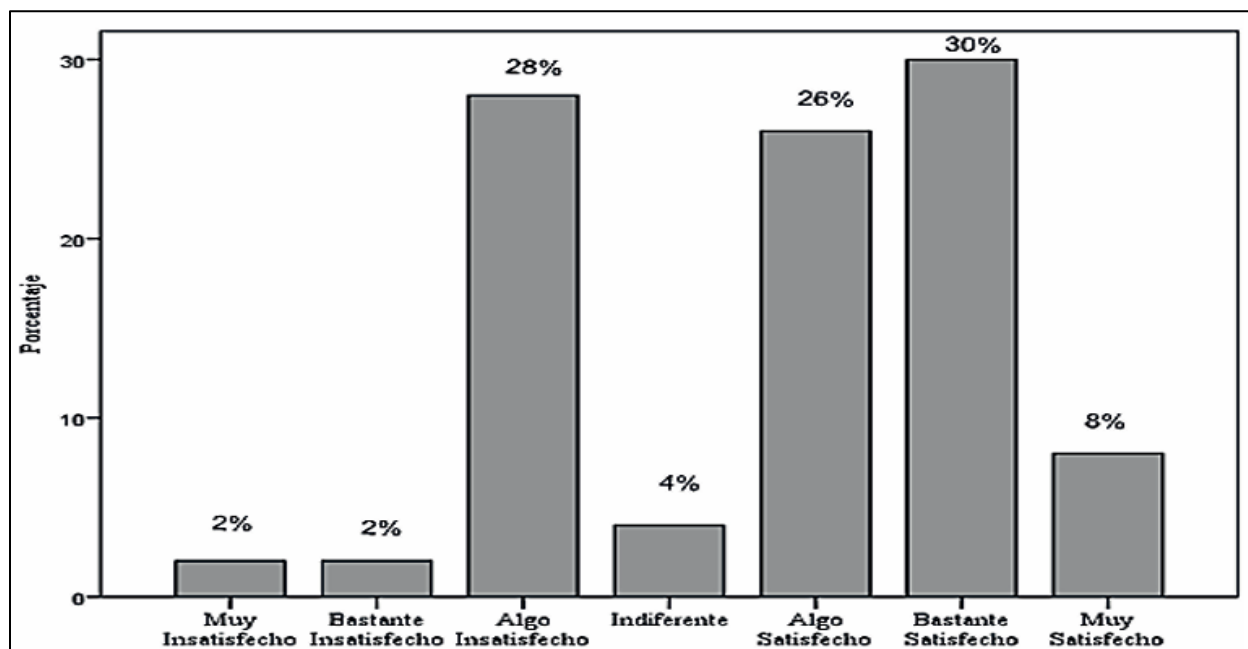
Estos resultados permiten establecer vínculos empíricos entre la satisfacción laboral y la productividad, resaltando la importancia de un entorno laboral adecuado para fomentar el rendimiento y el compromiso organizacional.



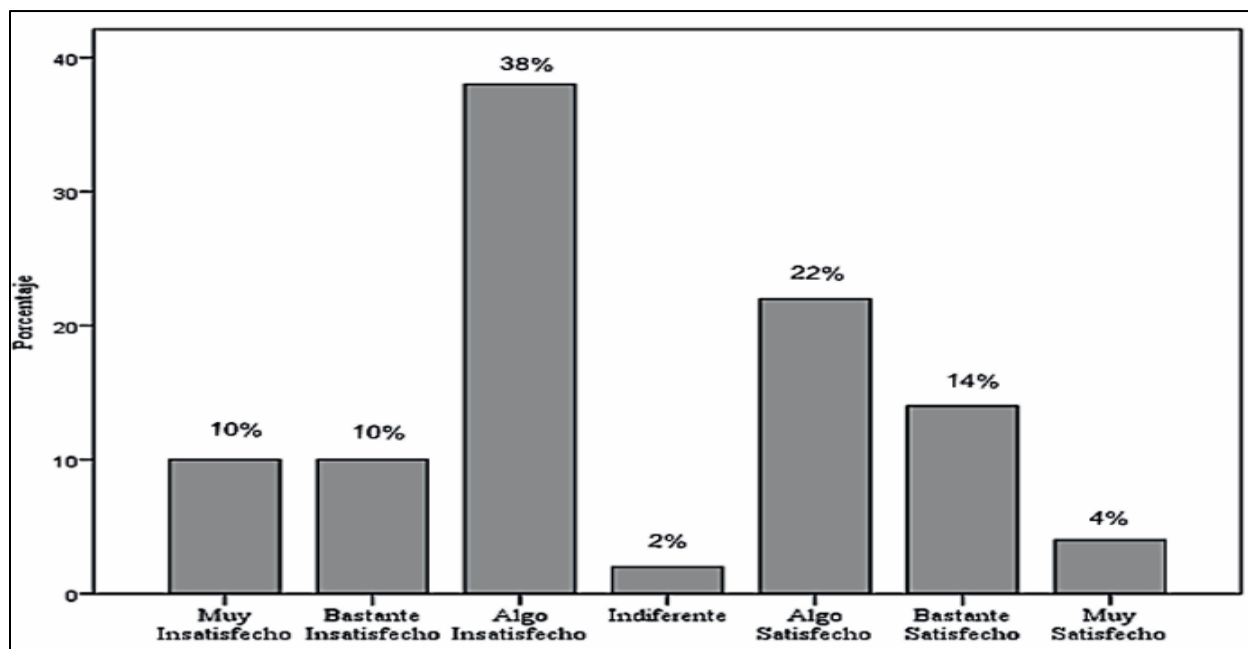
**Figura 11.** El 90% de los encuestados considera buena la limpieza, higiene y salubridad en su lugar de trabajo, lo que refleja un alto nivel de satisfacción en este aspecto (Tomado de Vega, 2018).



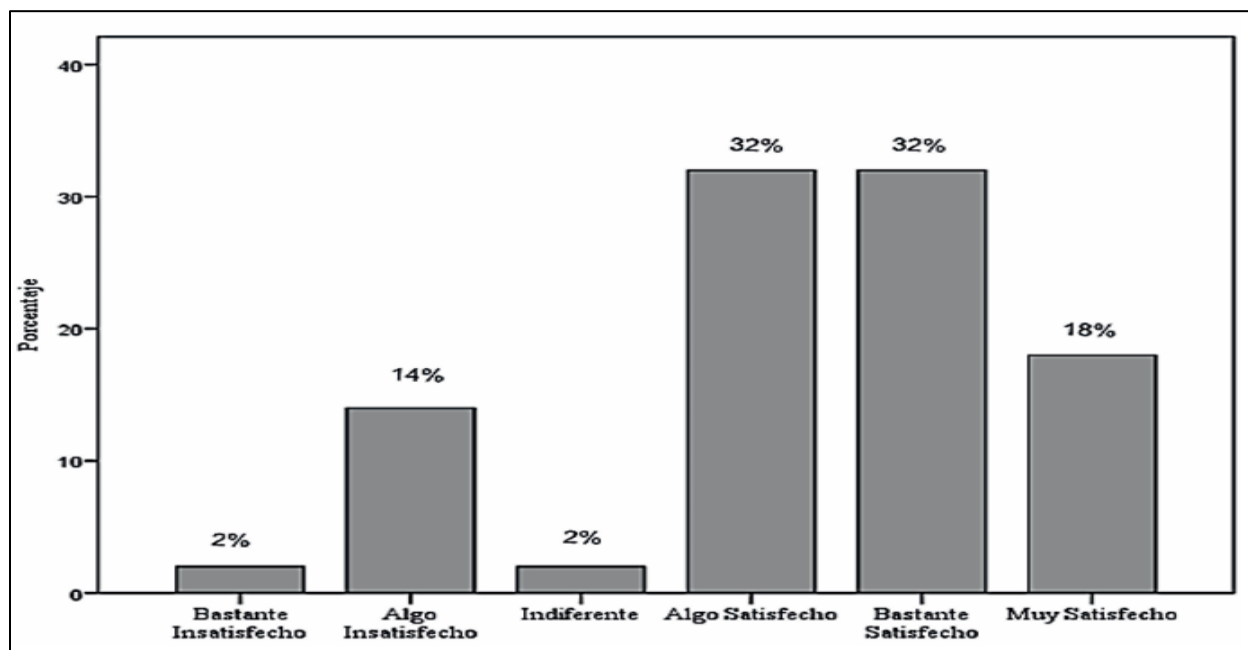
**Figura 12.** El 64 % de los trabajadores encuestados se muestra satisfecho con el entorno físico y el espacio disponible en su lugar de trabajo, mientras que el 36 % expresa insatisfacción (Tomado de Vega, 2018).



**Figura 13.** El 64 % de los trabajadores encuestados está insatisfecho con la regulación de la temperatura en su lugar de trabajo, lo que afecta su rendimiento, mientras que solo el 36 % se muestra satisfecho (Tomado de Vega, 2018).



**Figura 14.** El 60 % de los trabajadores se muestra insatisfecho con la iluminación y ventilación en su lugar de trabajo, mientras que el 40 % expresa satisfacción (Tomado de Vega, 2018).



**Figura 15.** El 72 % de los trabajadores encuestados está satisfecho con los medios materiales disponibles para realizar su trabajo, mientras que el 18 % expresa insatisfacción (Tomado de Vega, 2018).

### **3.7 Impacto de la Exposición a CO2 en Concentraciones Bajas y Moderadas sobre el Desempeño Cognitivo y la Toma de Decisiones**

Diversas investigaciones han demostrado que la exposición a dióxido de carbono (CO2) en ambientes interiores, incluso en concentraciones consideradas tradicionalmente seguras, puede influir negativamente en el rendimiento cognitivo, la percepción del entorno y los síntomas de salud. Satish et al. (2012) desarrollaron una evaluación experimental cuyo objetivo fue determinar los efectos directos del incremento en las concentraciones típicas de CO2 en interiores sobre la capacidad de toma de decisiones de individuos en contextos laborales simulados.

El estudio se llevó a cabo en una cámara ambiental que replicaba las condiciones de una oficina. Participaron veintidós sujetos divididos en seis grupos, quienes fueron expuestos a tres niveles de concentración de CO2: 600, 1000 y 2500 partes por millón (ppm), durante sesiones de 2.5 horas en un mismo día. La concentración de 600 ppm representaba condiciones normales, mientras que las concentraciones superiores se lograron mediante la inyección de CO2 ultrapuro, manteniendo constantes tanto la tasa de ventilación como la temperatura del entorno. Ni los participantes ni los evaluadores conocían los niveles de CO2 durante las pruebas, lo que garantizó un diseño doble ciego.

En cada sesión, los sujetos completaron una evaluación computarizada sobre toma de decisiones, además de cuestionarios relacionados con síntomas de salud y percepción de la calidad del aire. Los resultados, analizados mediante modelos de análisis de varianza, mostraron que a partir de los 1000 ppm ya se evidencian reducciones estadísticamente significativas en seis de las nueve escalas de desempeño cognitivo, lo que sugiere que incluso niveles considerados moderados pueden deteriorar funciones mentales complejas.

#### **3.7.1 Strategic Management Simulation (SMS)**

El instrumento utilizado para medir el desempeño fue la Strategic Management Simulation (SMS), una herramienta validada que evalúa conductas humanas complejas en contextos laborales simulados. Esta simulación computarizada recrea situaciones equivalentes a los desafíos reales del entorno organizacional, permitiendo medir respuestas tanto cognitivas como conductuales a diversas demandas.

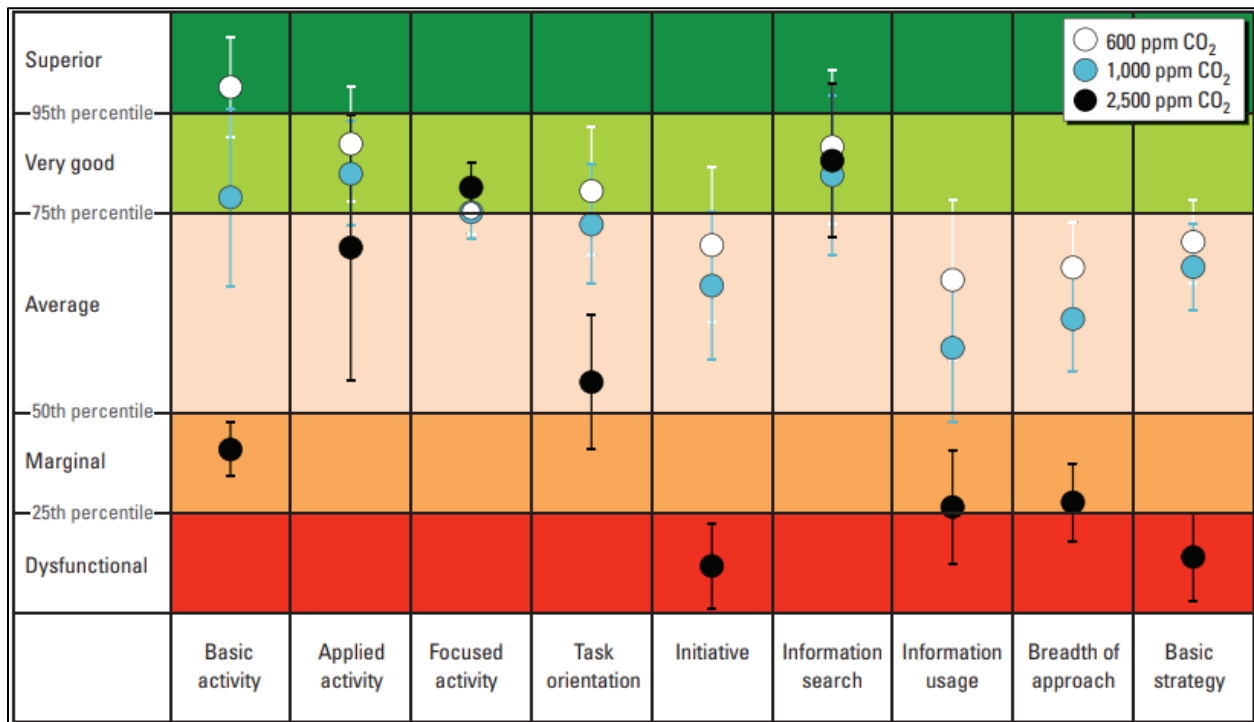
La SMS utiliza diferentes escenarios paralelos para evitar efectos de aprendizaje o sesgos relacionados con la familiaridad previa. Cada escenario genera una serie de estímulos ante los cuales los participantes deben responder, permitiendo registrar un amplio espectro de variables conductuales. Las medidas de desempeño se obtienen a partir de las acciones realizadas, los

planes futuros manifestados, las respuestas a nuevos datos y la capacidad para integrar experiencias previas.

Los nueve factores que conforman la evaluación y que se asocian con el éxito profesional en el mundo real son:

- Nivel de actividad básica: número total de acciones realizadas.
- Actividad aplicada: acciones oportunistas que responden a situaciones emergentes.
- Actividad enfocada: acciones estratégicas en contextos con recursos o tiempo limitado.
- Orientación a la tarea: atención constante a las demandas recurrentes.
- Iniciativa: generación de nuevas ideas o soluciones creativas.
- Búsqueda de información: actitud abierta y activa hacia la recolección de datos.
- Uso de información: habilidad para procesar y aplicar información con eficacia.
- Amplitud del enfoque: capacidad para abordar los problemas desde distintas perspectivas.
- Estrategia básica: número y calidad de acciones estratégicas implementadas.

Este modelo permite identificar de forma precisa cómo la calidad del aire, específicamente la concentración de CO<sub>2</sub>, puede afectar funciones fundamentales, comprometiendo así el desempeño individual y colectivo en contextos organizacionales.



**Figura 16.** Impacto del CO<sub>2</sub> en el desempeño de la toma de decisiones humanas (Tomado de Satish et al., 2012).

### **3.8 Enfermedades Asociadas a los Edificios**

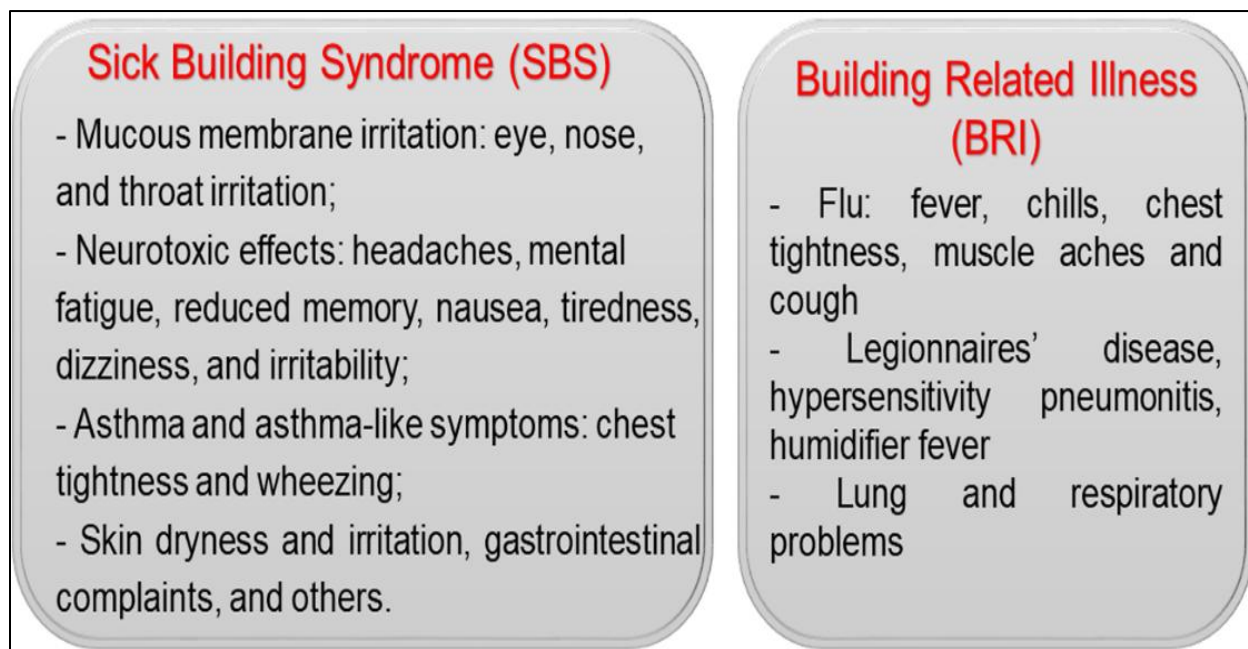
La IAQ es un factor crítico para la salud y el bienestar de los ocupantes de edificaciones tanto residenciales como no residenciales. Diversos estudios han documentado que la exposición continua, aunque sea a niveles bajos, a contaminantes inorgánicos, orgánicos, físicos y biológicos en espacios interiores constituye una problemática persistente y generalizada. Estos contaminantes, al acumularse en ambientes mal ventilados o inadecuadamente mantenidos, generan efectos negativos sobre la salud física, el confort y el rendimiento laboral de las personas.

En este contexto, la OMS ha clasificado las afecciones vinculadas al ambiente interior en dos categorías principales. La primera es el síndrome del edificio enfermo (Sick Building Syndrome, SBS), caracterizado por la aparición de síntomas como irritación ocular, cefaleas, fatiga, sequedad en garganta o piel, y dificultad para concentrarse. Estos síntomas suelen desaparecer al abandonar el edificio y no se asocian a causas médicas específicas.

La segunda categoría incluye las enfermedades relacionadas con los edificios (Building-Related Illnesses, BRI), las cuales son afecciones clínicamente diagnosticables causadas por agentes contaminantes presentes en el entorno construido, como moho, bacterias, alérgenos o compuestos químicos volátiles (USEPA, 2020).

Las BRI incluyen enfermedades como la legionelosis, asma agravada por factores ambientales, rinitis alérgica, infecciones respiratorias y otros trastornos pulmonares. La identificación de estas patologías ha incrementado la atención sobre la necesidad de mantener una ventilación adecuada, controlar los niveles de humedad relativa y reducir la exposición a compuestos orgánicos volátiles y partículas en suspensión, entre otros factores.

En suma, la IAQ influye de manera directa en la salud y la productividad de los ocupantes de un edificio. Su adecuada gestión constituye un elemento clave no solo en la prevención de enfermedades, sino también en la creación de ambientes laborales y habitacionales saludables, sostenibles y eficientes.



**Figura 17.** Los síntomas comunes del síndrome del edificio enfermo (SBS) y las enfermedades relacionadas con los edificios (BRI) (Tomado de USEPA, 2020).

### 3.9 Niveles Bajos de Dióxido de Carbono en Espacio en Interiores: ¿Indicador de Contaminación o Contaminante?

La concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en espacios interiores ha sido objeto de estudio desde el siglo XIX, particularmente en relación con su impacto en la calidad del aire y la salud humana. En 1881, los investigadores Pettenkofer y Flügge establecieron un rango de entre 700 y 1000 partes por millón (ppm) como límite permisible de CO<sub>2</sub> en ambientes cerrados, considerando que valores superiores a este umbral indicaban un aire potencialmente “contaminado” (Goromosov et al., 1968). Esta clasificación inicial sentó las bases para posteriores investigaciones sobre los efectos fisiológicos de la exposición al CO<sub>2</sub>.

Estudios tempranos, como el de Eliseeva et al. (1964), documentaron que concentraciones de CO<sub>2</sub> entre 500 y 1000 ppm pueden inducir modificaciones fisiológicas, entre ellas una disminución en la amplitud de los movimientos respiratorios y un incremento en el flujo sanguíneo periférico. Estos hallazgos fueron incorporados posteriormente en un informe de la OMS (Goromosov et al., 1968), el cual advertía sobre los efectos nocivos de superar el umbral de 1000 ppm y recomendaba no rebasar esta concentración en espacios interiores. Aunque en su momento se sugirió un estándar promedio seguro de 500 ppm, las condiciones actuales, caracterizadas por

mayores emisiones y una ventilación limitada en muchos entornos, hacen que dicho nivel resulte difícil de disminuir.

La investigación contemporánea ha ampliado el enfoque, considerando no solo el CO<sub>2</sub> como un simple indicador de ventilación deficiente, sino también como un posible contaminante en sí mismo. En este contexto, el estudio de Lowther et al. (2021) ofrece un análisis integral sobre los efectos del CO<sub>2</sub> en diferentes dimensiones de la salud humana, incluyendo el rendimiento cognitivo, la función respiratoria, la salud neurológica, la irritación de las vías respiratorias y otras respuestas fisiológicas. A través de una revisión de literatura científica y normativa, el estudio plantea interrogantes sobre la tradicional percepción del CO<sub>2</sub> únicamente como un trazador de acumulación de aire exhalado y propone evaluarlo como un factor contaminante incluso en concentraciones relativamente bajas (<5000 ppm).

La estrategia metodológica empleada por Lowther et al. (2021) incluyó una búsqueda bibliográfica en bases de datos como EMBASE, GlobalHealth y Scopus, complementada con el análisis de documentos oficiales de organismos como la OMS, Public Health England (PHE) y otras agencias normativas internacionales. El periodo de análisis se restringió a publicaciones comprendidas entre 1990 y 2019, y se emplearon términos específicos en idioma inglés relacionados con los efectos del CO<sub>2</sub> en la salud y su presencia en ambientes cerrados. Esta revisión permitió identificar tanto las recomendaciones técnicas como las lagunas existentes en la regulación del CO<sub>2</sub> en espacios interiores.

Este cuerpo teórico evidencia la necesidad de replantear los límites permisibles de CO<sub>2</sub>, no solo como marcador de calidad del aire, sino como un elemento activo que puede incidir directamente en la salud y el bienestar de las personas expuestas, particularmente en contextos laborales, educativos o de alta densidad ocupacional.

**Tabla 5.** Resumen de las directrices y límites actuales de concentración de CO<sub>2</sub> en ambientes interiores para diferentes países y organizaciones. Corresponde al consenso de que 1000 ppm es buena calidad del aire interior (Elaboración propia con datos de Lowther et al., 2021).

<b>Concentration (ppm)</b>	<b>Country</b>	<b>Standard</b>	<b>Year</b>	<b>Description</b>
<b>750</b>	Finland	Revised Finnish Classification of Indoor Environment, Society of Indoor Air Quality and Climate (FISIAQ)	2018	Best quality, highest occupant satisfaction (S1 target value, <350 above outdoor level)
<b>750</b>	International	WELL Building Standard (WELL, 2016)	2016	Non-residential
<b>800</b>	Hong Kong	HKSAR - Indoor Air Quality Management Group	2019	8h average (excellent class, non-residential)
<b>950</b>	Finland	Revised Finnish Classification of Indoor Environment, Society of Indoor Air Quality and Climate (FISIAQ)	2018	Good indoor air quality (S2 target value, <550 above outdoor level)
<b>950</b>	International	BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)	2019	High indoor air quality (non-residential)
<b>1000</b>	UK	British Standard (BS EN 16798-1:2019)	2019	Good indoor air quality (residential and non-residential)
<b>1000</b>	UK	BB101—Department for Education (DfE)	2018	Good IAQ (schools)
<b>1000</b>	US	US EPA Facilities Manual Vol. 2: Architecture and Engineering Guidelines	2020	8h average
<b>1000</b>	China	GB/T18883-2002, Indoorair quality standard. Standards Press of China	2002	24h average (0.1%CO2=1000ppm)
<b>1000</b>	Hong Kong	HKSAR-Indoor Air Quality Management Group	2005	8h average (Good class)
<b>1000</b>	Germany	Federal Environment Agency (UBA)	2008	Hygienically safe
<b>1000</b>	Singapore	Singapore Institute of Environmental Epidemiology (SAIQG)	1996	8h average
<b>1000</b>	Korea	Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), Guide line develop ment for evaluation and management of office air quality(II)	2005	8h average (office)
<b>1000</b>	Malaysia	Industry COP on IAQ Malaysia (DOSHM)	2010	8h average

**Tabla 6.** Resumen de las directrices y límites actuales de concentración de CO2 en ambientes interiores para diferentes países y organizaciones. Corresponde al consenso de que 1000–1500 ppm es moderada calidad del aire interior (Elaboración propia con datos de Lowther et al., 2021).

<b>Concentration (ppm)</b>	<b>Country</b>	<b>Standard</b>	<b>Year</b>	<b>Description</b>
<b>1030</b>	International	US Green Building Council (USGBC) – Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)	2010	-
<b>1100</b>	ASHRAE	ANSI/ASHRAE 62.1-2019 – Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality	2019	Acceptable (no greater than about 700 ppm above outdoor levels)
<b>1100</b>	Canada	National Collaborating Centres for Public Health (NCCEH)	2019	A surrogate for human comfort (odour) but not considered a health risk
<b>1200</b>	Finland	Revised Finnish Classification of Indoor Environment, Society of Indoor Air Quality and Climate (FISIAQ)	2018	Acceptable (S3 target value, <800 above outdoor levels)
<b>1200</b>	UK	BB101 – Department for Education (DfE)	2018	Acceptable (schools)
<b>1200</b>	UK	British Standard (BS EN 16798-1:2019)	2019	Medium indoor air quality
<b>1200</b>	International	BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)	2019	Medium indoor air quality (non-residential)
<b>1250</b>	Portugal	SAÚDE E AMBIENTE E AÇÃO CLIMÁTICA – Portaria n.º 138-G/2021 (Diário da República, 1.ª série, 2021)	2021	Protection threshold and tolerance margin (commercial buildings)
<b>1500</b>	UK	BB101 – Department for Education (DfE)	2018	Acceptable

**Tabla 7.** Resumen de las directrices y límites actuales de concentración de CO2 en ambientes interiores para diferentes países y organizaciones. Corresponde al consenso de que >1500 ppm es mala calidad del aire interior (Elaboración propia con datos de Lowther et al., 2021).

<b>Concentration (ppm)</b>	<b>Country</b>	<b>Standard</b>	<b>Year</b>	<b>Description</b>
<b>1750</b>	UK	BB101 – Department for Education (DfE)	2018	Need for additional ventilation (schools)
<b>1750</b>	UK	British Standard (BS EN 16798-1:2019)	2019	Poor indoor air quality (residential and non-residential)
<b>1750</b>	International	BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)	2020	Moderate or low indoor air quality (non-residential)
<b>1000–2000</b>	Germany	Federal Environment Agency (UBA)	2008	Hygienically noticeable
<b>&gt;2000</b>	Germany	Federal Environment Agency (UBA)	2008	Hygienically unacceptable
<b>2800</b>	UK	BB101 – Department for Education (DfE)	2018	Schools
<b>2800</b>	UK	HSE EH40/2005 Workplace Exposure Limits	2018	Permissible exposure limit 8h time (workplaces)
<b>2800</b>	Australia	National Occupational Health and Safety Commission (NOHSC)	1995	8h average working day (workplaces)
<b>2800</b>	International	Chartered Institute of Building Service Engineers (CIBSE) KS17	2011	8h time-weighted average
<b>500</b>	US	National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)	2019	-
<b>5000</b>	Germany	Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area (MAK)	2014	8h average

# CAPÍTULO IV. ESTRATEGIAS Y ACCIONES DEL DESARROLLO DEL PROTOTIPO

## 4.1 Introducción

El desarrollo del prototipo de solución IoT para el monitoreo ambiental en salas de conciliación se plantea como un proceso estructurado que combina decisiones tecnológicas, acciones metodológicas y estrategias de optimización. El objetivo es garantizar un sistema confiable, eficiente y escalable, capaz de ofrecer información ambiental en tiempo real.

La primera fase contempla la identificación de necesidades del entorno institucional, lo que implica el levantamiento de información sobre dimensiones, condiciones de ventilación, iluminación y ocupación de las salas. Este diagnóstico permitirá establecer los parámetros ambientales prioritarios a medir, así como las condiciones técnicas que deben cumplir los dispositivos.

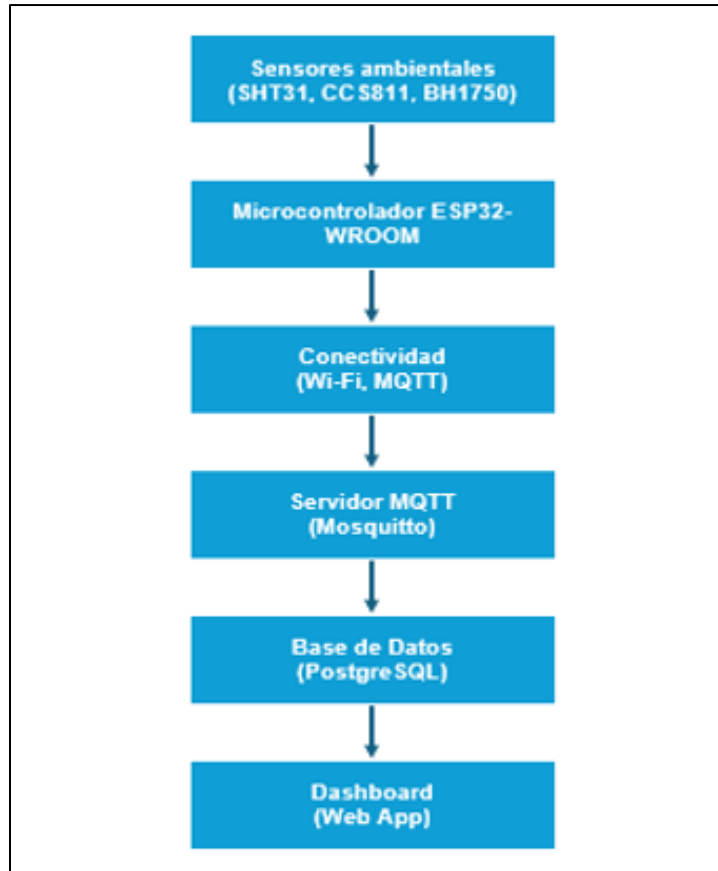
A partir de este análisis, se diseña una estrategia de selección de sensores para la medición de temperatura, calidad del aire, niveles de iluminación y humedad relativa. Los criterios empleados incluyen precisión, resolución, frecuencia de muestreo y capacidad de comunicación inalámbrica, con el propósito de optimizar la relación costo-beneficio y asegurar la compatibilidad con el resto de la arquitectura.

En la etapa de diseño electrónico, se adopta el microcontrolador ESP32 como núcleo de procesamiento y control, dada su integración de conectividad Wi-Fi y Bluetooth, su bajo consumo energético y su amplia compatibilidad con librerías de desarrollo. Esta elección responde a la estrategia de asegurar un sistema modular y adaptable a futuras ampliaciones.

La comunicación entre componentes se implementará mediante protocolos estandarizados, destacando MQTT como eje central por su bajo consumo de ancho de banda, flexibilidad en la integración de nodos y eficiencia en la transmisión de datos. Se establece una arquitectura en la que el ESP32 envía información vía Wi-Fi, la cual posteriormente se comunica con un servidor MQTT.

Para la gestión de datos, se diseña una base de datos capaz de almacenar de forma segura y estructurada la información emitida por los sensores. Esta arquitectura garantiza integridad, disponibilidad y escalabilidad, permitiendo la visualización de datos históricos y en tiempo real. La interfaz de visualización se plantea como una herramienta de análisis para identificar patrones y apoyar la implementación de acciones preventivas o correctivas en otra fase del proyecto.

Finalmente, se prevé un ciclo de pruebas y validación del prototipo en entornos reales, evaluando precisión, estabilidad y eficiencia energética. Los resultados de esta fase serán la base para ajustes de calibración, mejoras en la programación y optimización de la infraestructura IoT, consolidando el alcance y efectividad de la solución propuesta.



**Figura 18.** Arquitectura para monitoreo ambiental en salas de conciliación (Elaboración propia).

## 4.2 Sensores Ambientales

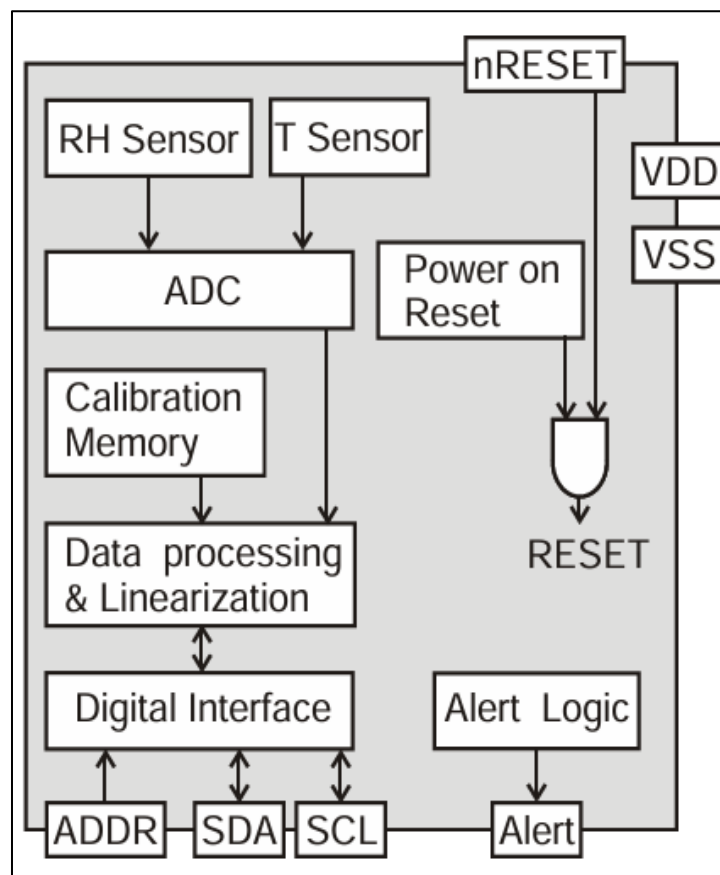
La calidad de los espacios que habitamos constituye un factor clave no solo para la salud y el bienestar ecológico, sino también para el desarrollo de procesos sociales e institucionales. En este proyecto se analizará cómo las condiciones ambientales pueden influir en las dinámicas de negociación dentro de las salas de conciliación. Por ello, resulta fundamental seleccionar sensores adecuados que permitan monitorear estas variables y aportar información confiable para la toma de decisiones.

El sensor de temperatura y humedad SHT31, es un dispositivo digital de alta precisión ampliamente reconocido en aplicaciones de monitoreo ambiental. Este sensor se distingue por

su avanzada tecnología de calibración y compensación interna, que le permite alcanzar una precisión típica de  $\pm 0.3$  °C en temperatura y  $\pm 2$  % HR en humedad relativa, con una notable estabilidad a largo plazo, lo que garantiza mediciones confiables incluso en entornos exigentes (Sensirion, 2023).

Una de sus principales ventajas es su bajo consumo energético, característica que lo hace especialmente adecuado para sistemas de monitoreo ambiental basados en el microcontrolador ESP32 y en arquitecturas de IoT. Además, su protocolo de comunicación digital (I2C) asegura compatibilidad con la mayoría de las plataformas de desarrollo (Kurniawan, 2018).

Las características de este sensor permiten su uso ampliamente en estaciones meteorológicas, sistemas HVAC, control de calidad del aire en interiores y aplicaciones de investigación ambiental, consolidándose como un sensor robusto, preciso y eficiente para la medición de variables climáticas críticas.



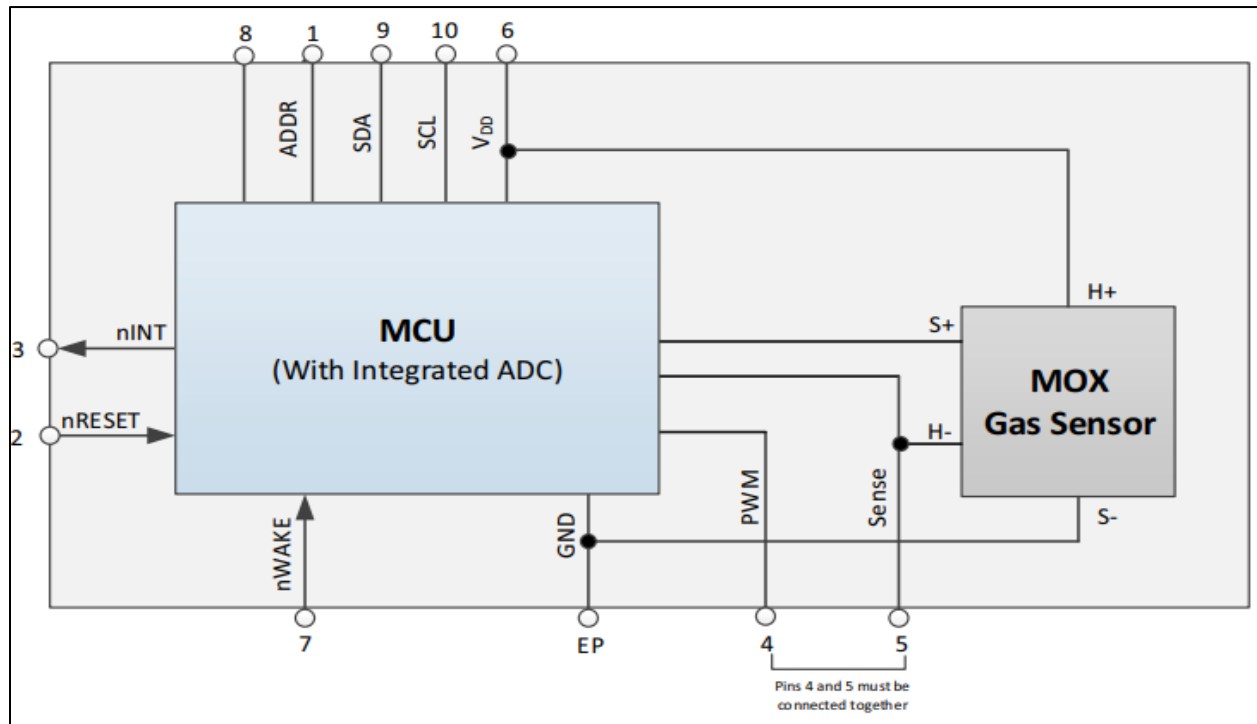
**Figura 19.** Diagrama de bloques SHT31 (Tomado de Sensirion, 2023).

El sensor de calidad del aire CCS811, está diseñado para la detección de compuestos orgánicos volátiles totales (TVOC) y la estimación de la concentración equivalente de dióxido de carbono (eCO<sub>2</sub>) en ambientes interiores. Se trata de un dispositivo compacto y de bajo consumo, lo que lo convierte en una opción adecuada para aplicaciones de IoT (AMS, 2021).

Este sensor destaca por su alta sensibilidad y facilidad de integración mediante la interfaz digital I2C, compatible con plataformas como ESP32. Sin embargo, requiere un proceso inicial de “burn-in” y calibración para garantizar lecturas estables y confiables, además de un tiempo de estabilización prolongado antes de alcanzar su rendimiento óptimo (AMS, 2021; Lee & Kim, 2020).

Es importante señalar que el CCS811 no mide directamente el CO<sub>2</sub>, sino que calcula un valor equivalente (eCO<sub>2</sub>) a partir de los compuestos detectados, por lo que resulta más útil para identificar tendencias de calidad del aire que para obtener valores absolutos precisos. Por ello, se recomienda su uso en combinación con sensores ambientales complementarios como el SHT31 o el BME280, que permiten realizar compensaciones de temperatura y humedad y mejorar la calidad de los datos (Kurniawan, 2018).

El CCS811 se emplea ampliamente en sistemas HVAC, dispositivos portátiles de monitoreo, aplicaciones de domótica y estaciones de control de calidad del aire interior, debido a su eficiencia energética y tamaño reducido.

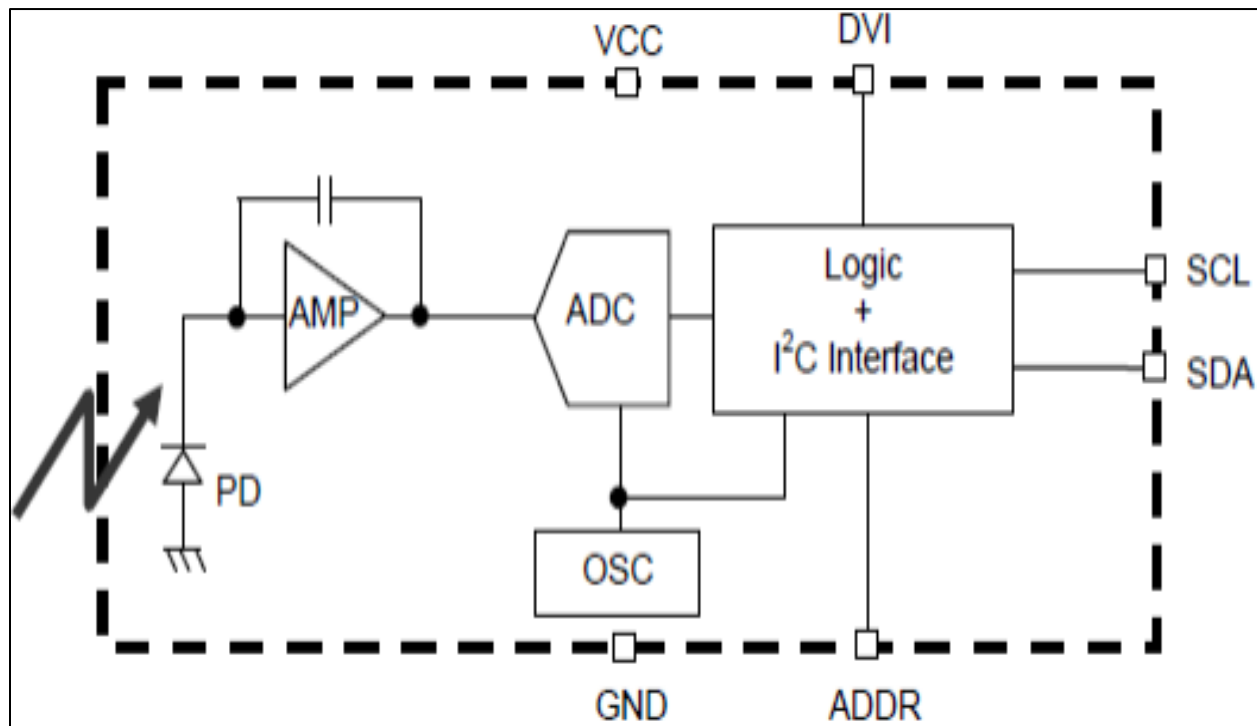


**Figura 20.** Distribución del sensor CCS811: dirección I2C seleccionable (ADDR), reinicio activo bajo (nRESET), interrupción opcional (nINT), control y sensado del calentador (PWM y Sense), alimentación (VDD), activación de comunicación (nWAKE), líneas de datos y reloj I2C (SDA, SCL) y pad expuesto (EP) conectado a tierra (Tomado de AMS, 2021).

El sensor de luz ambiental BH1750, es un dispositivo digital de bajo consumo diseñado para medir la iluminancia en lux de manera directa, sin necesidad de cálculos adicionales, lo que lo diferencia de soluciones más básicas como fotorresistencias o fotodiodos (ROHM, 2011). Gracias a su rango dinámico amplio (1–65,535 lux), es capaz de detectar desde condiciones de baja iluminación hasta niveles de luz solar intensa.

El BH1750 se integra fácilmente en proyectos de IoT mediante la interfaz digital I2C, con soporte en plataformas de desarrollo como ESP32, lo que facilita su implementación a través de librerías disponibles en entornos como Arduino y MicroPython (Kurniawan, 2018). No obstante, presenta limitaciones en precisión y sensibilidad en condiciones de baja luz frente a sensores más avanzados, como el TSL2591, por lo que requiere una correcta orientación para obtener mediciones consistentes (Adafruit, 2020).

Gracias a su bajo consumo, simplicidad y confiabilidad, el BH1750 se usa ampliamente en control de iluminación, eficiencia energética y monitoreo ambiental en hogares inteligentes y Smart Cities.



**Figura 21.** Sensor de luz con fotodiodo tipo ojo humano, conversión analógica-digital de 16 bits y comunicación I<sup>2</sup>C (Tomado de ROHM, 2011).

### 4.3 Microcontrolador

El ESP32 es un módulo altamente versátil, potente y de bajo costo, que integra en un solo dispositivo conectividad inalámbrica, bajo consumo energético y una amplia gama de periféricos, lo que lo convierte en una plataforma ideal para aplicaciones de IoT, domótica, monitoreo ambiental y sistemas embebidos (Espressif, 2023).

Este módulo está basado en el chip ESP32, equipado con un procesador Xtensa dual-core de 32 bits, capaz de operar hasta 240 MHz, con 520 KB de SRAM interna y memoria Flash integrada en el módulo, típicamente de 4 MB. Su conectividad incluye Wi-Fi IEEE 802.11 b/g/n (2.4 GHz) y Bluetooth v4.2, tanto clásico como Bluetooth Low Energy (BLE), lo que le confiere gran flexibilidad en escenarios que demandan interoperabilidad de protocolos (Kurniawan, 2018).

En cuanto a periféricos, el ESP32 dispone de 18 canales ADC de 12 bits, 2 DAC, así como interfaces estándar de comunicación (UART, SPI, I2C, I2S, CAN y PWM), operando con un voltaje de alimentación entre 2.7 V y 3.6 V. Esta combinación de capacidad de procesamiento, conectividad inalámbrica dual y soporte para múltiples protocolos hace que el ESP32 sea altamente competitivo frente a otros microcontroladores en el ámbito IoT.

Sus principales ventajas son la integración de Wi-Fi y Bluetooth/BLE, el procesador dual-core y su compatibilidad con múltiples entornos de desarrollo, lo que facilita su uso en ámbitos académicos e industriales (Kurniawan, 2018).

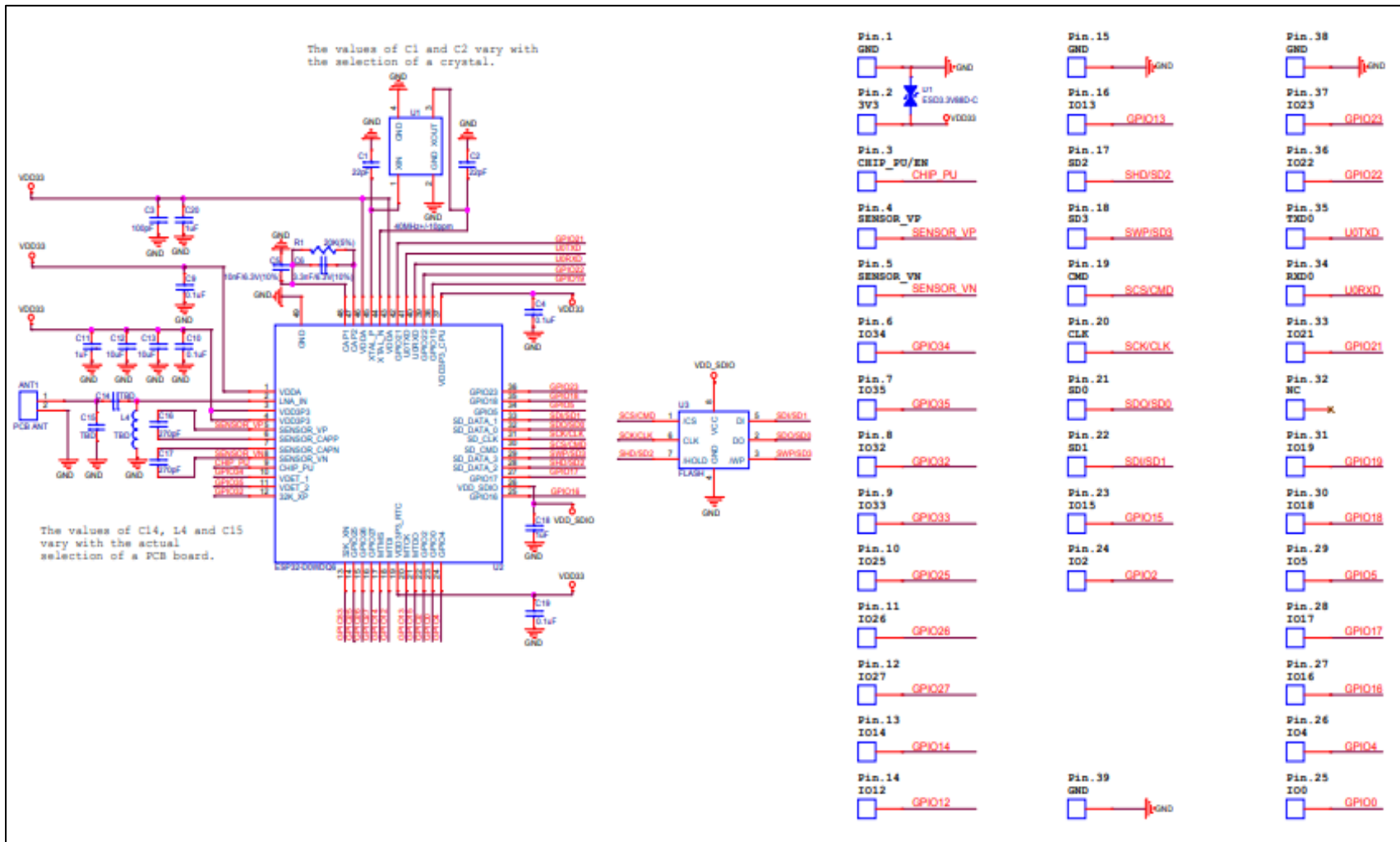


Figura 22. Esquema del ESP32 (Tomado de Espressif, 2023).

#### **4.4 Protocolo MQTT**

El MQTT es un protocolo de mensajería ligero, basado en el modelo publicador–suscriptor, diseñado específicamente para dispositivos con recursos limitados y entornos de comunicación restringidos. Su eficiencia se refleja en la baja sobrecarga de datos, el mínimo consumo energético y su capacidad para transmitir información en tiempo real de manera confiable, incluso en redes con ancho de banda reducido o alta latencia (OASIS, 2019).

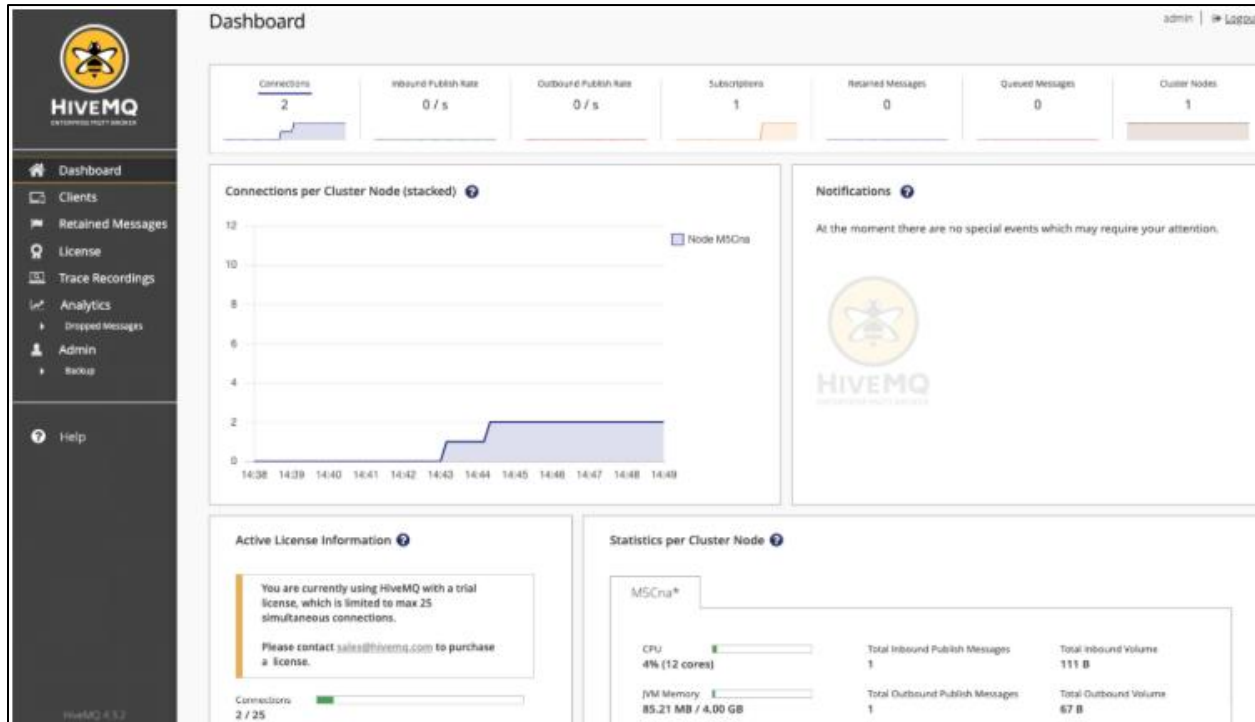
En este modelo, los sensores u otros dispositivos IoT actúan como publicadores, enviando mensajes a un broker MQTT, que es el servidor encargado de gestionar la distribución de datos. Los clientes suscriptores reciben la información siempre que estén vinculados a un tópico, lo que permite una comunicación flexible y desacoplada entre productores y consumidores de datos. Algunos de los brokers más utilizados en la industria y en entornos académicos son Eclipse Mosquitto, HiveMQ, AWS IoT Core y Azure IoT Hub (Banks & Gupta, 2014).

En el contexto de este proyecto, el protocolo MQTT constituye la columna vertebral de la arquitectura de comunicación, al permitir que los sensores transmitan información ambiental hacia la nube o en un entorno local de forma eficiente, escalable y segura, garantizando la validez de los datos recolectados y facilitando su integración en plataformas de análisis IoT.

#### **4.5 Servidor MQTT**

HiveMQ es una plataforma de transmisión de datos, la cual es reconocida internacionalmente por su especialización en soluciones de conectividad IoT a gran escala. Esta herramienta permite la comunicación segura y eficiente entre dispositivos IoT sin necesidad de instalar ni mantener servidores propios, lo que reduce significativamente la complejidad de implementación. Entre sus características destacan la seguridad basada en TLS (Transport Layer Security), la posibilidad de integración con sistemas de bases de datos y servicios de análisis de datos en tiempo real, así como herramientas de flujo de datos que garantizan la escalabilidad en entornos productivos (HiveMQ, 2023).

En escenarios de desarrollo y pruebas, HiveMQ ofrece implementación en entornos locales o en la nube para su implementación. No obstante, para entornos de producción se requiere una configuración adecuada de certificados digitales y Client IDs, siguiendo buenas prácticas de seguridad y cumplimiento normativo. Su uso es ampliamente recomendado en proyectos de IoT industrial, domótica y sistemas distribuidos, donde la confiabilidad y la interoperabilidad son factores críticos.



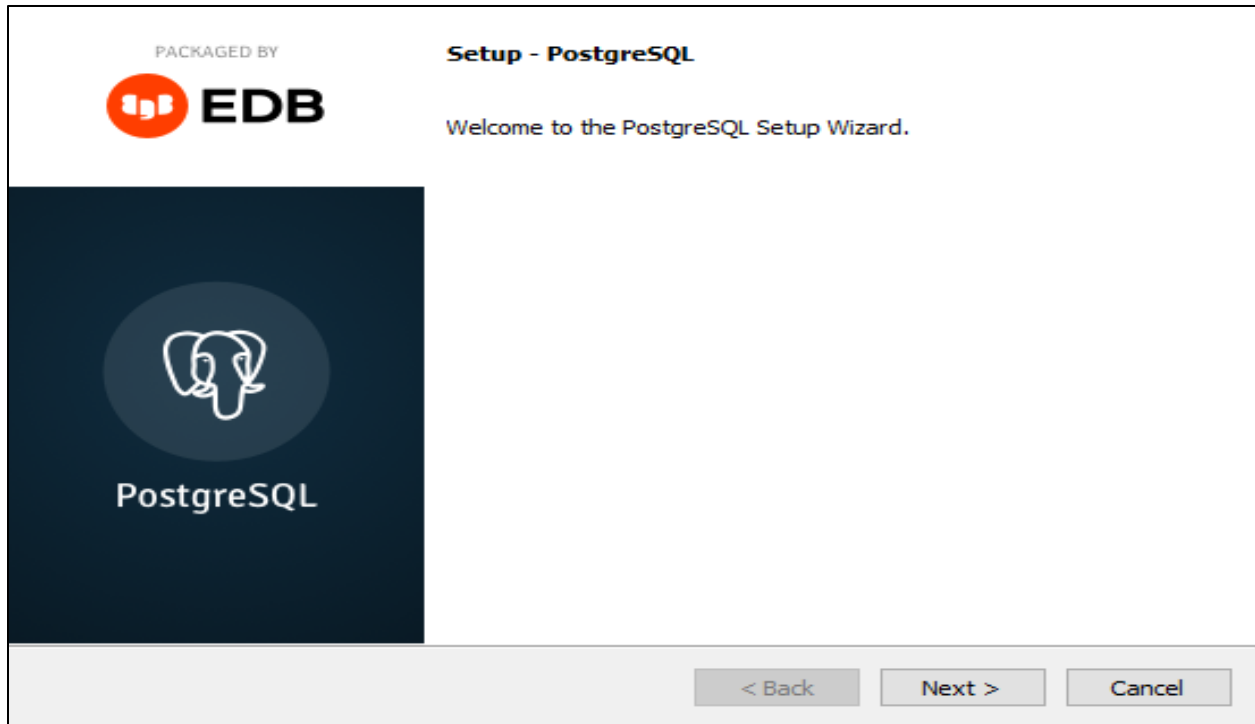
**Figura 23.** Dashboard HiveMQ (Tomado de HiveMQ, 2023).

## 4.6 Base de Datos

PostgreSQL ha sido seleccionado como sistema de gestión de base de datos para este proyecto debido a su solidez, escalabilidad y carácter de código abierto. Se trata de un RDBMS (Relational Database Management System) de desarrollo activo, respaldado por una comunidad global y utilizado en aplicaciones críticas de empresas como Apple, Cisco, Fujitsu e Instagram (PostgreSQL Global Development Group, 2023). Es compatible con múltiples plataformas, incluidas Windows, Linux, macOS y entornos en la nube como AWS RDS, Azure Database for PostgreSQL y Google Cloud SQL, lo que garantiza flexibilidad en la implementación.

Una de sus principales ventajas en el ámbito IoT es la posibilidad de extender sus capacidades mediante TimescaleDB, que optimiza el manejo de series temporales generadas por sensores, así como el soporte nativo para datos semiestructurados mediante JSON/JSONB, lo que aporta mayor flexibilidad en el modelado de información. Además, cumple plenamente con las propiedades ACID (Atomicidad, Consistencia, Aislamiento y Durabilidad), garantizando la confiabilidad de las transacciones y evitando la pérdida de datos. Su robustez le permite manejar millones de registros, con opciones avanzadas como particionamiento de tablas y replicación, esenciales en sistemas distribuidos y de alto rendimiento.

En cuanto a seguridad, PostgreSQL ofrece múltiples mecanismos de autenticación, incluyendo contraseñas, certificados SSL/TLS y control de acceso mediante roles. Asimismo, soporta cifrado de datos en tránsito y en reposo, dependiendo de la configuración del servidor, lo que lo convierte en una opción confiable para aplicaciones donde la integridad y la confidencialidad de la información son prioritarias.



**Figura 24.** Módulo de instalación PostgreSQL (Tomado de PostgreSQL Global Development Group, 2023).

#### 4.7 Dashboard

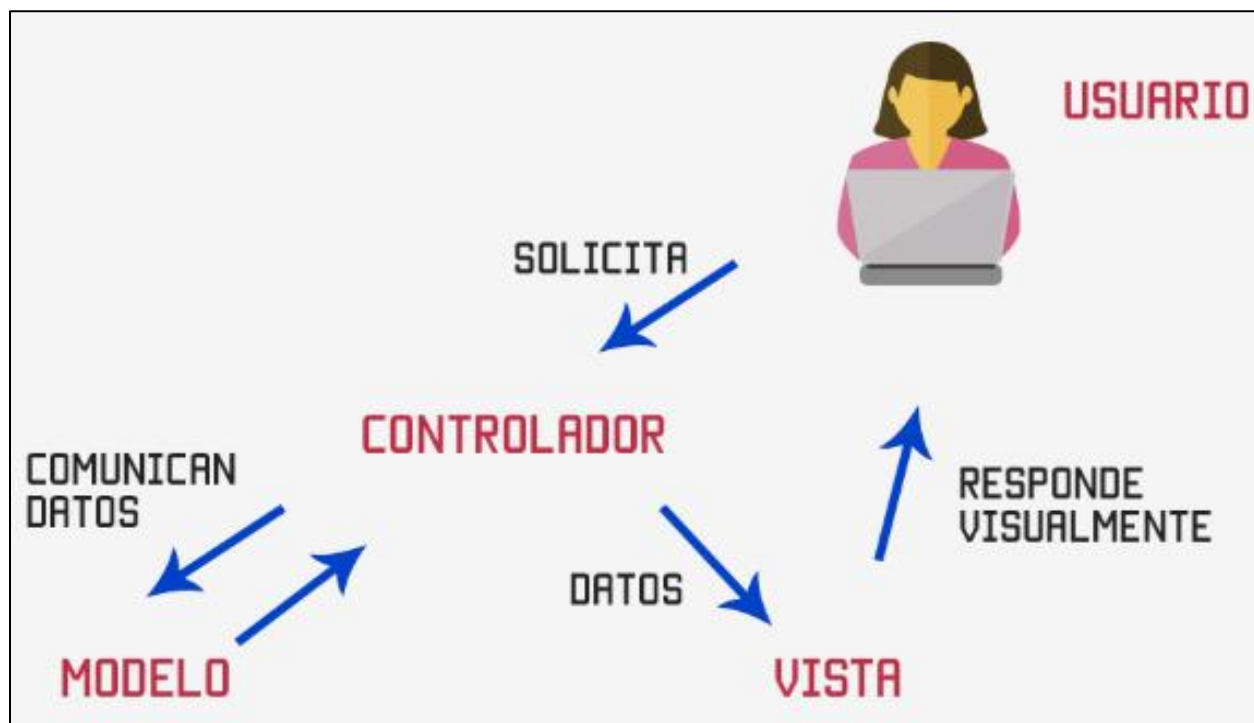
Laravel ha sido seleccionado como framework principal para el desarrollo del aplicativo web, debido a su robustez, escalabilidad y ecosistema consolidado. Se trata de un framework de código abierto basado en PHP, ampliamente utilizado en la industria del software y con una comunidad activa que respalda su mantenimiento y evolución (Laravel, 2023). Su arquitectura se fundamenta en el patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC), lo que permite una clara separación de responsabilidades, mayor mantenibilidad del código y escalabilidad en entornos de producción.

El ecosistema de Laravel incluye herramientas avanzadas como Eloquent ORM para el manejo eficiente de bases de datos relacionales, migraciones para versionamiento de esquemas, sistemas de colas y Jobs para procesamiento asíncrono, y soporte integrado para la creación de

API RESTful, lo que lo convierte en una opción sólida para proyectos IoT y aplicaciones de análisis de datos.

En el contexto de este proyecto, Laravel puede integrarse con protocolos IoT como MQTT, utilizando librerías PHP/MQTT para conectarse a brokers como HiveMQ o Eclipse Mosquitto. De esta forma, el aplicativo puede actuar como suscriptor, procesar mensajes en tiempo real provenientes de sensores y almacenarlos en PostgreSQL. Gracias a la compatibilidad con extensiones como TimescaleDB, es posible optimizar el manejo de series temporales, esenciales en sistemas de monitoreo ambiental.

Desde el punto de vista de la seguridad, Laravel ofrece soporte nativo para autenticación, cifrado y gestión de roles de usuario, lo que garantiza un control de acceso robusto. Además, permite la integración de Redis o RabbitMQ para procesamiento en segundo plano, así como la exposición de API REST para que aplicaciones móviles, dashboards externos o sistemas institucionales puedan interoperar con la plataforma. Finalmente, Laravel es altamente portable, pudiendo desplegarse tanto en servidores locales como en infraestructuras en la nube (AWS, Azure, Google Cloud), lo que asegura flexibilidad y escalabilidad.



**Figura 25.** Arquitectura Modelo-Vista-Controlador (MVC) (Tomado de Laravel, 2023).

## 4.8 Arquitectura del Prototipo

El prototipo propuesto se estructura en una arquitectura en capas que garantiza modularidad, escalabilidad y eficiencia en el procesamiento de datos ambientales. Esta organización facilita tanto la comprensión conceptual como la implementación técnica, ya que cada capa cumple una función específica dentro del sistema de monitoreo ambiental.

- **Capa Física**

Constituida por los sensores SHT31, CCS811 y BH1750, encargados de medir temperatura, humedad relativa, calidad del aire y niveles de iluminación en las salas de conciliación. Estos sensores están conectados al microcontrolador ESP32, el cual actúa como nodo IoT, procesando las señales captadas y preparándolas para su transmisión.

- **Capa de Comunicación**

En esta etapa, los datos procesados por el ESP32 se envían utilizando el protocolo MQTT. Este protocolo, basado en el modelo publicación/suscripción, es ampliamente utilizado en entornos IoT debido a su bajo consumo de ancho de banda y alta eficiencia energética. Su inclusión asegura un flujo de información confiable, incluso en redes con recursos limitados.

- **Capa de Datos**

La gestión de datos se lleva a cabo mediante el broker HiveMQ, que centraliza la distribución de los mensajes entre los nodos publicadores (ESP32) y los suscriptores (base de datos y aplicaciones). La información es almacenada en un sistema PostgreSQL, seleccionado por su robustez, escalabilidad y capacidad de manejo de datos estructurados. Este diseño asegura integridad, persistencia y la posibilidad de realizar consultas analíticas e históricas.

- **Capa de Aplicación**

Finalmente, la información registrada se expone a los usuarios a través de una plataforma web desarrollada en Laravel, un framework PHP que facilita la creación de aplicaciones seguras, modulares y de fácil mantenimiento. Esta capa cumple la función de interfaz de visualización y análisis, permitiendo al personal institucional acceder a reportes en tiempo real, gráficos históricos y alertas sobre condiciones ambientales críticas.

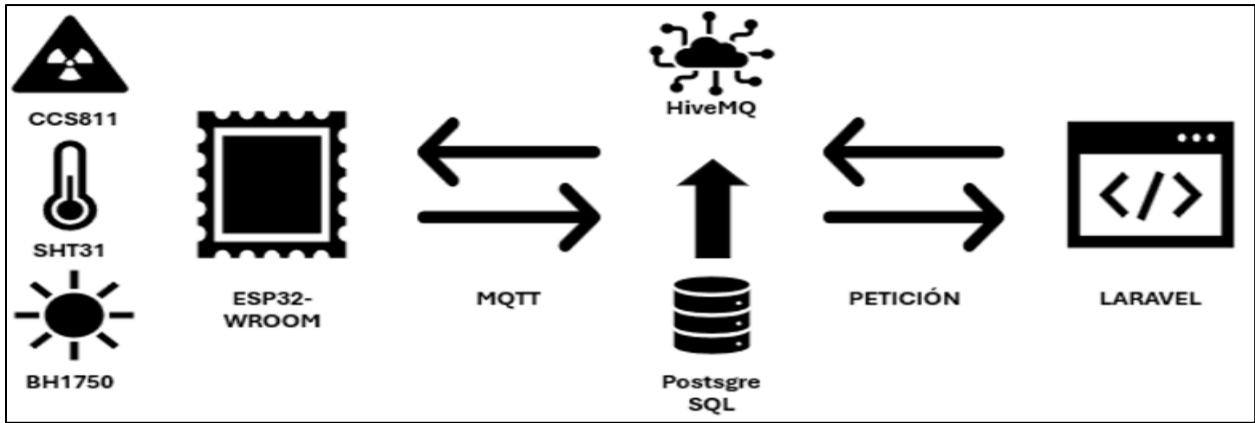


Figura 26. Arquitectura del prototipo (Elaboración propia).

## CAPÍTULO V. IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

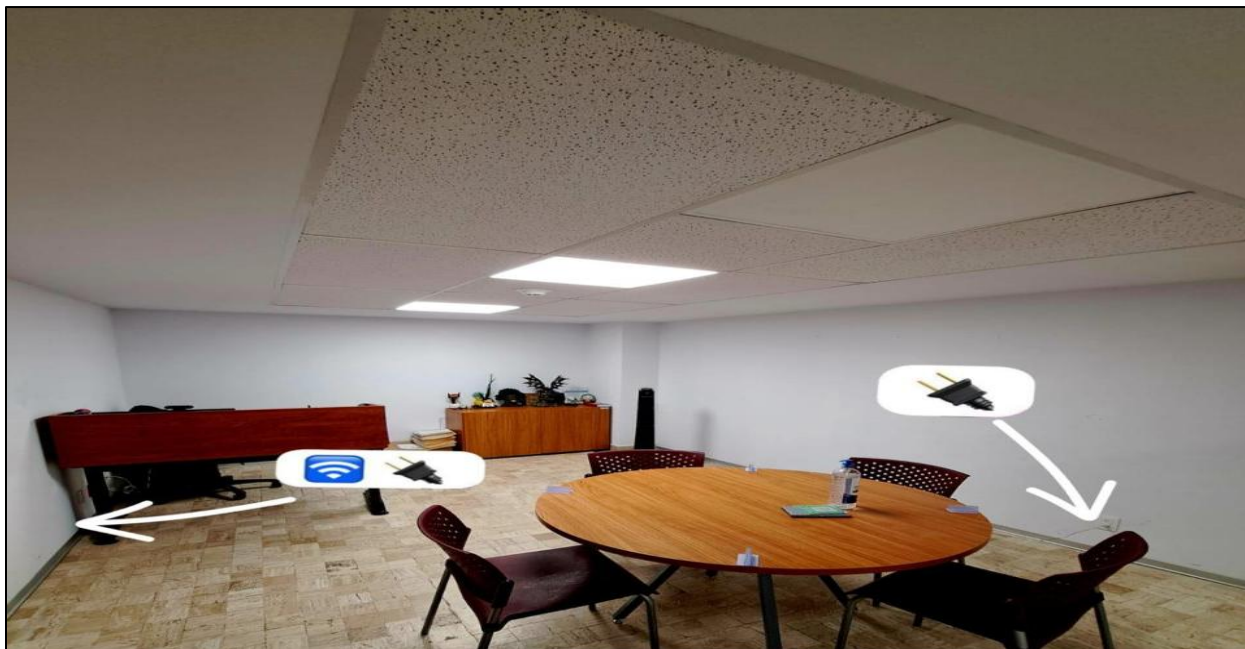
### 5.1 Disposición de las Salas de Conciliación Laboral

Dentro de las instalaciones del CFCRL, particularmente en las oficinas ubicadas en la Ciudad de México, se dispone de salas de conciliación destinadas a la atención presencial de los procesos conciliatorios entre empleadores y trabajadores. Estos espacios están diseñados para propiciar un entorno de diálogo, imparcialidad y equilibrio comunicativo, principios fundamentales del proceso conciliatorio según los lineamientos de la Ley Federal del Trabajo y las directrices operativas del propio CFCRL.

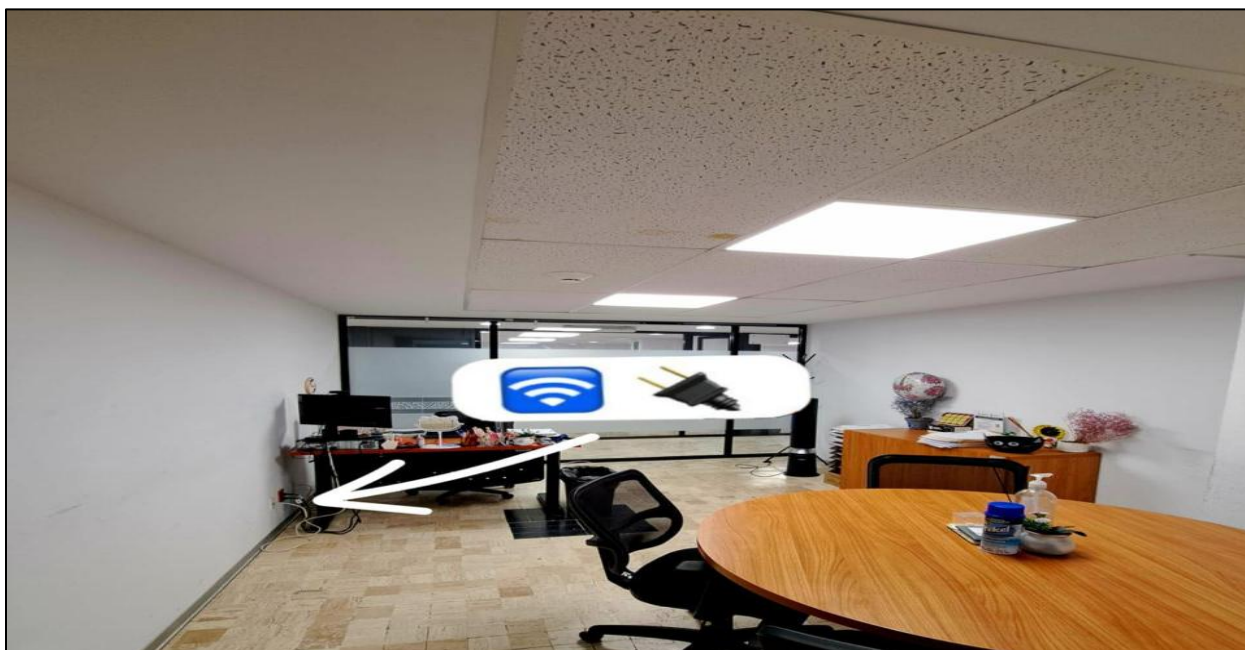
La disposición física de las salas responde a criterios funcionales y de neutralidad perceptual. De manera general, cuentan con una mesa redonda o semicircular, cuyo diseño favorece la interacción equitativa entre los participantes al eliminar jerarquías visuales y facilitar la comunicación directa. Asimismo, cada sala dispone de un escritorio con equipo de cómputo y monitor, utilizado por el conciliador para registrar digitalmente los avances del procedimiento. Las tomas de corriente se ubican a baja altura sobre las paredes laterales, a una distancia prudente del mobiliario principal, lo que contribuye a la seguridad eléctrica, aunque puede limitar la flexibilidad en la disposición de equipos adicionales.

En cuanto a condiciones lumínicas, las salas presentan una combinación variable de luz natural y artificial, dependiendo de su ubicación dentro del edificio. La iluminación artificial, generalmente de tipo frío (4000–6500 K), se distribuye mediante paneles empotrados en el plafón. Sin embargo, en algunos casos, la orientación de las luminarias puede generar sombras o reflejos sobre la superficie de trabajo, lo cual podría afectar la visibilidad de documentos o la percepción gestual entre las partes, elementos esenciales en la dinámica de negociación (CIE, 2018; STPS, 2023).

Desde la perspectiva de la ergonomía y confort ambiental, el mobiliario presenta diferencias funcionales. Las sillas destinadas a los participantes suelen ser de plástico rígido y sin soporte lumbar, adecuadas para reuniones breves, pero no recomendadas para sesiones prolongadas, conforme a los parámetros de la ISO 9241-210:2019 sobre ergonomía en entornos laborales. En contraste, la silla del conciliador muestra un diseño más ergonómico, con respaldo ajustado y soporte lumbar.



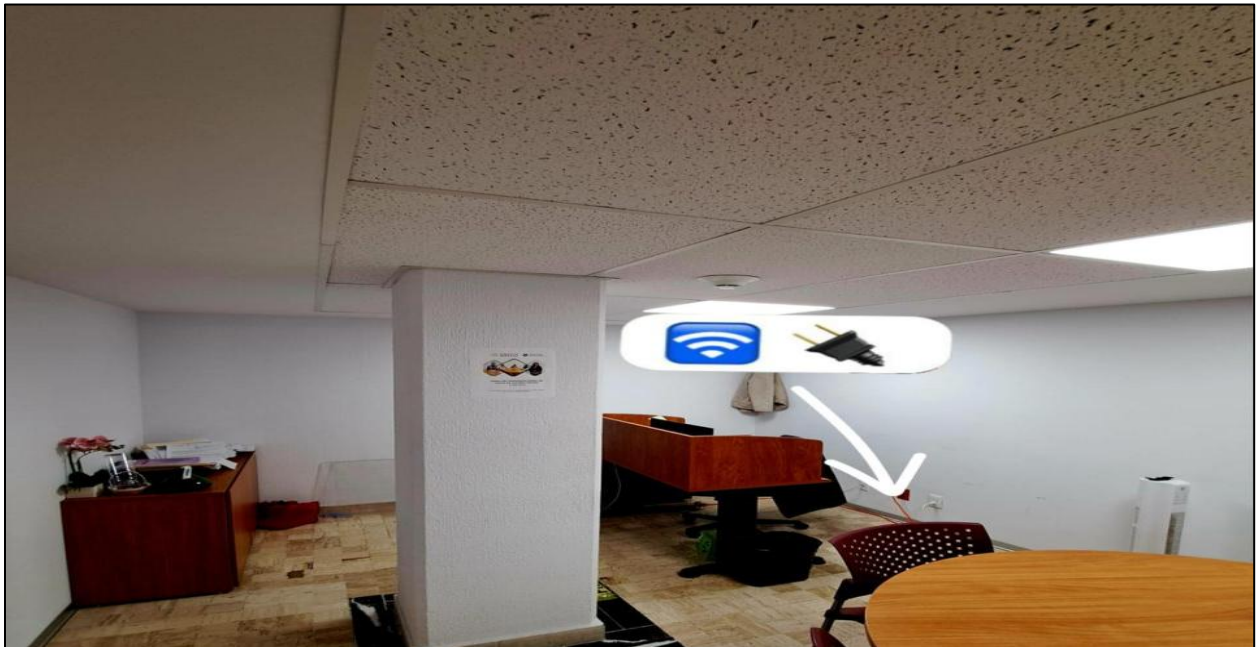
**Figura 27.** La sala de conciliación presenta un diseño funcional, con una mesa redonda ubicada en el centro del espacio, rodeada por sillas que favorecen la interacción equitativa entre las partes (Elaboración propia).



**Figura 28.** Sala de conciliación con diseño ergonómico y distribución espacial centrada en una mesa redonda, que favorece la interacción equitativa entre las partes (Elaboración propia).



**Figura 29.** La sala de conciliación presenta una iluminación adecuada mediante paneles fluorescentes empotrados, y una distribución espacial centrada en una mesa redonda que favorece la interacción equitativa entre las partes (Elaboración propia).



**Figura 30.** Espacio de conciliación laboral que presenta una distribución ergonómica centrada en una mesa redonda, iluminación uniforme mediante paneles empotrados, y mobiliario esencial (Elaboración propia).

## 5.2 Disposición de los Sensores Seleccionados

Para asegurar mediciones ambientales precisas en las salas de conciliación, se implementó una disposición estratégica de los sensores, evitando su ubicación cerca de fuentes de calor, corrientes de aire directas o radiación solar, factores que podrían generar sesgos significativos y comprometer la confiabilidad de los datos.

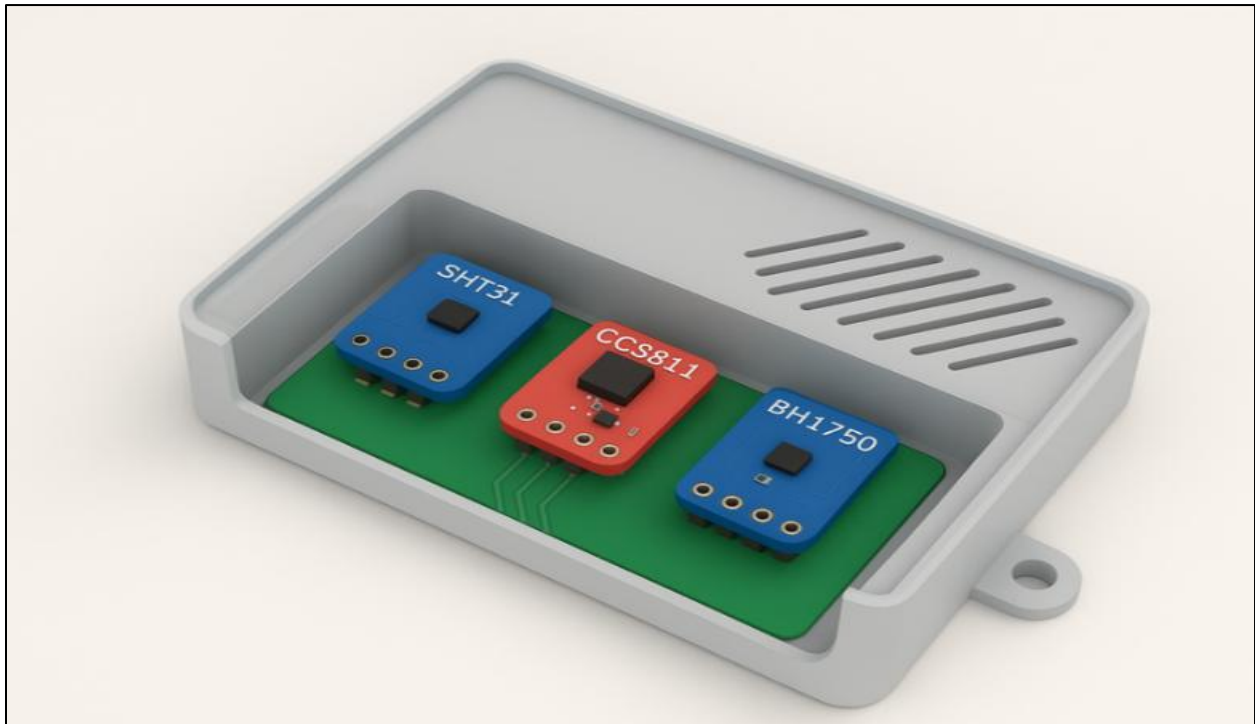
Un aspecto crítico fue la interferencia térmica del hardware, especialmente del microcontrolador ESP32, cuyo calor residual puede distorsionar las mediciones de temperatura y humedad. Para mitigar este efecto, se aisló el módulo de procesamiento, ubicándolo a pocos centímetros del conjunto de sensores, lo que permitió una mayor estabilidad en las lecturas.

Los sensores se ubicaron en puntos accesibles que permiten su limpieza periódica, recalibración y sustitución sin afectar la operación del sistema. Para su protección, se empleó una carcasa ventilada con rejillas, que garantiza un flujo de aire constante y homogéneo. Se evitó el uso de cajas metálicas, ya que pueden interferir con la señal de sensores ópticos como el BH1750, reduciendo la calidad de los datos recolectados.

El sensor SHT31, diseñado para medir temperatura y humedad relativa, presenta alta sensibilidad a la radiación solar, corrientes de aire y fuentes de calor. Se instaló a una altura entre 1.1 m y 1.7 m, conocida como zona de respiración según la ergonomía ambiental (ASHRAE Handbook). Además, se ubicó lejos de fuentes de calor residual como computadoras, pantallas y luminarias, priorizando áreas con flujo ambiental típico para reflejar condiciones reales.

El sensor CCS811, utilizado para medir gases y compuestos orgánicos volátiles totales (TVOC), requiere un flujo de aire estable y un proceso de calibración inicial ("burn-in"). Debido a su sensibilidad a la temperatura y humedad, se instaló en zonas bien ventiladas, evitando su colocación bajo sistemas de climatización o en aperturas que pudieran alterar las concentraciones medidas.

Finalmente, el sensor BH1750, empleado para medir iluminancia en lux, es sensible a la orientación y a la incidencia de la luz. Dado que mide luz total y no espectral, se instaló de forma complementaria a los demás sensores, con el objetivo de representar adecuadamente las condiciones lumínicas de las salas.



**Figura 31.** Boceto 3D (Elaboración propia).

### **5.3 Tarjeta de Expansión**

Para la implementación del prototipo se seleccionó la tarjeta de expansión LK32, desarrollada por la empresa Hola Laika, la cual ofrece una plataforma estable y versátil para proyectos basados en el microcontrolador ESP32. Esta elección se fundamenta en su compatibilidad con sensores ambientales y módulos de visualización, así como en su diseño orientado a la reducción de cableado y optimización del ensamblaje, lo que incrementa la fiabilidad del sistema (Hola Laika, 2024).

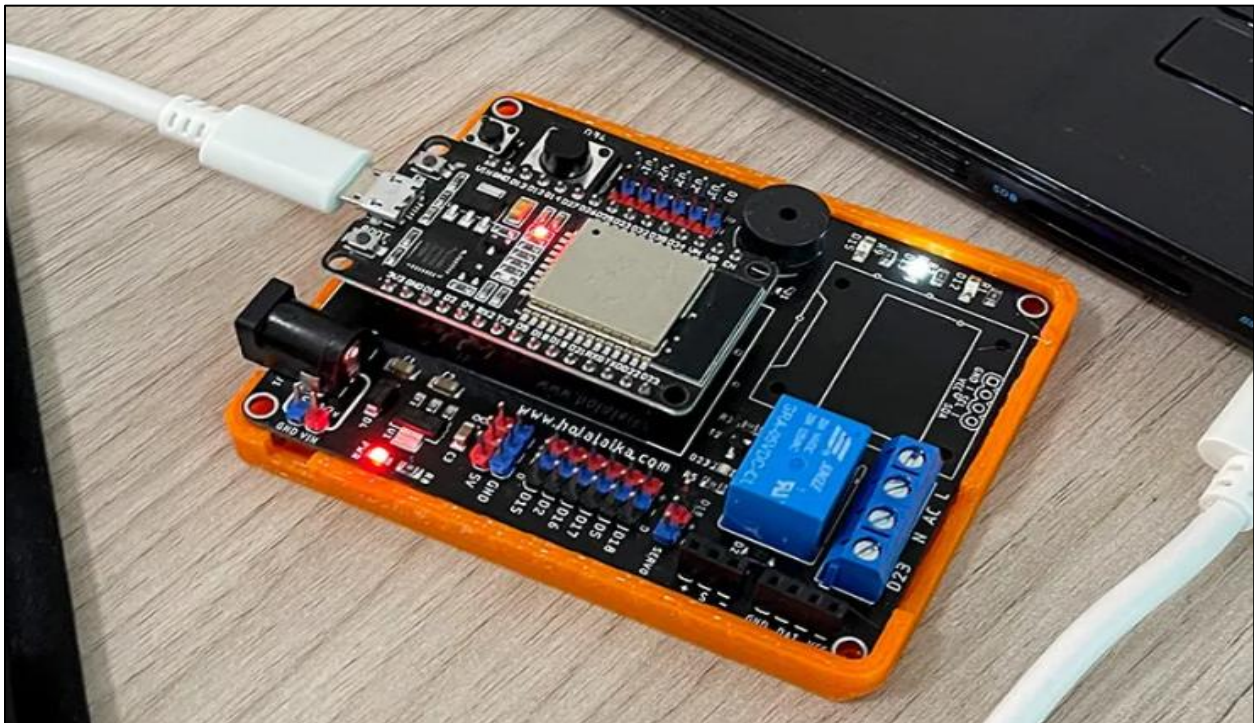
La LK32 dispone de los pines del ESP32 accesibles a través de una placa de expansión, permitiendo la conexión directa de sensores adicionales y displays destinados a la visualización en tiempo real de las lecturas ambientales obtenidas dentro de las salas de conciliación laboral.

En cuanto a la alimentación eléctrica, esta tarjeta incorpora una fuente integrada con una entrada Vin de 5 V a 12 V y una salida regulada de 3.3 V, lo que posibilita la conexión a fuentes de energía robustas y estables, tales como adaptadores externos o baterías con regulador. Este diseño proporciona flexibilidad operativa y garantiza la estabilidad del suministro energético para los sensores y módulos conectados.

Adicionalmente, la LK32 cuenta con un relé integrado en configuración “normal open (NO)”, que permite el control de encendido y apagado de dispositivos externos, añadiendo funcionalidad útil para aplicaciones de automatización o control ambiental. Esta característica amplía las posibilidades del sistema, favoreciendo futuras etapas de desarrollo.

El uso de esta tarjeta contribuyó significativamente a mejorar la organización y seguridad del montaje, reduciendo el número de conexiones expuestas y facilitando su integración en una carcasa de protección. Con ello, se minimizan riesgos de desconexión, interferencia y sobrecalentamiento, al tiempo que se asegura una mayor durabilidad del prototipo.

Respecto a la conexión de los sensores, las líneas SDA y SCL debieron integrarse al bus de comunicación I2C, manteniendo una separación física prudente entre el relé y los sensores para prevenir interferencias térmicas o electromagnéticas que pudieran comprometer la precisión de las mediciones ambientales.



**Figura 32.** Tarjeta de expansión LK32 (Tomado de Hola Laika, 2024).

#### 5.4 Case

La carcasa del prototipo cumple una función esencial en la protección y operatividad del sistema, al resguardar los componentes electrónicos contra polvo, impactos menores y manipulación indebida, sin comprometer la ventilación ni la exposición lumínica necesarias para el correcto

desempeño de los sensores ambientales. Su diseño estructural contempla además el acceso directo a los pines de la tarjeta de expansión LK32, lo que facilita las labores de mantenimiento, calibración y montaje del dispositivo.

Para la implementación de los sensores, se diseñaron ranuras específicas y perforaciones funcionales que garantizan tanto su correcta fijación como la circulación adecuada del aire. En particular, el sensor SHT31, encargado de medir temperatura y humedad relativa, requiere un flujo ambiental continuo y homogéneo; por ello, se incorporaron perforaciones laterales que permiten el intercambio de aire sin exponer el interior a contaminantes externos.

El sensor CCS811, responsable de la detección de compuestos orgánicos volátiles totales (TVOC) y CO<sub>2</sub> equivalente, fue instalado en proximidad controlada al SHT31 con el propósito de compensar sus mediciones mediante los datos de temperatura y humedad relativa. Ambos sensores fueron aislados del microcontrolador ESP32 y del relé integrado en la tarjeta de expansión, con el fin de eliminar posibles interferencias térmicas o electromagnéticas que pudieran comprometer la precisión de los registros ambientales.

Por otro lado, el sensor BH1750, encargado de medir la iluminancia ambiental, requiere una exposición directa a la luz incidente. Para ello, se incorporó una abertura frontal con cubierta transparente fabricada en material óptico de baja distorsión como el policarbonato, el cual permite el paso de la luz visible y al mismo tiempo protege al sensor contra polvo y humedad. Este diseño garantizó la integridad estructural del dispositivo sin afectar la exactitud de las mediciones de iluminación dentro de las salas de conciliación laboral.

El material seleccionado para la fabricación de la carcasa fue PETG (Polietileno Tereftalato Glicol), elegido por su alta resistencia térmica, estabilidad frente a la humedad y durabilidad estructural, cualidades que lo hacen especialmente adecuado para aplicaciones de monitoreo ambiental en interiores. Este material mantiene su integridad dimensional ante variaciones moderadas de temperatura y humedad, lo cual contribuye a preservar la precisión de los sensores y la estabilidad del sistema electrónico.

Se empleó un espesor de pared de 3 mm, suficiente para garantizar rigidez mecánica, protección ante impactos menores y adecuada ventilación del conjunto. Además, se optó por un acabado superficial mate en tono claro, ya que este tipo de terminación reduce la reflexión lumínica y minimiza la interferencia óptica en sensores de iluminancia, como el BH1750.

Esta elección material y de acabado responde tanto a criterios funcionales como a consideraciones estéticas y ergonómicas, asegurando una integración adecuada del prototipo en entornos institucionales, como las salas de conciliación laboral del CFCRL.

La pantalla OLED incorporada muestra información relevante en tiempo real, como es el etiquetado del sensor y su valor respectivamente. Esto permitió una visualización rápida de los datos críticos sin necesidad de herramientas externas.



**Figura 33.** Modelado de case 3D (Elaboración propia).

## 5.5 Visualización de Datos

La visualización de los datos obtenidos por el sistema de monitoreo ambiental se llevó a cabo mediante la tarjeta de expansión LK32, equipada con el microcontrolador ESP32, dispositivo reconocido por su capacidad de procesamiento y conectividad inalámbrica en aplicaciones de IoT (Espressif, 2023). Esta tarjeta permitió la adquisición, procesamiento y transmisión de la información hacia un servidor MQTT, protocolo ligero y confiable ampliamente adoptado en entornos IoT por su eficiencia en redes con recursos limitados y su capacidad para manejar comunicaciones asincrónicas y seguras (OASIS, 2019).

Cada paquete de información se estructuró en formato JSON (JavaScript Object Notation), lo que facilita su interoperabilidad con sistemas cliente, plataformas de visualización y bases de datos.

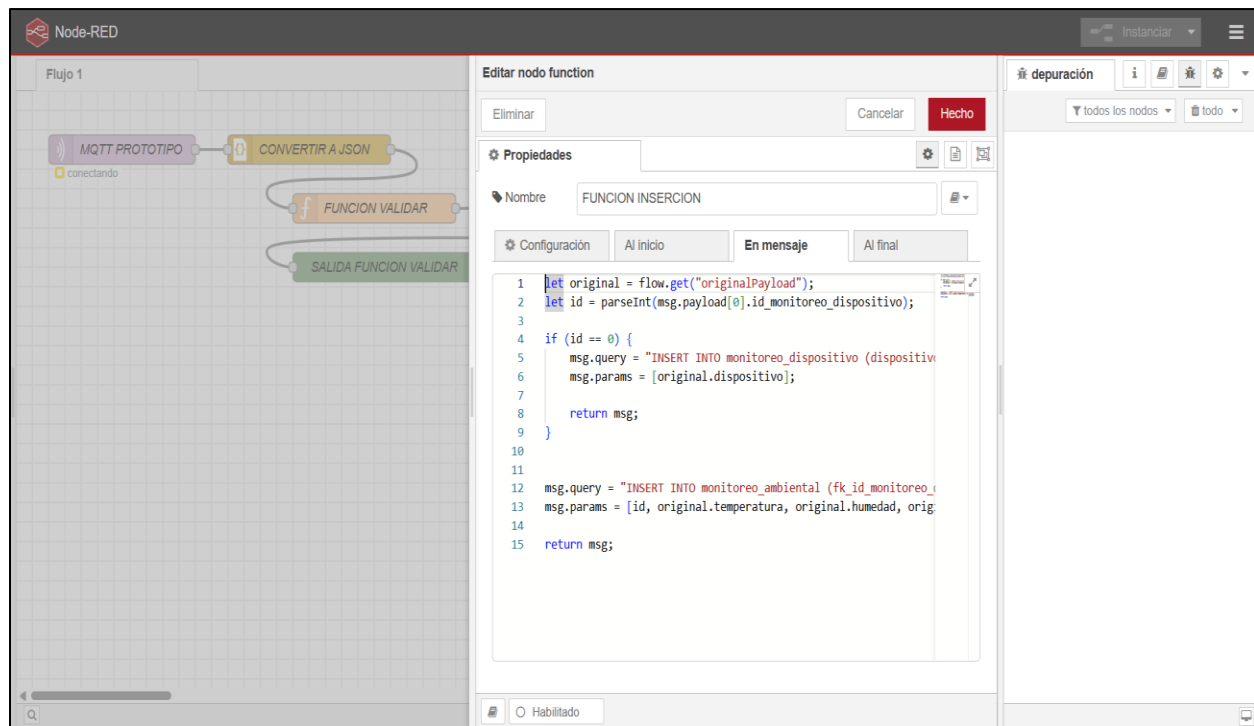
Los datos transmitidos incluyen variables ambientales críticas: temperatura, humedad relativa, iluminancia, concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y compuestos orgánicos volátiles totales (TVOC), además del identificador único de la sala de conciliación y el registro temporal de cada medición.

El acceso a esta información se realiza mediante la suscripción a un tópico MQTT previamente configurado en el sistema, garantizando una distribución estructurada, eficiente y segura de los datos. Esta metodología facilita la integración de la información en paneles de control, bases de datos relacionales o sistemas analíticos avanzados, asegurando la disponibilidad en tiempo real para los usuarios autorizados.

### **5.5.1 Node-RED**

En el marco del desarrollo del prototipo IoT, Node-RED actúa como un middleware visual y modular que facilita la comunicación, procesamiento y almacenamiento de los datos entre el bróker HiveMQ y la base de datos PostgreSQL dentro del entorno local. Su principal función consistió en recibir los mensajes publicados por el dispositivo IoT a través del servidor HiveMQ, procesar los flujos de datos en tiempo real y almacenarlos de forma estructurada en PostgreSQL, garantizando la integridad, trazabilidad y persistencia de la información.

Gracias a su entorno de programación basado en flujos, Node-RED permite diseñar e implementar procesos de integración sin requerir programación tradicional, reduciendo significativamente el tiempo de desarrollo. Esta herramienta posibilita la aplicación de filtros, validaciones y conversiones a los datos antes de su almacenamiento, asegurando consistencia y calidad en la información recopilada. Dentro del sistema, Node-RED se consolidó como un componente esencial para la interoperabilidad, al integrar la comunicación de HiveMQ con PostgreSQL. Esta arquitectura permitió automatizar los flujos de información, reforzando la confiabilidad operativa y mejorar la eficiencia general en la gestión de datos ambientales. Los cuales son generados a partir de los sensores IoT instalados en las salas de conciliación del CFCRL.



**Figura 34.** Visualización e inserción de datos a PostgreSQL por medio de Node-RED (Elaboración propia).

## 5.5.2 PostgreSQL

El modelo de datos propuesto para el sistema de monitoreo ambiental de las salas de conciliación se estructuró a partir de dos entidades fundamentales: `monitoreo_dispositivo` y `monitoreo_ambiental`. Este esquema responde a la necesidad de organizar de manera eficiente tanto la información relativa a los dispositivos IoT desplegados como los registros derivados de la medición continua de variables ambientales. Su diseño se fundamenta en principios de normalización y en la búsqueda de una arquitectura escalable y trazable.

La tabla `monitoreo_dispositivo` cumple la función de repositorio principal para la identificación y administración de los dispositivos utilizados en el proceso de monitoreo. Los atributos contemplados permiten describir su denominación, estado operativo y fecha de incorporación al sistema, configurando así un registro maestro que posibilita la gestión centralizada del prototipo. La inclusión del campo activo aporta un mecanismo de control que evita la eliminación física de dispositivos, preservando su historial y posibilitando la desactivación lógica cuando sea necesario. Esta característica favorece la integridad temporal de los datos y contribuye a la coherencia del sistema en escenarios de mantenimiento, sustitución o reconfiguración de los equipos.

Por su parte, la tabla `monitoreo_ambiental` concentra los datos obtenidos a partir de los sensores instalados, abarcando variables como temperatura, humedad relativa, intensidad lumínica, concentración de dióxido de carbono (CO2) y compuestos orgánicos volátiles totales (TVOC). Cada registro se acompaña de una marca temporal que refleja el momento exacto de la medición, lo cual es fundamental para el análisis longitudinal y para la identificación de tendencias o anomalías ambientales. El campo `activo`, de forma análoga al utilizado en la tabla de dispositivos, permite la depuración lógica de registros sin comprometer la consistencia histórica.

La relación entre ambas tablas se establece mediante una vinculación uno a muchos (1:N), donde un dispositivo registrado en `monitoreo_dispositivo` puede asociarse con múltiples observaciones en `monitoreo_ambiental`. Esta relación, materializada mediante la clave foránea `fk_id_monitoreo_dispositivo`, garantiza la trazabilidad del origen de cada medición y permite mantener una estructura coherente y normativamente adecuada. Desde una perspectiva funcional, esta interdependencia facilita la correlación entre el desempeño de los dispositivos y la calidad de los datos recopilados, aspecto crucial para el análisis técnico y la gestión operativa del sistema.

The screenshot shows the DBeaver interface with a SQL query executed against a PostgreSQL database. The query is: `select * from monitoreo_ambiental ma order by ma.fecha desc`. The results are displayed in a table with the following columns: `id`, `fk_id_monitoreo_dispositivo`, `temperatura`, `humedad`, `luz`, `co2`, `tvoc`, `fecha`, `activo`, and `f_reg`. The table contains 30 rows of data, with the most recent measurement at the top.

id	fk_id_monitoreo_dispositivo	temperatura	humedad	luz	co2	tvoc	fecha	activo	f_reg
1	322	24.36	47.51	5	1.844	507	2026-02-28 00:19:48.000	[V]	2026-02-27 18:19:49.000
2	321	24.35	47.66	4	2.031	803	2026-02-28 00:19:38.000	[V]	2026-02-27 18:19:39.000
3	320	24.35	47.82	3	2.556	1.902	2026-02-28 00:19:28.000	[V]	2026-02-27 18:19:29.000
4	319	24.32	47.87	4	3.950	4.903	2026-02-28 00:19:18.000	[V]	2026-02-27 18:19:19.000
5	318	24.28	47.9	4	464	9	2026-02-28 00:19:08.000	[V]	2026-02-27 18:19:08.000
6	317	24.28	48.04	4	534	20	2026-02-28 00:18:57.000	[V]	2026-02-27 18:18:58.000
7	316	24.22	48.21	3	534	20	2026-02-28 00:18:47.000	[V]	2026-02-27 18:18:48.000
8	315	24.24	48.53	3	409	1	2026-02-28 00:18:37.000	[V]	2026-02-27 18:18:38.000
9	314	24.2	48.86	3	407	1	2026-02-28 00:18:27.000	[V]	2026-02-27 18:18:28.000
10	313	24.17	48.48	3	410	1	2026-02-28 00:18:17.000	[V]	2026-02-27 18:18:18.000
11	312	24.12	48.82	4	400	0	2026-02-28 00:18:07.000	[V]	2026-02-27 18:18:08.000
12	311	24.08	49	4	416	2	2026-02-28 00:17:57.000	[V]	2026-02-27 18:17:58.000
13	310	24.04	49.47	3	407	1	2026-02-28 00:17:47.000	[V]	2026-02-27 18:17:48.000
14	309	24.04	49.92	3	400	0	2026-02-28 00:17:37.000	[V]	2026-02-27 18:17:38.000
15	308	24.01	50.74	4	411	1	2026-02-28 00:17:27.000	[V]	2026-02-27 18:17:27.000
16	307	23.97	51.23	4	400	0	2026-02-28 00:17:17.000	[V]	2026-02-27 18:17:17.000
17	306	23.94	52.34	4	460	9	2026-02-28 00:17:06.000	[V]	2026-02-27 18:17:07.000
18	305	23.92	55.11	3	400	0	2026-02-28 00:16:56.000	[V]	2026-02-27 18:16:57.000
19	304	23.93	61.12	5	400	0	2026-02-28 00:16:46.000	[V]	2026-02-27 18:16:47.000
20	303	23.93	62.95	4	594	29	2026-02-28 00:16:36.000	[V]	2026-02-27 18:16:37.000
21	302	23.71	55.82	4	400	0	2026-02-28 00:16:26.000	[V]	2026-02-27 18:16:27.000
22	301	23.65	49.9	5	400	0	2026-02-28 00:16:16.000	[V]	2026-02-27 18:16:17.000
23	300	23.59	50.3	3	400	0	2026-02-28 00:16:06.000	[V]	2026-02-27 18:16:07.000
24	299	23.53	50.48	3	400	0	2026-02-28 00:15:56.000	[V]	2026-02-27 18:15:57.000
25	298	23.48	51.31	4	416	2	2026-02-28 00:15:46.000	[V]	2026-02-27 18:15:47.000
26	297	23.43	52.66	4	413	1	2026-02-28 00:15:36.000	[V]	2026-02-27 18:15:37.000
27	296	23.41	54.41	3	422	3	2026-02-28 00:15:26.000	[V]	2026-02-27 18:15:26.000
28	295	23.32	59.11	3	400	0	2026-02-28 00:15:16.000	[V]	2026-02-27 18:15:16.000
29	294	23.31	69.1	3	400	0	2026-02-28 00:15:05.000	[V]	2026-02-27 18:15:06.000
30	293	23.25	67.39	3	730	50	2026-02-28 00:14:55.000	[V]	2026-02-27 18:14:57.000

**Figura 35.** Visualización de datos en la entidad `monitoreo_ambiental` creada en PostgreSQL (Elaboración propia).

### 5.5.3 Laravel

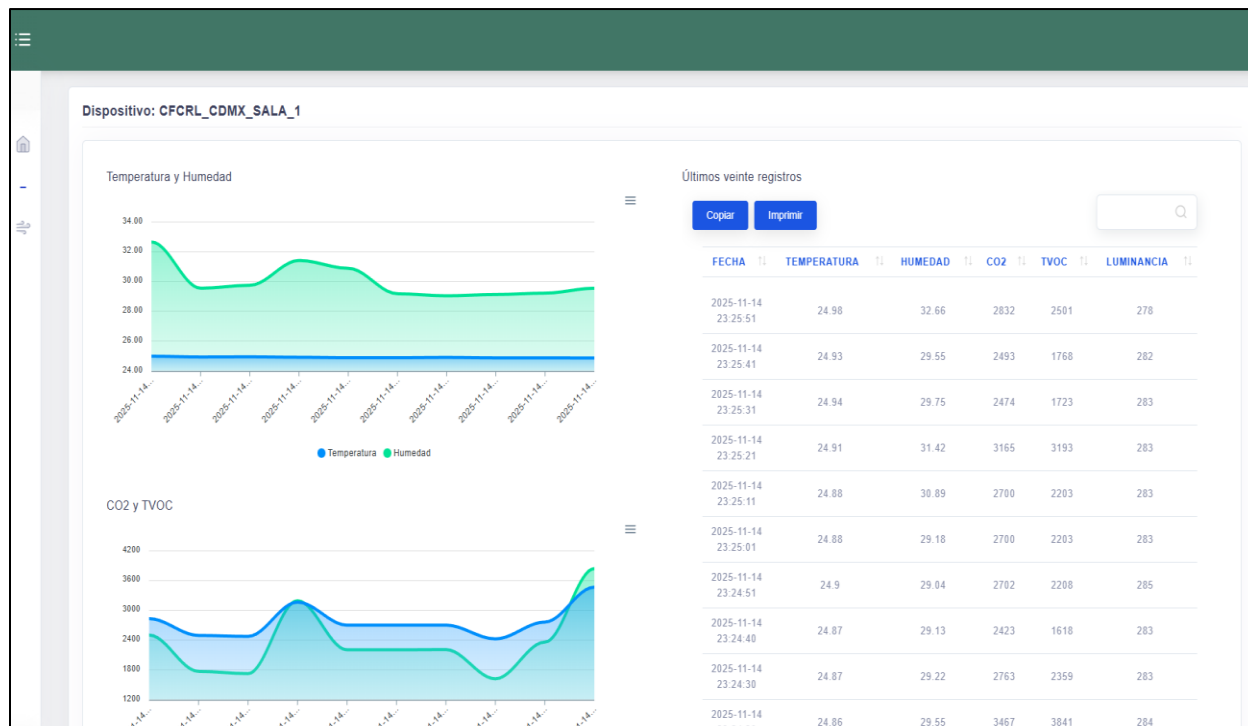
Para el desarrollo del prototipo, Laravel fue seleccionado como el framework principal para la implementación del aplicativo web orientado a la visualización y gestión de los datos ambientales. Laravel es un framework de PHP de código abierto, ampliamente reconocido por su arquitectura basada en MVC (Model-View-Controller), su robusto sistema de ruteo y seguridad, y por ofrecer un ecosistema completo para el desarrollo de aplicaciones web escalables y mantenibles (Laravel Documentation, 2024). Estas características lo convierten en una opción idónea para aplicaciones IoT que requieren procesamiento, consulta y visualización estructurada de datos.

En este proyecto, Laravel permitió el modelado visual y funcional de la información capturada por los sensores, integrando los datos almacenados en PostgreSQL y facilitando su despliegue en una interfaz dinámica. Como parte de la lógica de negocio, el sistema fue configurado para registrar automáticamente los dispositivos IoT que publiquen datos en un tópico MQTT específico. Cada dispositivo se agrega al catálogo de dispositivos únicamente si no existe un registro previo, lo que garantiza consistencia, evita duplicidad y fortalece la trazabilidad del sistema.

El aplicativo ofrece un listado general de dispositivos y sensores, desde el cual el usuario puede seleccionar un equipo específico para visualizar el detalle de sus lecturas. La información se muestra en tiempo real mediante un dashboard, utilizando representaciones gráficas que facilitan el análisis de tendencias ambientales:

- Gráficas de área para las variables de temperatura, humedad relativa, CO2 y TVOC, adecuadas para observar variaciones temporales, acumulación y comportamiento cíclico.
- Gráfica lineal para los datos de iluminancia (lux), lo que permite identificar cambios instantáneos en las condiciones de iluminación del entorno.

La arquitectura del sistema fue diseñada bajo principios de escalabilidad y crecimiento modular, permitiendo la incorporación de nuevos sensores o salas de conciliación monitoreadas sin requerir cambios profundos en la aplicación. Esto convierte al aplicativo en una herramienta flexible, mantenible y preparada para implementaciones de mayor alcance, como ampliaciones del sistema en nuevas sedes del CFCRL o la integración con servicios de análisis avanzado.



**Figura 36.** Dashboard de un dispositivo de monitoreo ambiental, implementado dentro de una sala de conciliación (Elaboración propia).

## **CAPÍTULO VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **6.1 Introducción**

El presente capítulo expone y analiza los resultados obtenidos a partir del sistema de monitoreo ambiental basado en tecnologías de IoT. Las lecturas consideradas corresponden a un periodo continuo de un mes, comprendido entre el 1 y el 30 de noviembre de 2025, con una frecuencia de muestreo de 10 segundos, lo que dio lugar a un total de 259,200 registros ambientales.

Las variables analizadas incluyen temperatura, humedad relativa, nivel de iluminancia, concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y compuestos orgánicos volátiles totales (TVOC), además de la marca temporal asociada a cada medición. Los datos fueron generados en un espacio interior controlado, con el propósito de evaluar el desempeño del sistema de monitoreo, la estabilidad de los sensores y la pertinencia de la metodología empleada para el análisis de datos ambientales.

Este enfoque permitió validar la capacidad del sistema para adquirir, almacenar y procesar información de manera continua y confiable, sentando las bases para análisis posteriores orientados a la evaluación del confort ambiental y la interpretación de las condiciones físicas del entorno monitoreado.

### **6.2 Análisis Descriptivo de las Variables Ambientales**

El análisis descriptivo permitió caracterizar el comportamiento general de las variables ambientales monitoreadas durante el periodo de estudio. La temperatura registró valores relativamente estables, con una media aproximada de 26 °C y variaciones moderadas, comportamiento coherente con el de espacios interiores con condiciones ambientales parcialmente controladas.

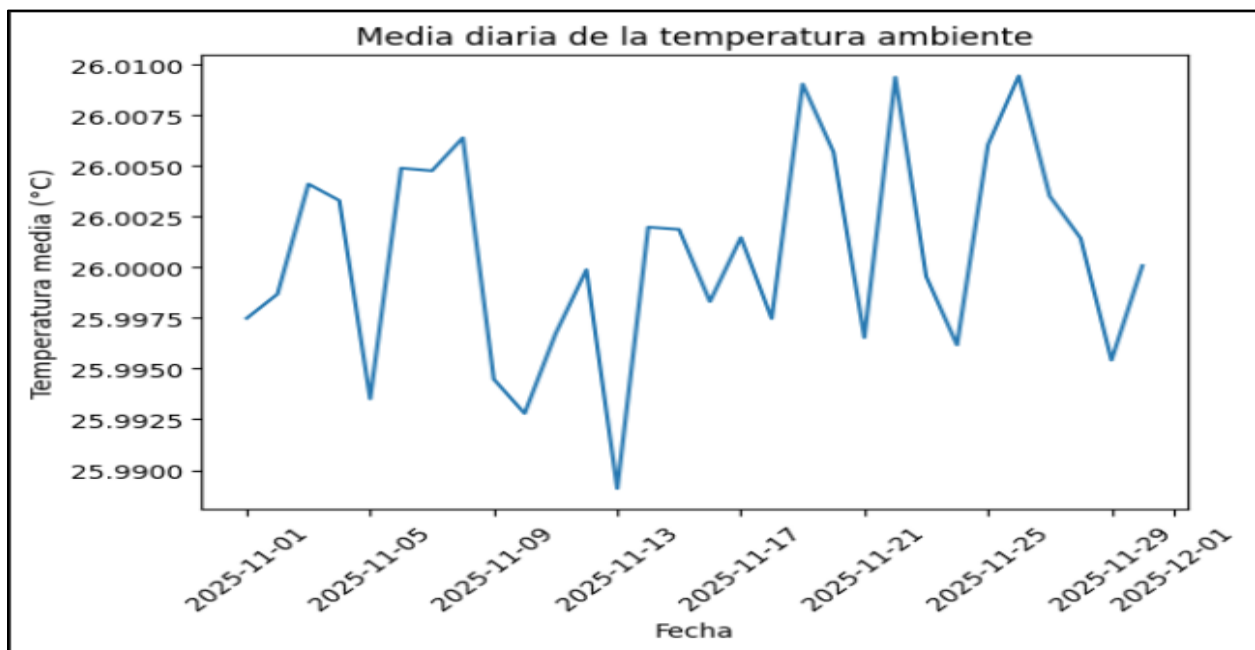
La humedad relativa presentó oscilaciones leves a lo largo del periodo analizado, manteniéndose dentro de rangos comúnmente asociados con condiciones de confort térmico. Este patrón sugiere una adecuada estabilidad de la humedad del entorno monitoreado.

En relación con la iluminancia, se observaron variaciones significativas en los niveles registrados, atribuibles principalmente a cambios en las condiciones de iluminación del espacio, tales como las modificaciones en el uso del recinto a lo largo del tiempo.

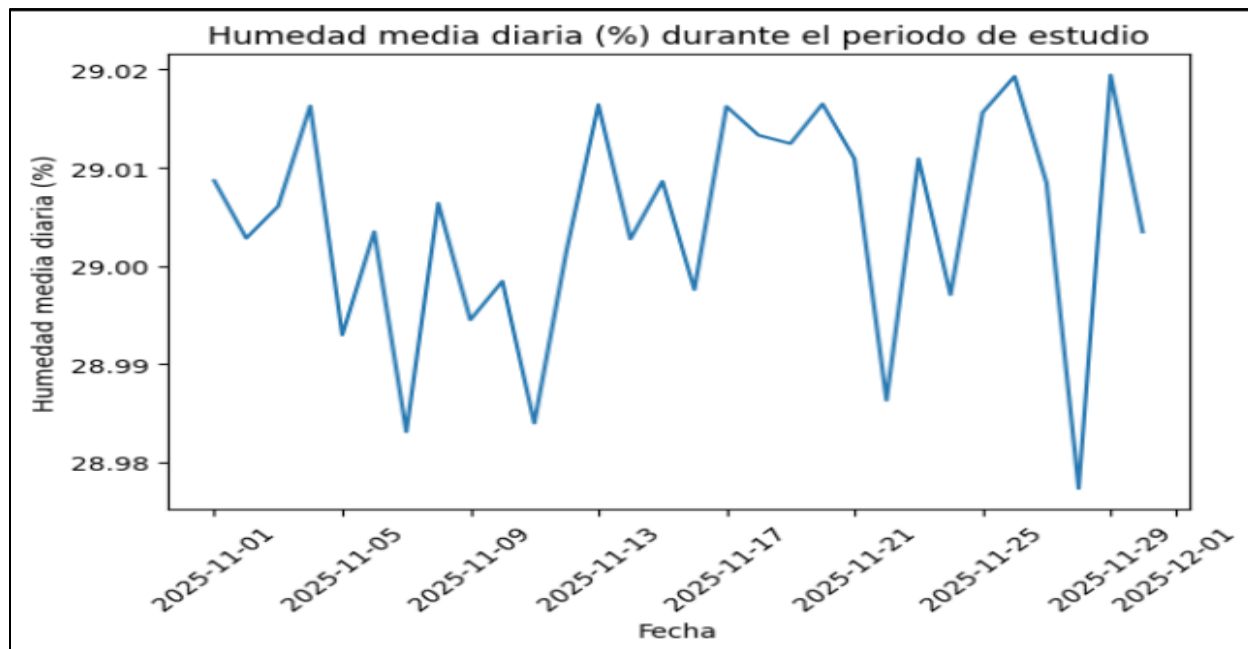
### 6.3 Análisis Temporal de las Variables

El análisis temporal evidenció que la alta resolución de muestreo empleada permite identificar variaciones de corta duración que no serían detectables mediante frecuencias de adquisición más bajas. En particular, las variables de temperatura y humedad relativa presentaron fluctuaciones suaves y progresivas, mientras que los indicadores de calidad del aire interior mostraron cambios de menor amplitud, aunque con una mayor frecuencia de ocurrencia.

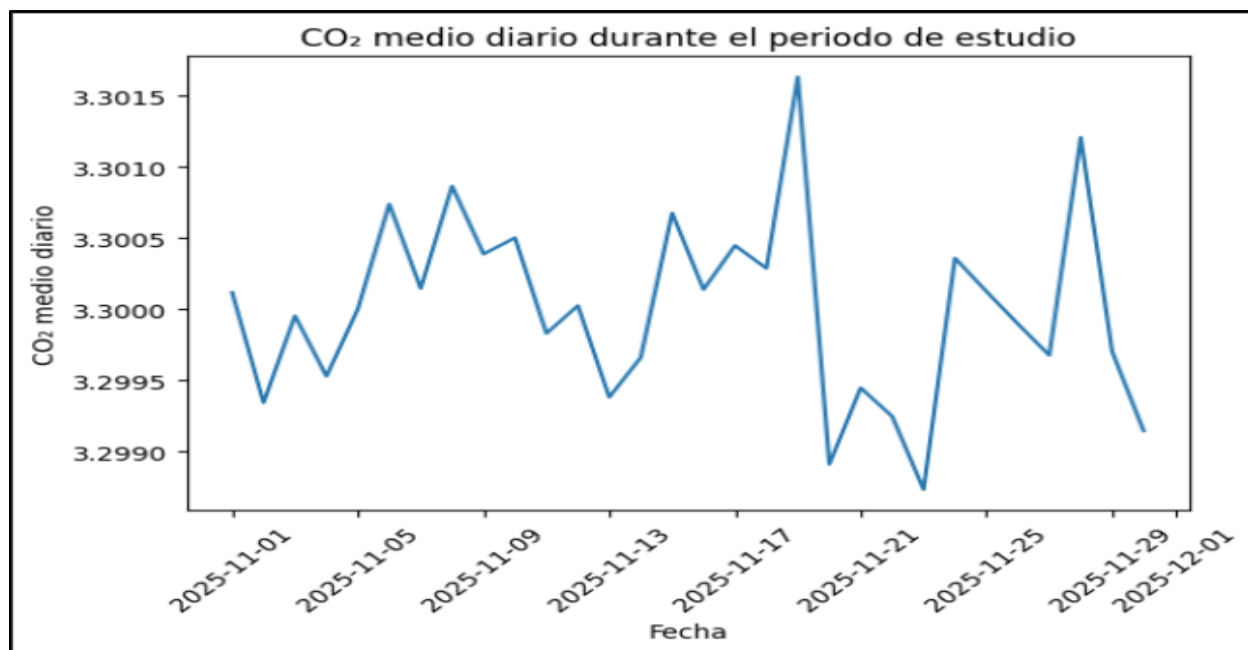
Al agrupar las lecturas en intervalos temporales más amplios, se observó un comportamiento significativamente más estable en todas las variables analizadas. Este resultado confirma la pertinencia de aplicar procesos de agregación temporal, tales como promedios o medianas por intervalos definidos, para facilitar el análisis, la interpretación y la visualización de grandes volúmenes de datos generados por el sistema de monitoreo ambiental, sin perder información relevante sobre las tendencias generales del entorno.



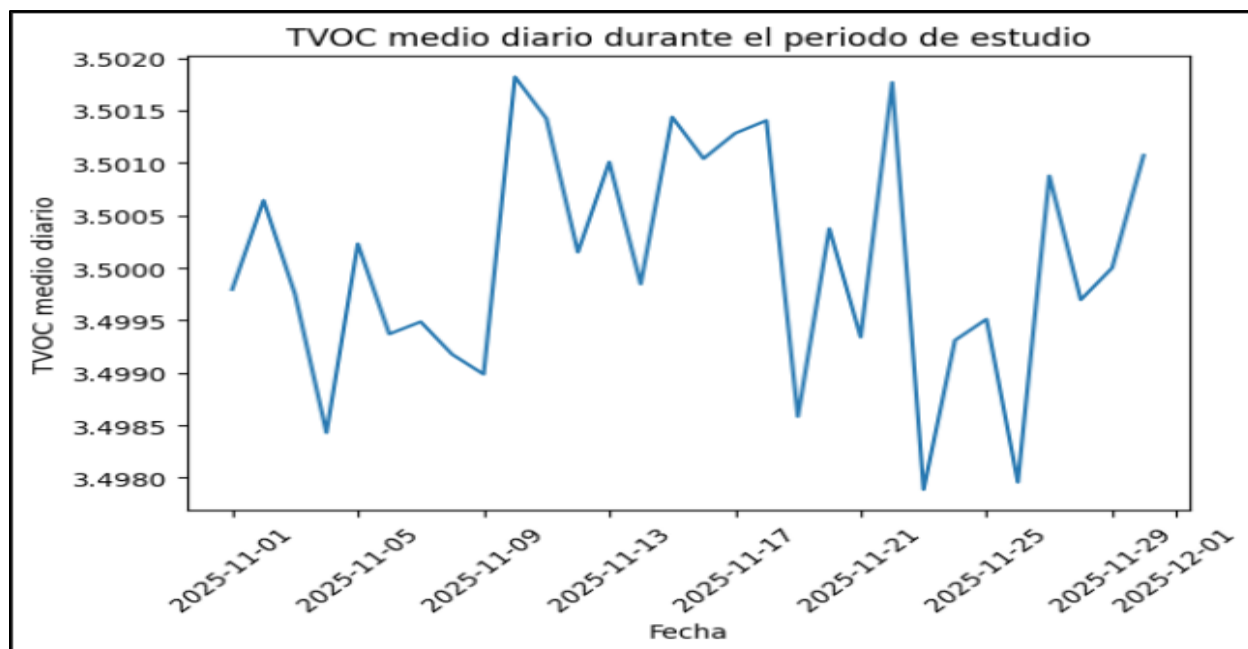
**Gráfica 3.** Media diaria de la temperatura durante el periodo de estudio, mostrando fluctuaciones diarias de baja magnitud (Elaboración propia).



**Gráfica 4.** Media diaria de la humedad durante el periodo de estudio, la cual no muestra cambios abruptos. Teniendo así variaciones suaves alrededor del 29 % (Elaboración propia).



**Gráfica 5.** Media diaria del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) durante el periodo de estudio, mostrando una variabilidad muy reducida. El comportamiento uniforme sugiere condiciones constantes de ocupación y ventilación (Elaboración propia).



**Gráfica 6.** Media diaria de compuestos orgánicos volátiles totales (TVOC) durante el periodo de estudio, la cual exhibe ligeras oscilaciones diarias. El patrón es coherente con una fuente de emisión estable y sin eventos extremos (Elaboración propia).

#### 6.4 Discusión de los Resultados

De manera general, los resultados obtenidos evidencian que el sistema de monitoreo ambiental, operando con una alta frecuencia de muestreo, genera un volumen considerable de información, lo que representa simultáneamente una oportunidad y un desafío para su análisis e interpretación. Por un lado, la alta resolución temporal permite capturar dinámicas ambientales de corta duración y detectar variaciones sutiles; por otro, exige la aplicación de estrategias adecuadas de procesamiento, agregación y visualización de datos para facilitar su análisis.

Los patrones identificados en las variables ambientales analizadas son consistentes con lo reportado en estudios previos sobre monitoreo de ambientes interiores, particularmente en lo relativo al comportamiento térmico y a la calidad del aire. Estos resultados sugieren que la metodología empleada es pertinente y robusta para su aplicación en espacios donde el confort ambiental y la calidad del aire interior constituyen factores críticos, como es el caso de las salas de conciliación, y respaldan su potencial como herramienta de apoyo para la gestión ambiental y la toma de decisiones institucionales.

## **Conclusiones y Recomendaciones**

Si bien los resultados obtenidos muestran consistencia y validez metodológica, se recomienda ampliar el periodo de monitoreo con el objetivo de cubrir un ciclo anual completo. Esto permitiría analizar de manera más precisa la influencia de la variabilidad climática estacional sobre las condiciones ambientales interiores y determinar si dichos cambios generan variaciones significativas en el análisis de los datos. De igual forma, incrementar el número de dispositivos de monitoreo contribuiría a fortalecer el análisis estadístico y posibilitar comparaciones más robustas entre distintas salas de conciliación. Adicionalmente, la incorporación de indicadores normativos y valores de referencia facilitaría una toma de decisiones más objetiva y alineada a estándares técnicos dentro del CFCRL.

Para la implementación de nuevos equipos, resulta indispensable establecer procedimientos formales de calibración de los sensores, particularmente del SHT31, el cual, de acuerdo con las pruebas realizadas durante el desarrollo del prototipo, requiere un periodo de estabilización aproximado de 10 minutos. Este proceso es fundamental para garantizar la precisión y confiabilidad de las mediciones, así como para prevenir errores que puedan comprometer el desempeño de un sistema de monitoreo ambiental en un entorno de operación real.

Al considerar el escalamiento del proyecto, es esencial fortalecer la infraestructura de comunicación, especialmente debido a la concentración de salas de conciliación en la Ciudad de México. En este contexto, se propone una arquitectura distribuida que permita canalizar las lecturas ambientales de cada sala hacia nodos intermedios, los cuales transmitan la información a un servidor MQTT alojado en la nube. Esta estrategia favorecería la escalabilidad del sistema y permitiría al CFCRL disponer de información ambiental en tiempo real a nivel federal.

Otro paso relevante consiste en establecer convenios de colaboración con el CFCRL que permitan automatizar la concentración de los resultados de las audiencias conciliatorias, así como registrar su temporalidad. La integración de esta información en conjunto con las lecturas ambientales generadas en las salas de conciliación abriría la posibilidad de desarrollar metodologías analíticas orientadas a evaluar si las condiciones ambientales influyen de manera directa en los resultados de las audiencias. En una etapa posterior, estos insumos podrían emplearse para la construcción de modelos estadísticos o matemáticos que apoyen la toma de decisiones institucionales.

Finalmente, una vez integrados los datos ambientales y los resultados de las audiencias conciliatorias, se recomienda fortalecer el aplicativo web desarrollado, incorporando funcionalidades para la generación de reportes de alto nivel y el análisis histórico de cada sala de conciliación. Esto permitiría identificar tendencias, evaluar el desempeño ambiental de los espacios y apoyar procesos de mejora continua.

En conjunto, las recomendaciones planteadas buscan consolidar la solución IoT desarrollada en este proyecto, asegurar el cumplimiento de los objetivos definidos desde su concepción y contribuir a la mejora de la calidad ambiental de las salas de conciliación. De esta manera, el proyecto sienta las bases para una gestión ambiental basada en evidencia, orientada al fortalecimiento del nuevo modelo de justicia laboral en México.

## Referencias Bibliográficas

- Adafruit. (2020). TSL2591 high dynamic range digital light sensor. Adafruit Industries. <https://learn.adafruit.com/tsl2591>.
- Al-Dulaimi, A., Kadhim, K. T., & Shukur, H. A. (2021). Predictive modeling of indoor air quality using IoT and machine learning techniques for enhanced health management. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. <https://doi.org/10.1007/s12652-021-03102-1>.
- AMS. (2021). CCS811 ultra-low power digital gas sensor for monitoring indoor air quality. AMS AG. <https://ams.com/ccs811>.
- Amézquita Ayure, S. (2022). Prototipo de sistema de monitorización y regulación automática de material particulado basado en enfoques de IoT para entidades educativas ubicadas en entornos hostiles de alto flujo vehicular: Hacia el aumento de la calidad del aire en las instituciones educativas [Tesis de maestría].
- ASHRAE Handbook: HVAC Applications. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- ANSI/ASHRAE Standard 55-2020: Thermal environmental conditions for human occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2020: Ventilation for acceptable indoor air quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>.
- Banks, A., & Gupta, R. (2014). MQTT Version 3.1.1 Plus Errata 01. OASIS Standard. Recuperado de <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1>.
- Centro Federal de Conciliación y Registro Laboral. (s. f.). Asesoría: Inicio. <https://conciliacion.centrolaboral.gob.mx/asesoria/inicio>.
- Centro Federal de Conciliación y Registro Laboral. (2021). Extracto del acuerdo por el que se aprueban los lineamientos para el procedimiento de conciliación prejudicial individual. *Diario Oficial de la Federación*. [https://www.dof.gob.mx/2021/CFCRL/lineamientos\\_conciliacion.pdf](https://www.dof.gob.mx/2021/CFCRL/lineamientos_conciliacion.pdf).
- CIE. (2018). *Lighting for Workspaces: General Principles*, International Commission on Illumination.
- Dai, X., Shang, W., Liu, J., Xue, M., & Wang, C. (2023). Achieving better indoor air quality with IoT systems for future buildings: Opportunities and challenges. *Science of the Total Environment*, 895, 164858. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164858>.
- Dul, J., & Weerdmeester, B. (2012). *Ergonomics for beginners: A quick reference guide* (3rd ed.). CRC Press.

Eliseeva, O. V. (1964). On the determination of maximum permissible carbon dioxide concentrations in the air of apartment buildings and public buildings. *Gigiena i Sanitariia*, 29, 10–15.

Espressif. (2023). ESP32-WROOM-32 datasheet. Espressif Systems. Recuperado de <https://www.espressif.com>.

Few, S. (2013). *Information dashboard design: Displaying data for at-a-glance monitoring* (2nd ed.). Analytics Press.

Fraden, J. (2016). *Handbook of modern sensors: Physics, designs, and applications* (5th ed.). Springer.

González, B. (2019, julio 3). Principales problemas ambientales en México. *Ecologiaverde*. <https://www.ecologiaverde.com/principales-problemas-ambientales-en-mexico-1766.html>.

Goromosov, M. S. (1968). *The physiological basis of health standards for dwellings*. World Health Organization.

Groover, M. P. (2015). *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing* (4th ed.). Pearson.

Hendrick, H. W., & Kleiner, B. M. (2001). *Macroergonomics: An introduction to work system design*. Human Factors and Ergonomics Society.

HiveMQ GmbH. (2023). *HiveMQ Cloud: Managed MQTT broker as a service*. HiveMQ. <https://www.hivemq.com/mqtt-cloud-broker/>.

Hola Laika. (2024). *LK32 Expansion Board Datasheet*. <https://holalaika.com/board/LK32/#about>.

International Ergonomics Association. (2018). *Definition and domains of ergonomics*. <https://iea.cc>.

IPCC. (2023). *Climate change 2023: Synthesis report*. Intergovernmental Panel on Climate Change.

ISO 9241-210:2019. *Ergonomics of human-system interaction: Human-centred design for interactive systems*.

ISO 7730. *Ergonomics of the thermal environment: Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*.

ISO 16000-6. *Indoor air, Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air*. ISO.

ISO/IEC 20924. *Information technology, Internet of Things (IoT): Vocabulary*. International Organization for Standardization & International Electrotechnical Commission.

ISO/IEC 22989. *Artificial intelligence: Concepts and terminology*. International Organization for Standardization & International Electrotechnical Commission.

Jiménez, S. G. P. (s. f.). *Funcionamiento de la estructura básica del Centro Federal de Conciliación y Registro Laboral*. Operation of the basic structure of the Federal Center for Labor Conciliation and Registration. En *Nuevo modelo de justicia laboral en México: A un año de su implementación* (p. 8).

Kurniawan, A. (2018). *Getting started with ESP32 development: IoT projects with Arduino, ESP-IDF, and LuaRTOS*. Packt Publishing.

- Laravel. (2023). Laravel: The PHP Framework for Web Artisans. <https://laravel.com/>.
- Lee, J., & Kim, H. (2020). Evaluation of indoor air quality monitoring sensors for smart building applications. *Sensors*, 20(23), 6898. <https://doi.org/10.3390/s20236898>.
- Lowther, S. D., Dimitroulopoulou, S., Foxall, K., Shrubsole, C., Cheek, E., Gadeberg, B., & Sepai, O. (2021). Low level carbon dioxide indoors: A pollution indicator or a pollutant? A health-based perspective. *Environments*, 8(11), 125. <https://doi.org/10.3390/environments8110125>.
- Marzouk, M., & Atef, M. (2022). Assessment of indoor air quality in academic buildings using IoT and deep learning. *Sustainability*, 14(12), 7015. <https://doi.org/10.3390/su14127015>.
- Mitchell, T. M. (1997). *Machine learning*. McGraw-Hill.
- Munar, D. G. (2024, marzo 22). Los países más contaminados del mundo en 2023, según reconocido informe: así quedó Colombia. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/los-paises-mas-contaminados-del-mundo-en-el-2024-en-que-puesto-se-encuentra-colombia-3327252>.
- OASIS. (2019). MQTT Version 5.0. OASIS Standard. Recuperado de <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0>.
- OIT. (2013). *La conciliación y la mediación de conflictos laborales*. Organización Internacional del Trabajo.
- OIT. (2019). *Seguridad y salud en el trabajo*. Organización Internacional del Trabajo.
- OMS. (2010). *Entornos de trabajo saludables: Un modelo para la acción*. Organización Internacional del Trabajo.
- OMS. (2020). *Coronavirus disease (COVID-19): Situation report*. Organización Mundial de la Salud.
- PostgreSQL Global Development Group. (2023). *PostgreSQL: The world's most advanced open source relational database*. <https://www.postgresql.org/>.
- P. A. Bell, T. C. Greene, J. D. Fisher, and A. Baum, *Environmental Psychology*, 5th ed. Harcourt, 2001.
- RAE. (2023). *Audiencia*. En *Diccionario de la lengua española (23.ª ed.)*. Real Academia Española. <https://dle.rae.es/audiencia>.
- Rivas, M. de J. (2009). *Satisfacción y desempeño laboral de los docentes de las instituciones educativas adventistas de la Asociación Oriental y Misión Paracentral de El Salvador [Tesis de maestría, Universidad de Montemorelos]*. Universidad de Montemorelos.
- ROHM. (2011). BH1750FVI digital light sensor IC for I<sup>2</sup>C bus interface. ROHM Semiconductor. <https://www.rohm.com>.
- Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach (4th ed.)*. Pearson.
- Santana Andrade, A. N. (2022). *Prototipo móvil IoT para la predicción de la calidad del aire a través de machine learning [Tesis de maestría]*.

- Satish, U., Mendell, M. J., Shekhar, K., Hotchi, T., Sullivan, D., Streufert, S., & Fisk, W. J. (2012). Is CO<sub>2</sub> an indoor pollutant? Direct effects of low-to-moderate CO<sub>2</sub> concentrations on human decision-making performance. *Environmental Health Perspectives*, 120(12), 1671–1677. <https://doi.org/10.1289/ehp.1104789>.
- Sensirion. (2023). SHT3x humidity and temperature sensor. Sensirion AG. <https://sensirion.com/sht3x>.
- Servicio Meteorológico Nacional. (s.f.). Resúmenes mensuales de temperaturas y lluvia. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>.
- Stokols, D. (1978). Environmental psychology: Annual review of psychology. *Annual Review of Psychology*, 29, 253–295.
- STPS. (2019). Ley Federal del Trabajo. Diario Oficial de la Federación. Secretaría del Trabajo y Previsión Social.
- STPS. (2023). Guía técnica para la adecuación ergonómica de espacios laborales. Secretaría del Trabajo y Previsión Social.
- Torres, Y. (2022, enero 7). OMS oficializa el síndrome del burnout como una enfermedad de trabajo. *Medicina y Salud Pública*. <https://medicinaysaludpublica.com/noticias/salud-publica/oms-oficializa-el-sindrome-del-burnout-como-una-enfermedad-de-trabajo/12348>.
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2016). *Product design and development* (6th ed.). McGraw-Hill Education.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). (s. f.). Introduction to indoor air quality. <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/introduction-indoor-air-quality>.
- Vargas-García, C. (2024). Smart IoT campus: Creación de un ecosistema de Internet de las Cosas en el edificio Docencia 1 de la UT de Tijuana usando ThingsBoard [Investigación básica y aplicada, Universidad Tecnológica de Tijuana].
- Vega, T. D. J. V., Balderas, V. V., Montiel, E. A., Córdova, L. E. B., & González, E. V. (2018). La satisfacción laboral y su influencia en la productividad. *Teuken Bidikay: Revista Latinoamericana de Investigación en Organizaciones, Ambiente y Sociedad*, 9(13), 129–153.
- Wickens, C. D., Hollands, J. G., Banbury, S., & Parasuraman, R. (2015). *Engineering psychology and human performance* (4th ed.). Psychology Press

## Glosario

### A

**Ambiente físico:** Conjunto de condiciones materiales y ambientales del espacio en el que se desarrollan las actividades humanas, incluyendo factores como la temperatura, la humedad, la iluminación, el ruido, la ventilación, la disposición del mobiliario, y las características constructivas (OMS, 2010).

**Audiencias:** Espacios físicos destinados a la celebración de actos públicos, administrativos o judiciales, los cuales están diseñados para garantizar el orden, la comunicación efectiva y el desarrollo adecuado de las actividades institucionales (RAE, 2023).

**Automatización:** Uso de sistemas tecnológicos, dispositivos y software para ejecutar procesos, tareas o funciones de manera automática, es decir, con intervención humana mínima o nula, con el objetivo de incrementar la eficiencia, precisión, repetibilidad y confiabilidad de las operaciones (Groover, 2015).

### C

**Calidad ambiental:** Grado en que las condiciones del entorno satisfacen criterios de bienestar, salud, seguridad y confort de las personas, así como la sostenibilidad y equilibrio del medio ambiente (OMS, 2010).

**Cambio climático:** Variaciones significativas y de largo plazo en los patrones del clima, tales como la temperatura media, la precipitación, la frecuencia de eventos extremos y la circulación atmosférica, que pueden deberse a procesos naturales y a la actividad humana (IPCC, 2023).

**Capacidad cognitiva:** Conjunto de habilidades mentales que permiten a una persona procesar información, aprender, razonar, comprender, recordar y resolver problemas, así como adaptarse a diferentes demandas del entorno (Sternberg, 2012).

**CFCRL:** Centro Federal de Conciliación y Registro Laboral.

**CH4:** Metano.

**CO2:** Dióxido de Carbono.

**CO:** Monóxido de Carbono.

**Comportamiento térmico:** Respuesta térmica de un espacio, sistema o ambiente frente a las variaciones de las condiciones climáticas internas y externas, así como a la interacción entre factores como la temperatura del aire, la humedad relativa, la radiación térmica, la ventilación y las cargas internas (ISO 7730).

**Condiciones ambientales:** Conjunto de variables físicas y químicas del entorno que caracterizan un espacio determinado y que influyen directa o indirectamente en el confort humano, la salud, el bienestar y el desempeño de las actividades que se realizan en él (ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2020).

**Condiciones térmicas:** Conjunto de variables ambientales que determinan el estado térmico de un espacio y la sensación de confort o desconfort térmico percibida por sus ocupantes (ANSI/ASHRAE Standard 55-2020).

**Conflictos laborales:** Situaciones de desacuerdo, oposición o controversia que surgen entre trabajadores y empleadores, o entre grupos de trabajadores, como resultado de intereses divergentes relacionados con las condiciones de trabajo, la organización laboral, la aplicación de normas, los derechos y las obligaciones derivadas de la relación laboral (OIT, 2013).

**Confort ambiental:** Estado de bienestar físico y psicológico de las personas en relación con las condiciones del entorno en el que se encuentran, resultado de la interacción equilibrada entre variables ambientales como las condiciones térmicas, la calidad del aire, la iluminación y el ruido, así como factores personales y de actividad (ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2020).

**Confort térmico:** Condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico, resultado del equilibrio entre las condiciones ambientales y los factores personales (ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2020).

**Consensos:** Acuerdos colectivos alcanzados entre dos o más partes a partir de un proceso de diálogo, negociación y deliberación, en el cual se busca una posición común aceptable para todos los participantes, aun cuando no se represente la opción ideal para cada uno de ellos de manera individual (RAE, 2023).

**Convenio:** Acuerdo de voluntades entre dos o más partes, mediante el cual se establecen, modifican o extinguen derechos y obligaciones, con efectos jurídicos reconocidos por el ordenamiento legal (RAE, 2023).

**COVID-19:** Enfermedad respiratoria infecciosa causada por coronavirus SARS-CoV-2, identificada por primera vez en 2019. Se transmite principalmente a través de gotículas respiratorias y aerosoles, así como por el contacto cercano con personas infectadas (OMS, 2019).

## D

**Dashboard:** Herramienta de visualización que integra y presenta de forma gráfica, sintética y en tiempo real o casi real, los indicadores clave de desempeño y métricas relevantes de un sistema, proceso u organización (Few, 2013).

**Dataset:** Colección estructurada de datos relacionada con un fenómeno, sistema o proceso específico, organizada generalmente en filas y columnas, donde cada fila representa una observación y cada columna una variable (ISO/IEC 22989).

## E

**Entornos laborales:** Conjunto de condiciones física, organizacionales, sociales y ambientales en las que personas desarrollan sus actividades de trabajo, y que influyen directamente en su salud, bienestar, seguridad, desempeño y productividad (OIT, 2019).

## H

**HVAC:** Acrónimo en inglés de Heating, Ventilation and Air Conditioning (calefacción, ventilación y aire acondicionado), y se refiere al conjunto de sistemas y tecnologías destinados a regular las condiciones ambientales interiores de un edificio o espacio, controlado por variables como la temperatura, la humedad, la calidad del aire y la circulación del aire (ASHRAE Handbook).

## I

**IA:** Rama de la informática dedicada al diseño y desarrollo de sistemas capaces de realizar tareas que, cuando son ejecutadas por seres humanos, requieren inteligencia, tales como el aprendizaje, el razonamiento, la percepción, la toma de decisiones y la resolución de problemas (Russell & Norvig, 2021).

**IAQ:** Acrónimo en inglés de Indoor Air Quality (calidad del aire interior), se refiere al estado de características físicas, químicas y biológicas del aire dentro de espacios cerrados, y su impacto en la salud, el confort y el bienestar de los ocupantes (ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2020).

**Iluminancia:** Es la magnitud fotométrica que mide la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie determinada, indicando el nivel de iluminación presente en un espacio. Esta magnitud se expresa en lux (lx), unidad del Sistema Internacional que representa un lumen por metro cuadrado (CIE, 2018).

**IoT:** Acrónimo en inglés de Internet of Things (Internet de las Cosas), se refiere a una infraestructura de red que conecta objetos físicos o dispositivos inteligentes mediante tecnologías de comunicación, permitiendo que estos recolecten, intercambien y procesen datos a través de internet. Estos dispositivos suelen integrar sensores, actuadores, sistemas de comunicación y capacidades de procesamiento, lo que posibilita la monitorización, control y automatización de procesos en tiempo real (Atzori et al., 2010; ISO/IEC 20924).

## J

**Justicia laboral:** Conjunto de principios, normas, instituciones, y procedimientos orientados a garantizar la protección efectiva de los derechos y obligaciones derivados de las relaciones de trabajo, así como resolver de manera equitativa y oportuna los conflictos laborales entre trabajadores y empleadores (OIT, 2019).

## M

**Machine learning:** Subdisciplina de la inteligencia artificial que se centra en el desarrollo de algoritmos y modelos computacionales, capaces de aprender patrones a partir de datos y mejorar su desempeño en una tarea específica, esto sin ser programados explícitamente para cada paso (Mitchell, 1997).

## N

**NH3:** Amoníaco.

## O

**OMS:** Organización Mundial de la Salud.

## P

**PPM:** El término PPM (partes por millón) es una unidad de concentración utilizada para expresar la proporción de una sustancia presente en una mezcla, indicando cuantas partes de dicha sustancia existen por cada millón de partes del total (ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2020).

**Prototipo:** Modelo preliminar, físico o digital, desarrollado con el propósito de representar, probar y validar las características funcionales, técnicas o conceptuales de un producto, sistema o proceso antes de su implementación definitiva (Ulrich & Eppinger, 2016).

## R

**Rendimiento cognitivo:** Nivel de eficacia con la que una persona ejecuta procesos mentales tales como la atención, la memoria, el razonamiento, la comprensión, la toma de decisiones y la resolución de problemas, en respuesta a demandas específicas de una tarea o contexto determinado (OMS, 2010).

## S

**Salas de conciliación:** Espacios físicos institucionales destinados al desarrollo de procedimientos alternativos de solución de conflictos, en los cuales un conciliador imparcial facilita la comunicación entre las partes involucradas con el objetivo de alcanzar acuerdos (STPS, 2019).

**Salud ambiental:** Diciplina que estudia y gestiona los factores físicos, químicos, biológicos y sociales del ambiente que pueden influir en la salud y el bienestar de las personas, con el objetivo de prevenir enfermedades, reducir riesgos y promover entornos saludables (OMS, 2019).

**Sensores:** Dispositivos tecnológicos diseñados para detectar, medir y convertir magnitudes físicas, químicas o biológicas del entorno en señales eléctricas o digitales (Fraden, 2016).

**Smart:** El termino Smart (inteligente) se utiliza para describir sistemas, dispositivos o entornos que incorporan capacidades de percepción, procesamiento, conectividad y toma de decisiones, con el fin de adaptarse dinámicamente a su entorno y optimizar su funcionamiento (ISO/IEC 20924).

## T

**TVOC:** Acrónimo en inglés de Volatile Organic Compounds (Compuestos Orgánicos Volátiles Totales), es un indicador que representa la concentración total de compuestos orgánicos volátiles presentes en el aire. Los compuestos orgánicos volátiles (COV) son sustancias químicas que se evaporan fácilmente a temperatura ambiente y pueden provenir de diversas fuentes como materiales de construcción, pinturas, productos de limpieza, adhesivos, muebles, equipos electrónicos y actividades humanas (ISO 16000-6).