

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA

**EVALUACIÓN DE PARÁMETROS AMBIENTALES Y ERGONÓMICO EN EL
DEPARTAMENTO DE SALUD DE LA MUNICIPALIDAD DE TALCAHUANO**

Trabajo de Titulación para optar al Título
Profesional de INGENIERA EN PREVENCIÓN
DE RIESGOS LABORALES Y AMBIENTALES

ALUMNA:

Catalina Navarrete Burdiles

PROFESOR GUIA:

Víctor Lizama Molina

2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Evaluación de parámetros ambientales y ergonómicos en el departamento de salud de la municipalidad de Talcahuano

Nombre del candidato(a): Catalina Navarrete Burdiles

Carrera / Grado: Ingeniería en prevención de riesgos laborales y ambientales

Campus: Sede Concepción Departamento: Contrucción y prevención de riesgo

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Victor Lizama Robles, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO** contiene información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (marcar una opción):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 03/11/25

Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 03-11-2025

Firma: 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por darme fuerza en situaciones difíciles y bendecirme con la oportunidad de alcanzar una meta más en mi vida.

A mis hijos y nietos, que son la razón más grande de mi existir, mi motor y mi inspiración diaria. Cada uno de ustedes me ha enseñado el verdadero significado del amor incondicional, del esfuerzo y de la esperanza. Este logro es también suyo, porque en cada página de este trabajo hay un pedacito de las noches de desvelo, de los sacrificios compartidos y del amor que me impulsa a ser un mejor ejemplo para ustedes.

A mis compañeras, por su apoyo, cariño y compañerismo en cada paso del camino. Por las risas, las noches largas de estudio y por ser un elemento clave en esta aventura.

Y a mis profesores, por su paciencia, entrega y compromiso. Por habernos compartido sus conocimientos y haberme guiado con sabiduría para llegar hasta este momento tan significativo de mi carrera profesional.

Este logro no es solo mío, sino de todos aquellos que en mí creyeron, me alentaron y me acompañaron con cariño, fe y confianza.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo evaluar los parámetros ambientales y ergonómicos en la Dirección de Administración de Salud Municipal (DAS) de Talcahuano, analizando su relación con los síntomas musculoesqueléticos reportados por el personal. La investigación se desarrolló durante el año 2024 y consideró mediciones de dióxido de carbono (CO₂), material particulado (PM2.5, PM10), temperatura, humedad relativa, iluminación y velocidad del aire, junto con la aplicación del Cuestionario Nórdico.

Los resultados evidenciaron concentraciones de CO₂ superiores a los límites recomendados en algunas áreas, indicando deficiencias en la ventilación. Asimismo, ciertos espacios presentaron bajos niveles de iluminación y valores de humedad sobre el rango óptimo, lo que puede afectar el confort y la salud de los trabajadores. Los datos del Cuestionario Nórdico reflejaron molestias frecuentes en cuello, hombros y espalda baja, asociadas a posturas prolongadas y condiciones ambientales inadecuadas.

Se concluye que las condiciones ambientales influyen directamente en el bienestar y rendimiento del personal. Se proponen medidas correctivas orientadas a mejorar la ventilación, el control de partículas, la iluminación y la ergonomía de los espacios laborales, promoviendo entornos más saludables y productivos.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. CAPÍTULO I: ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	2
2.1. Formulación del Problema	2
2.2. Justificación e Importancia de la Investigación	3
2.4. Hipótesis.....	5
3. CAPÍTULO II: OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS.....	6
4. CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	7
4.1. Confort ambiental interior.....	7
4.2. Parámetros físicos.....	7
4.4. Iluminación en oficinas.....	12
4.8. Valor de referencia de la calidad del aire interior	13
5. CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA	14
5.2. Áreas de Medición	15
5.5. Instrumentos Utilizados.....	19
6. CAPÍTULO V: RESULTADOS DEL CUESTIONARIO NÓRDICO	36
7. CAPÍTULO VI: ANÁLISIS GENERAL DE LAS MEDICIONES REALIZADAS EN LA DAS DE TALCAHUANO.....	38
7.4. Ventilación y Movimiento del Aire	39
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE CONTROL.....	41
CONCLUSIÓN	43
REFERENCIAS.....	45

SIGLAS Y SISMOLOGÍA

CO₂ – Dióxido de Carbono

PM2.5 / PM10 – Material particulado de diámetro inferior a 2,5 µm / 10 µm

TME – Trastornos Musculoesqueléticos

CAI – Calidad del Aire Interior

DAS – Dirección de Administración de Salud Municipal

OMS – Organización Mundial de la Salud

OIT – Organización Internacional del Trabajo

INSST / INSHT – Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo / Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

ISP – Instituto de Salud Pública

DS 594 – Decreto Supremo N°594, Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas

Ley 16.744 – Normas sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales

°C – Grados Celsius (temperatura)

ppm – Partes por millón (concentración)

m/s – Metros por segundo (velocidad del aire)

lx (lux) – Unidad de iluminancia

% – Porcentaje

m³/h – Metros cúbicos por hora (caudal de aire)

µm – Micrómetro (micra)

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la relación entre la calidad de los espacios interiores y la aparición de síntomas como somnolencia, falta de concentración y problemas de salud es una realidad ampliamente documentada. En oficinas administrativas, como las de la Dirección de Administración y Servicios (DAS) de Talcahuano, esta problemática adquiere relevancia, ya que se trata de espacios donde los trabajadores pasan largas jornadas expuestos a condiciones ambientales que pueden afectar su bienestar y productividad.

En un reciente estudio realizado en las oficinas de la DAS Talcahuano, se midieron diversos parámetros ambientales como los niveles de dióxido de carbono (CO₂), temperatura, material particulado (PM2.5, PM5 y PM10), y luminosidad, entre otros. Estos indicadores son clave para evaluar la calidad del aire interior (CAI) y su impacto en la salud y el confort de los usuarios.

Los resultados de estas mediciones permiten visibilizar cómo una ventilación deficiente o inadecuada puede incrementar la concentración de contaminantes y generar un entorno laboral poco saludable. Además, la hermeticidad de los edificios modernos, diseñada para optimizar el uso energético, puede limitar la renovación de aire fresco, agravando la acumulación de contaminantes y afectando tanto la salud física como el rendimiento laboral.

Por lo tanto, garantizar una adecuada ventilación y control ambiental en estas oficinas no solo es esencial para proteger la salud de los trabajadores, sino también para mejorar su rendimiento y calidad de vida en el entorno laboral. Este análisis busca aportar información clave para la implementación de soluciones que permitan optimizar las condiciones de trabajo en las oficinas de la DAS Talcahuano.

2. CAPÍTULO I: ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1. Formulación del Problema

En la actualidad, existe un vínculo ampliamente documentado entre el uso de espacios cerrados —como oficinas, viviendas o lugares de trabajo— y la aparición de síntomas y molestias que afectan la salud y el bienestar de las personas. Este fenómeno, conocido como la "mala calidad del aire interior" (CAI), puede generar efectos negativos a corto y largo plazo en los ocupantes de estos espacios. Según la OIT (Organización Internacional del Trabajo) los ocupantes de espacios cerrados pasan entre un 58 y 78% de su tiempo al interior de edificios, los cuales se encuentran contaminados en menor o mayor grado.

De acuerdo con la normativa ASHRAE (1988), un ambiente interior adecuado es aquel en el que no existen distracciones ni molestias físicas o mentales que interfieran con las actividades de los ocupantes. Entre los principales contaminantes que afectan la CAI se encuentra el dióxido de carbono (CO_2), el cual, cuando supera concentraciones de 800 ppm o más, puede generar efectos adversos como fatiga, somnolencia, cefalea, ansiedad y una sensación de "aire enrarecido". Estos niveles también son una barrera para el rendimiento cognitivo, especialmente en contextos laborales o académicos (del Campo y Mendivil, 2006; Martín y Mendivil, 2008).

En el caso de las oficinas de la DAS Talcahuano, las mediciones realizadas incluyeron parámetros clave como CO_2 , temperatura, material particulado ($\text{PM}_{2.5}$, PM_5 , PM_{10}) y luminosidad, entre otros. Estas mediciones reflejan cómo factores como el diseño del sistema de ventilación, el mantenimiento de los equipos, las fuentes contaminantes internas (materiales de construcción, mobiliario y uso de sustancias químicas), y la calidad del aire exterior influyen significativamente en las condiciones interiores.

Uno de los riesgos más comunes identificados en espacios cerrados es la exposición a partículas irritantes, infecciones o alérgenos, lo que puede desencadenar problemas de atención, disminución de las capacidades cognitivas, estrés y disminución del rendimiento laboral. Cuando estos síntomas afectan a más del 20% de los ocupantes, se

puede hablar del "Síndrome del Edificio Enfermo", según lo establecido en la literatura especializada.

En el contexto de las oficinas de la DAS, las condiciones inadecuadas de ventilación y los contaminantes presentes pueden tener un impacto directo en la productividad y la salud del personal. Por ello, resulta crítico evaluar y mejorar los sistemas de ventilación y control ambiental para garantizar un entorno seguro, saludable y productivo.

2.2. Justificación e Importancia de la Investigación

Las construcciones modernas en Chile, influenciadas por el uso intensivo de materiales sintéticos y el diseño que prioriza la eficiencia energética por sobre el bienestar ambiental, han generado un aumento de problemas de salud asociados a espacios cerrados. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el impacto de estas condiciones en los ocupantes es significativo. Además, Juan Luis Ramírez, PhD y presidente del Comité Tecnológico del Colegio de Arquitectos, señala que el 70% de las edificaciones chilenas presentan características asociadas al Síndrome del Edificio Enfermo, lo que evidencia la magnitud del problema a nivel nacional.

En este contexto, resulta crucial tomar medidas preventivas y correctivas para garantizar la salud y el bienestar de quienes ocupan estos espacios. La implementación de estas medidas no solo debe centrarse en mejorar las condiciones de habitabilidad, sino también en generar evidencia científica que permita comprender cómo las condiciones ambientales influyen en el desempeño laboral. En particular, en espacios como las oficinas de la DAS Talcahuano, la calidad del aire, el control de contaminantes y los niveles de confort térmico y lumínico son factores clave que afectan directamente la productividad y el bienestar de los trabajadores.

A nivel internacional, instituciones como el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) de España y la OMS han desarrollado metodologías y recomendaciones específicas para mejorar las condiciones ambientales en interiores.

Estas directrices ofrecen un marco valioso que puede ser adaptado e implementado en contextos locales, como en el caso de las oficinas de la DAS, para proponer medidas correctivas basadas en evidencia científica.

Esta investigación es importante porque aborda una problemática que afecta tanto la salud física como mental de los ocupantes de edificios modernos. Además, busca contribuir a la generación de conocimiento útil para implementar soluciones prácticas que mejoren las condiciones laborales y reduzcan los riesgos asociados al Síndrome del Edificio Enfermo. Al tomar medidas informadas, no solo se mejora la calidad del ambiente laboral, sino que también se promueve un enfoque sostenible en la gestión de espacios interiores.

2.3. Alcance

El alcance de este trabajo de investigación se centra en la caracterización de los parámetros ambientales presentes en las oficinas de la Dirección de Administración y Servicios (DAS) de Talcahuano. Este estudio tiene como objetivo identificar cuantitativamente el tipo y la concentración de estos parámetros, como dióxido de carbono (CO₂), material particulado (PM2.5, PM5 y PM10), temperatura, y luminosidad, entre otros, evaluando sus efectos potenciales sobre la salud y el rendimiento laboral de los trabajadores de estas dependencias.

A partir de los resultados obtenidos, se diseñará una serie de medidas de control orientadas a reducir las concentraciones de contaminantes y optimizar las condiciones ambientales. Estas medidas buscan no solo mitigar los riesgos para la salud, sino también mejorar el confort y la productividad de los empleados de la DAS. Este enfoque integral permitirá establecer lineamientos prácticos para la gestión ambiental en espacios laborales similares.

2.4. Hipótesis

Las condiciones ambientales presentes en las oficinas de la Dirección de Administración de Salud Municipal (DAS) de Talcahuano, específicamente en cuanto a calidad del aire, ventilación, iluminación y confort térmico, están relacionadas con la aparición de síntomas musculoesqueléticos en los trabajadores, detectados mediante la aplicación del Cuestionario Nórdico.

2.5. Delimitación del estudio

Este estudio se realizó en dependencias de la Dirección de Administración de Salud (DAS) de la comuna de Talcahuano, Región del Biobío, durante el año 2024. La investigación se enfocó exclusivamente en evaluar parámetros ambientales físicos (temperatura, humedad relativa, concentración de CO₂, material particulado fino PM2.5 e iluminación) en oficinas seleccionadas del recinto, y relacionarlos con la presencia de molestias musculoesqueléticas reportadas por los trabajadores, mediante la aplicación del Cuestionario Nórdico.

No se incluyeron factores psicosociales, evaluaciones médicas ni análisis ergonómicos posturales específicos. Los participantes fueron funcionarios administrativos, técnicos y profesionales que desarrollaban funciones en ambientes cerrados y se encontraban presentes en el lugar durante las jornadas de medición.

3. CAPÍTULO II: OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

Objetivo general

- Evaluar los parámetros ambientales y ergonómicos en la Dirección de Administración de Salud Municipal de Talcahuano y su relación con la salud musculoesquelética del personal.

Objetivos Específicos

- Evaluar las condiciones ambientales y ergonómicas en la Dirección de Administración de Salud de Talcahuano.
- Identificar síntomas musculoesqueléticos mediante el Cuestionario Nórdico en la oficina de prevención de riesgo en las dependencias de la DAS
- Promover medidas de control

4. CAPITULO III: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

4.1. Confort ambiental interior

El confort ambiental se define como el equilibrio entre los factores térmicos, acústicos, lumínicos y la calidad del aire, que determinan el bienestar de las personas en un espacio interior. Este concepto integra la interacción del individuo con el medio ambiente, considerando aspectos como temperatura, ventilación, iluminación y ruido, siendo clave para garantizar un entorno saludable y productivo. (Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, División de CYAD, Dpto. de Medio Ambiente para el Diseño).

La sensación de bienestar de los ocupantes no depende sólo de la calidad ambiental interior, sino que también, de hábitos, condición social y nivel cultural e incluso de criterios subjetivos debidos a diferencias de sensibilidad entre individuos. (RITE, 2002)

La ausencia de confort implica una sensación de incomodidad o molestia, ya sea por frío, calor, deslumbramiento, por exceso de ruido, por olores desagradables y por falta de iluminación, entre otros.

4.2. Parámetros físicos

El confort térmico es una de las principales condiciones que determinan el confort ambiental. Representa la salud de una persona como un equilibrio entre la temperatura y la humedad en un lugar específico. La importancia de evaluar los niveles de confort térmico surgió con el desarrollo de la tecnología de climatización, cuyo objetivo es precisamente garantizar el confort de las personas, lo que requiere métodos para evaluar en qué medida se alcanzan estos objetivos.

Los parámetros principales cuyo alcance influye en el confort térmico dentro de un espacio son los siguientes:

1. Temperatura del aire

También conocida como temperatura seca o temperatura de bulbo seco (TBS), este parámetro se refiere al aire que rodea el cuerpo y su valor indica el estado térmico. Aire a la sombra. Se recomienda mantener una temperatura interna de 20 a 23 grados centígrados en invierno, de 20 a 25 grados centígrados en verano y una humedad relativa de 40 a 60%. Las temperaturas superiores a 25°C pueden provocar dolores de cabeza y fatiga, mientras que las temperaturas inferiores a 18°C suelen provocar escalofríos y resfriados.

Estas temperaturas en la oficina tienen un margen de más menos un 10% de insatisfechos, la recomendación del INSHT

También es importante considerar que el confort térmico puede verse afectado por el calor radiante que ingresa a través de las ventanas, el calor metabólico asociado con las actividades en curso y en un grado subjetivo específico de cada individuo.

2. Humedad relativa

La humedad relativa se refiere a la relación entre la cantidad de vapor de agua contenida por kilogramo de aire y la cantidad máxima posible de vapor de agua a una temperatura específica. Se expresa como un porcentaje del vapor de agua presente en el aire dividido por la cantidad máxima de vapor de agua que puede contener a esa temperatura. La humedad relativa fuera del rango del 35 % al 65 % puede tener efectos nocivos para la salud, como:

La humedad excesiva puede causar:

- Fatiga, dolores de cabeza y mareos, especialmente cuando la humedad relativa es superior al 80 % y a altas temperaturas.
- Condiciones propicias para el crecimiento de microorganismos, Especialmente si hay condensación.
- Aumento de la liberación retardada de materiales de construcción, especialmente formaldehído y otros compuestos orgánicos volátiles.

Por otro lado, la baja humedad puede causar:

- Sequedad en ojos, nariz y garganta.
- Aumento de la electricidad estática.
- Aumento de la producción de ozono.

El Instituto de Medicina de EE. UU. concluyó a partir de varios estudios sobre enfermedades en zonas húmedas y la presencia de moho y bacterias que es menos común entre las personas que viven en zonas que no son excesivamente húmedas. En particular, hubo un aumento del 50 % en la frecuencia de los ataques de asma, un aumento similar en la frecuencia de la tos y un aumento del 52 % en la frecuencia de otros síntomas de las vías respiratorias superiores. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció un vínculo directo entre la humedad de los edificios y el riesgo de infecciones respiratorias, asma, bronquitis y rinitis alérgica en su publicación.

3. Velocidad del viento.

La velocidad del viento se refiere al movimiento del aire en el espacio. Este factor afecta la velocidad a la que el cuerpo pierde calor por convección, tasa que varía según la intensidad y velocidad del movimiento del aire. El control adecuado de la velocidad del aire es esencial para enfriar o calentar una habitación, lo que lo convierte en un parámetro muy valioso para gestionar eficazmente las condiciones ambientales interiores.

4. Dióxido de Carbono (CO₂)

El dióxido de carbono es un gas incoloro e inodoro que se forma en todos aquellos procesos en que tiene lugar la combustión de sustancias que contienen carbono, donde uno de los principales procesos de su generación en espacios interiores es el metabolismo de las personas.

Es una molécula con efecto asfixiante simple y actúa básicamente desplazando las moléculas de oxígeno del aire. A elevadas concentraciones (>30.000 ppm) puede causar dolor de cabeza, náuseas y dificultad para respirar. La velocidad media del aire (m/s) es: Verano 0,18 – 0,24; Invierno 0,15 – 0,20.

cabeza, mareos, somnolencia y problemas respiratorios. Sus efectos dependen de la concentración y tiempo de exposición frente a la sustancia.

Es un componente del aire exterior en el que se encuentra habitualmente a niveles entre 300 y 400 ppm, pudiendo alcanzar en zonas urbanas valores de hasta 550 ppm.

En ambientes interiores no industriales como son oficinas, escuelas y servicios en general, se pueden encontrar valores en promedio de hasta 2.000 ppm. Si se superan estos niveles puede deberse a una combustión incontrolada, en cuyo caso el riesgo para la salud puede no ser debido al dióxido de carbono sino a la presencia de otros subproductos de la combustión, principalmente el monóxido de carbono (NTP 549: El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1993)

La emisión de dióxido de carbono en la respiración humana está ligada a la de otros productos procedentes del metabolismo humano (agua, aerosoles biológicos, partículas, alcoholes, aldehídos, etc.) llamados bioefluentes y responsables de la carga de olor por ocupación humana de un local. Por ello, el nivel de concentración de dióxido de carbono en un ambiente interior puede tomarse, si no hay otras fuentes contaminantes, como indicador de la carga de olor existente debida a sus ocupantes. Para establecer valores de referencia se han realizado estudios con personas a distintas tasas de ventilación y aunque existen datos que sugieren que a 600 ppm los individuos más sensibles ya manifiestan quejas y molestias, en la práctica se acepta que no debe superarse una concentración de 1.000 ppm de dióxido de carbono con el fin de evitar problemas de olor y para que el aire sea considerado aceptable para aproximadamente el 80% de los visitantes del local. Los ocupantes adaptados, es decir los que llevan un cierto tiempo en el local, pueden no notar molestias, en términos de olor corporal, hasta que la concentración de dióxido de carbono supera 2.000 ppm.

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que el hecho de que no se superen en un local estos niveles de dióxido de carbono no garantiza la ausencia de compuestos de origen distinto a los ocupantes (materiales, productos de consumo, actividades, etc.) que puedan ser molestos o nocivos para la salud (NTP 549: El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1993)

Los valores límite que se consideran aceptables para el dióxido de carbono según diversas normas internacionales son:

- Límites de exposición profesional para agentes químicos: 5000 ppm.
- IT-IC 02: 5000 ppm
- UNE 100 011 91:1000 ppm
- ASHRAE (standard 62 – 1989):1000 ppm

De acuerdo con estimaciones respecto de las molestias de usuarios frente a diferentes concentraciones de CO₂, recogidas por la OMS, se puede establecer que, en 1000 ppm alrededor de un 20% de las personas ya presenta molestias propias de la presencia de este gas, percibiendo el aire como enrarecido, según datos de la tabla

Concentraciones de CO₂ (ppm)	500	1000	2000	3000	4000	5000
Porcentajes de insatisfechos (%)	5	20	37	48	56	63

Efecto de personas con molestias frente a diferentes concentraciones de CO en un espacio interior (Organización Mundial de la Salud)

4.3. Calidad del aire interior

Al igual que el aire exterior, el aire interior contiene una mezcla compleja y cambiante de contaminantes, como productos químicos, alérgenos y microorganismos de diversas fuentes descritos anteriormente. Aunque los efectos de estos contaminantes en la salud humana se han estudiado ampliamente, no siempre es posible sacar conclusiones sobre cómo funcionan sinérgicamente estas mezclas. De hecho, las interacciones entre diferentes sustancias químicas pueden producir efectos adversos mayores o menores que la suma de sus efectos individuales. La información sobre los efectos acumulativos de estos contaminantes en el aire interior sigue siendo limitada.

Evaluar los riesgos asociados con la exposición simultánea a múltiples contaminantes y sus efectos acumulativos rara vez es factible. Por ello, se recomiendan métodos de investigación específicos para analizar estos riesgos y su impacto en la calidad del aire interior. Además, según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1987), el dióxido de carbono (CO₂) se utiliza a menudo como indicador de la calidad del aire interior.

4.4. Iluminación en oficinas.

Una mala iluminación afecta la postura y puede causar cansancio en la vista, dolores de cabeza y malas posturas, sobre todo al usar pantallas o hacer trabajos que requieren mucha atención. El DS 594 exige más de 300 lux de luz para tareas administrativas. Si hay menos luz, baja la productividad y aumenta el riesgo ergonómico.

4.5. Trastornos Musculoesqueléticos.

Los TME son una gran causa de ausentismo y baja productividad. Surgen o empeoran por malas posturas, movimientos repetidos, esfuerzo físico y malas condiciones ambientales. Lo más común es sentir molestias en cuello, hombros, espalda y brazos.

4.6. Cuestionario Nórdico.

El Cuestionario Nórdico es una herramienta reconocida mundialmente para detectar síntomas musculoesqueléticos. Mide si hay molestias en el cuerpo en los últimos 12 meses y 7 días. Es fácil de usar, lo que lo hace útil para revisar si hay riesgos ergonómicos en el trabajo.

4.7. Marco legal aplicable.

La base legal de esta investigación se sustenta principalmente en:

- Código del Trabajo (Art. 184): obligación del empleador de proteger la salud de sus trabajadores.
- Ley N° 16.744: establece el marco de acción frente a enfermedades profesionales.
- DS N° 594/1999: regula condiciones sanitarias y ambientales básicas.
- Guías técnicas de ergonomía (ISP, NCh): orientan sobre prevención de TME.

4.8. Valor de referencia de la calidad del aire interior.

Varias organizaciones internacionales como la Organización Mundial de la Salud y el Consejo Internacional de Investigación Arquitectónica (CIBC) trabajan junto con organizaciones privadas como ASHRAE (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado) y algunos países como Suecia, Se desarrollaron pautas de exposición en Estados Unidos, Canadá y Australia. y estándares. Desde mediados del siglo XVIII Se reconoce que el aire interior necesita renovarse introduciendo una cantidad mínima de aire fresco por persona, lo que puede diluir las emisiones biológicas humanas y evitar las molestias causadas por olores desagradables.

En la década de 1970, ASHRAE publicó varios estudios recomendando un aporte mínimo de 34,8,5 metros cúbicos/hora por persona para evitar olores desagradables y un mínimo absoluto de 8,5 metros cúbicos/hora para eliminar dióxido de carbono. Las concentraciones se mantienen por debajo de 2500 ppm, lo que es la mitad del límite permitido en un ambiente de trabajo. La última norma ASHRAE 62-1989 recomienda un mínimo de 25,5 metros cúbicos/hora por persona en las aulas, 34 metros cúbicos/hora por persona en oficinas y 42,5 metros cúbicos/hora por persona en hospitales (salas). La norma también recomienda que estos volúmenes se aumenten cuando la dispersión del aire en la zona de respiración sea un problema o estén presentes fuentes inusuales de contaminación.

5. CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

5.1. Descripción del lugar

El estudio de calidad Se llevó a cabo en el departamento de administración de salud municipal de Talcahuano (DAS), ubicada en Bulnes N° 266 Talcahuano, con sus oficinas Droguería Comunal (ubicada en Sargento Aldea 250 Talcahuano) y Óptica Municipal (ubicada en Blanco Encalada 1102 Talcahuano).



Imagen N°1 ubicación satelital de la DAS (Google maps)

Los edificios son modernos y albergan pequeñas oficinas para la atención al paciente y la gestión de servicios. El espacio cuenta con ventilación mecánica.

5.2. Áreas de Medición

Para el proceso de medición en el estudio de calidad de aire en la Dirección de Administración de Salud Municipal (DAS) de Talcahuano, y sus oficinas anexas (la Droguería Comunal y la Óptica Municipal, se estableció un criterio de selección basado en la evaluación de áreas con menor flujo de aire. Esta selección considera que los pasillos y áreas comunes de estos edificios son las principales fuentes de ventilación durante gran parte del año.

La estrategia de medición consiste en registrar la velocidad promedio del aire, temperatura y concentración de CO₂, para identificar las zonas con menor renovación de aire. Estas áreas se consideran más propensas a la acumulación de contaminantes, y por lo tanto, representan escenarios críticos para el estudio de la evolución de parámetros ambientales

Se obtuvieron registros de velocidad del aire (m/s), temperatura y dióxido de carbono (CO₂) de las oficinas y áreas de trabajo seleccionadas en las siguientes ubicaciones:

1. Oficinas de la DAS

- Oficina de prevención
- Oficina de arquitectura
- Oficina central

2. Droguería Comunal en Sargento

- Bodega
- Oficina de fraccionamiento
- Sala químico farmacéutico
- Sala de venta

3. Óptica Municipal

- Box de oftalmología
- Recepción
- Sala de espera
- Box exámenes

5.3. Medición de parámetros

Se realizan mediciones de parámetros indicadores de la calidad del aire en las dependencias de la Dirección de Administración de Salud Municipal (DAS), así como en sus oficinas anexas: la Droguería Comunal y la Óptica Municipal. El objetivo es obtener los valores de las siguientes variables:

- Velocidad del aire
- Temperatura
- Humedad relativa
- Dióxido de carbono (CO₂)

Los parámetros mencionados se medirán, durante la actividad normal, con el personal presente en sus actividades de trabajo. Esto permitirá evaluar la calidad del aire en condiciones reales de ocupación, proporcionando información valiosa para optimizar y asegurar un ambiente saludable.

5.4. Estrategia de Muestreo y Ubicación de Instrumentos de Medición

Para obtener datos precisos sobre la calidad del aire y las condiciones ambientales en las instalaciones de la Dirección de Administración de Salud Municipal (DAS) de Talcahuano y sus oficinas anexas, se implementó una estrategia de muestreo que considera la colocación de instrumentos de medición en puntos estratégicos de cada edificio. Estos puntos fueron seleccionados para representar de manera adecuada las condiciones de ventilación y acumulación de contaminantes en las áreas de trabajo, zonas de espera, box de atención y pasillos.

1.- Criterios de Selección de Puntos de Medición

- Flujo de aire: Se priorizaron las zonas con baja ventilación natural (pasillos cerrados o áreas de trabajo sin ventanas al exterior) donde se podría acumular CO₂ y otros contaminantes.
- Ocupación: Se eligieron áreas de alta ocupación o uso frecuente, como las zonas de trabajo principal, áreas de espera y pasillos conectores, para medir la calidad del aire.



Imagen N°2 pasillo Droguería (creación propia)

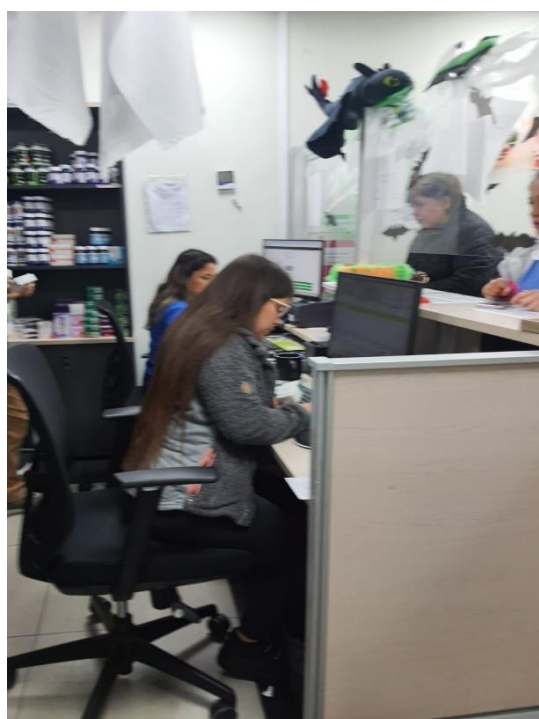


Imagen N°3 sala de venta Droguería (creación propia)

2.- Distribución de Instrumentos de Medición

- Pasillos principales: En los pasillos de cada edificio (DAS, Droguería Comunal y Óptica Municipal).
- Entrada de áreas de trabajo y salas de espera: Se instalaron sensores de dióxido de carbono (CO₂) justo en las oficinas y áreas de espera para medir la concentración en puntos de mayor ocupación.

- Áreas internas sin ventilación directa: En estas zonas se ubicaron medidores de temperatura y humedad relativa para evaluar el confort térmico y la estabilidad de las condiciones ambientales en ausencia de ventilación directa.



Imágenes N°4,5,6 estantes de medicamentos en Droguería (creación propia)

3.- Frecuencia de Medición

- Las mediciones se registraron de forma continua a través de instrumentos de monitoreo digital durante 15 minutos por ambiente para obtener un perfil detallado de las fluctuaciones de calidad del aire y confort térmico a lo largo de la jornada laboral.

5.5. Instrumentos Utilizados

Luxómetro testo 545



Imagen N°7 luxómetro testo 545 (creación propia)

Luxómetro Testo 545 es un medidor digital de iluminancia preciso y fácil de usar, ideal para entornos laborales e industriales. Sus características principales incluyen:

- Rango de medición de 0 a 100,000 lux, con alta precisión.
- Conectividad Bluetooth con la App Testo Smart Probes para visualizar y exportar datos en tiempo real.
- Memoria interna para hasta 3,000 valores, permitiendo análisis de datos históricos.
- Diseño compacto y portátil, adecuado para uso en campo.
- Ideal para auditorías de iluminación y cumplimiento de normas en confort visual y seguridad en el trabajo.

Medidor de CO₂ Testo 440



Imagen N°8 Medidor de CO₂ Testo 440 (testo.com)

Es un kit completo de medición diseñado para evaluar la calidad del aire en interiores, especialmente en relación con la concentración de dióxido de carbono (CO₂), temperatura, y humedad. Este set es ideal para monitorear entornos laborales y verificar la ventilación en espacios cerrados.

Características del Set de CO₂ Testo 440:

Medición precisa de CO₂: Permite evaluar concentraciones de CO₂ en interiores en un rango de 0 a 5,000 ppm, con alta precisión.

Multifuncionalidad: Además de CO₂, mide temperatura y humedad relativa, proporcionando una evaluación completa de la calidad ambiental.

Pantalla digital clara: Muestra múltiples valores simultáneamente y facilita la interpretación de datos.

Sonda de CO₂ con Bluetooth: La sonda inalámbrica permite medir sin cables y conectarse a la unidad central a distancia, lo que facilita la movilidad.

Memoria y conectividad: Almacena datos y permite exportarlos para análisis posteriores y generación de informes.

Diseño portátil: Compacto y fácil de transportar, ideal para uso en campo o auditorías de calidad de aire.

Medidor de Velocidad Anemómetro Térmico Testo 405i



Imagen N°9 Medidor de Velocidad Anemómetro Térmico Testo 405i (creación propia)

Es una herramienta compacta y precisa diseñada para medir la velocidad del aire, caudal volumétrico y temperatura en sistemas de ventilación y climatización. Con tecnología de conexión inalámbrica, permite una visualización y análisis de datos en tiempo real a través de una app.

Características del Anemómetro Térmico Testo 405i:

Medición de velocidad de aire: Rango de 0 a 30 m/s, ideal para conductos de ventilación y sistemas HVAC.

Caudal volumétrico y temperatura: Permite calcular el caudal de aire y medir la temperatura ambiente en el sistema de ventilación.

Conectividad Bluetooth: Compatible con la App Testo Smart Probes para visualizar y registrar datos en tiempo real en dispositivos móviles.

Sonda telescópica: Extensible hasta 400 mm, facilita la medición en lugares de difícil acceso.

Portabilidad y facilidad de uso: Diseño compacto, ideal para técnicos en campo.

Medidor de partículas El PCE-PCO 2



Imagen N°10 Medidor de partículas El PCE-PCO 2 (creación propia)

Es un contador de partículas avanzado, diseñado para medir y analizar la concentración de partículas en el aire en una amplia variedad de entornos. Este dispositivo detecta partículas de diferentes tamaños, como PM1.0, PM2.5 y PM10, en un rango de detección de 0,3 a 10 micras, lo que lo hace ideal para evaluar la calidad del aire interior. Además, integra sensores para monitorear parámetros ambientales clave, como la temperatura, la humedad relativa y las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂). La información recopilada se muestra en tiempo real a través de una pantalla a color, lo que permite un análisis inmediato de las condiciones ambientales.

El equipo es ampliamente utilizado en aplicaciones relacionadas con la calidad del aire, incluyendo oficinas, hospitales, laboratorios y otros entornos donde la calidad del aire es crucial para la salud y la productividad. También es una herramienta valiosa en el monitoreo ambiental para identificar condiciones críticas de ventilación o acumulación

de contaminantes. Su capacidad de almacenamiento de datos permite registrar mediciones en intervalos programables, facilitando el análisis detallado y la generación de informes.

Por su portabilidad, precisión y versatilidad, el PCE-PCO 2 es esencial en estudios ambientales y de ergonomía, así como en la prevención de riesgos laborales relacionados con la calidad del aire. Su diseño compacto y fácil manejo lo convierten en una herramienta fundamental para profesionales dedicados al control ambiental y la seguridad ocupacional.

5.6. Cuestionario nórdico

El Cuestionario Nórdico es una herramienta ampliamente utilizada en el ámbito de la ergonomía y la salud ocupacional para evaluar la presencia y la intensidad de molestias musculoesqueléticas en los trabajadores. Fue desarrollado por investigadores de países nórdicos y se ha convertido en un estándar en la investigación sobre trastornos musculoesqueléticos (TME).

5.7. Características del Cuestionario Nórdico:

1.- Objetivo: Identificar y clasificar las molestias o dolores en diferentes partes del cuerpo en un periodo de tiempo específico (generalmente en los últimos 7 días o 12 meses)

2.- Formato: Generalmente, el cuestionario incluye una serie de preguntas que abordan:

- Localización del dolor (específica para diferentes partes del cuerpo).
- Intensidad del dolor.
- Frecuencia de las molestias.
- Dificultades para realizar tareas cotidianas debido a estas molestias.
- Tiempo perdido por causa de dolores.

3- Partes del Cuerpo Evaluadas: Se enfoca en áreas como cuello, hombros, espalda, codos, muñecas, manos, caderas, rodillas, tobillos y pies.

4- Uso: Se utiliza en estudios epidemiológicos, investigaciones sobre la eficacia de intervenciones ergonómicas y para la evaluación de riesgos en el entorno laboral.

5.8. Resultados de las mediciones

La evaluación ambiental realizada en las instalaciones de la Dirección de Administración de Salud Municipal (DAS) de Talcahuano tuvo como objetivo analizar parámetros clave que impactan la calidad del aire interior y el confort laboral. Mediante mediciones de dióxido de carbono (CO_2), temperatura, humedad relativa, velocidad del aire e iluminación, se buscó identificar áreas críticas y proponer mejoras para optimizar las condiciones laborales. Los resultados obtenidos ofrecen una visión integral del entorno, destacando tantas fortalezas

como desafíos relacionados con la ventilación, el confort térmico y la calidad ambiental en estos espacios.

5.9. Espacios donde se realizaron las mediciones

Oficina de la DAS

Oficina de prevención

Esta oficina tiene 2,4 metros de largo, 2,4 metros de ancho y una altura de 2,7 y en ella trabajan 3 personas.

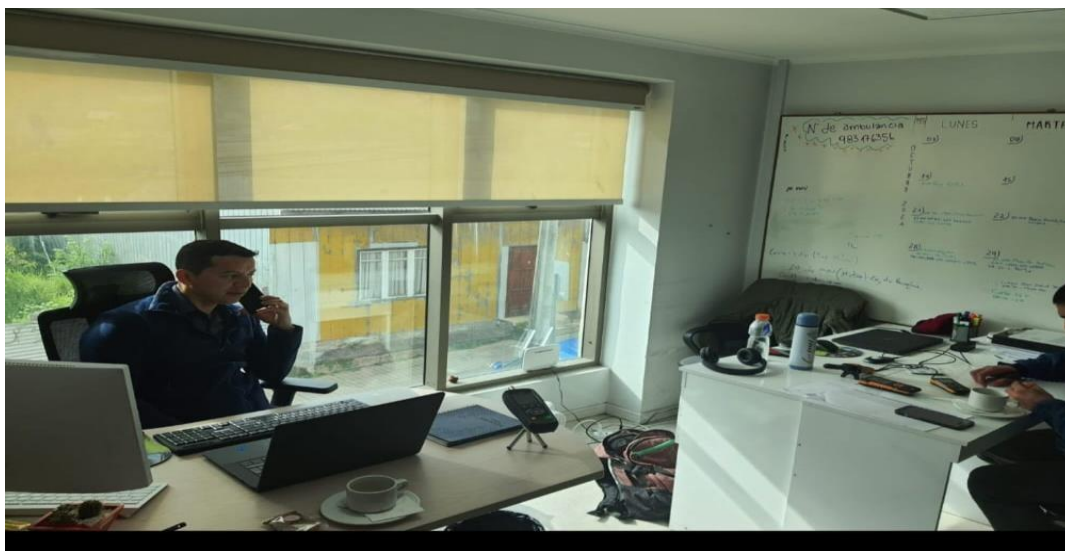


Imagen N°11 Oficina de prevención (creación propia)

Resultados obtenidos en la oficina de prevención

1. Anemómetro N°: 049
 - Temperatura promedio: 23,9 ° C
2. Material particulado
 - 0,3 um: 21.755
 - 2,5 um: 291
 - 10 um: 24
3. Medidor de CO2 (Testo 440):
 - CO2: 1.377 ppm
 - Humedad: 52,9 %

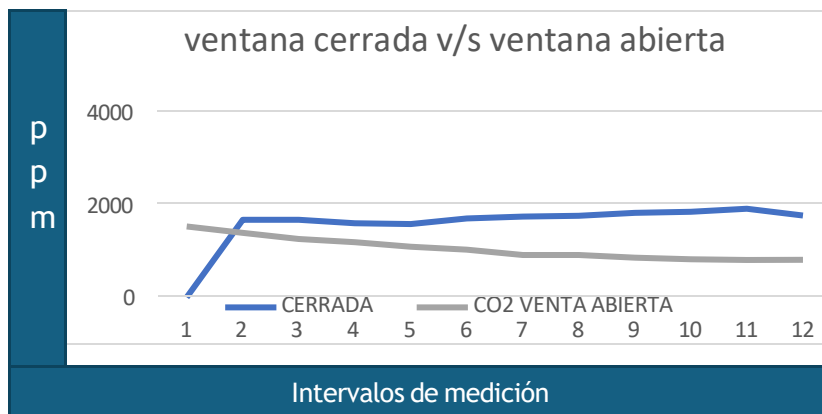


Gráfico de CO2 tanto con la ventana abierta y cerrada (creación propia)

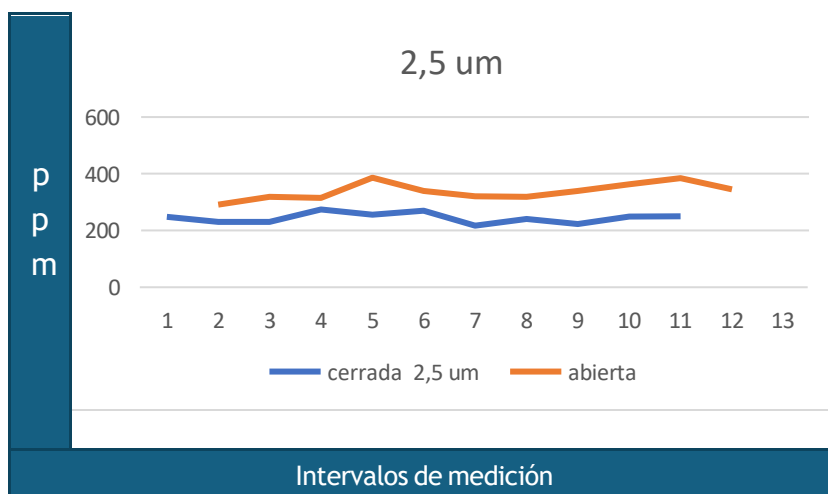


Gráfico de material particulado tanto con ventana abierta y cerrada (creación propia)

Análisis

La Oficina de Prevención, de 2.4 x 2.4 x 2.7 metros y con tres ocupantes, presenta desafíos en calidad ambiental:

- Temperatura: valor promedio es de 23.9°C, dentro del rango recomendado, adecuado para el confort térmico
- Material particulado de 2.5 um es de 291, que es un nivel alto que puede afectar la salud de los órganos. Respira y necesita acción. Acción Correctiva.
- Dióxido de carbono: 1377 ppm. Superar el límite de 1000 ppm indica ventilación insuficiente y supone un riesgo para la concentración y la salud.
- Humedad relativa: 52,9% está dentro del rango ideal (40-60%)., sin riesgos significativos.

Datos obtenidos en la oficina de arquitectura

Esta oficina tiene 8,03 metros de largo, 6,81 metros de ancho y una altura de 2,42 y en ella trabajan 5 personas



Imagen N°12 oficina de arquitectura (creación propia)

Resultados obtenidos en la oficina de arquitectura

1. Anemómetro N°: 049

- Temperatura promedio: 24,1° C

2. Material particulado

- 0,3 μm : 20.528
- 2,5 μm : 250
- 10 μm : 20

3. Medidor de CO2 (Testo 440):

- CO2: 947,4 ppm
- Humedad: 51,4 %

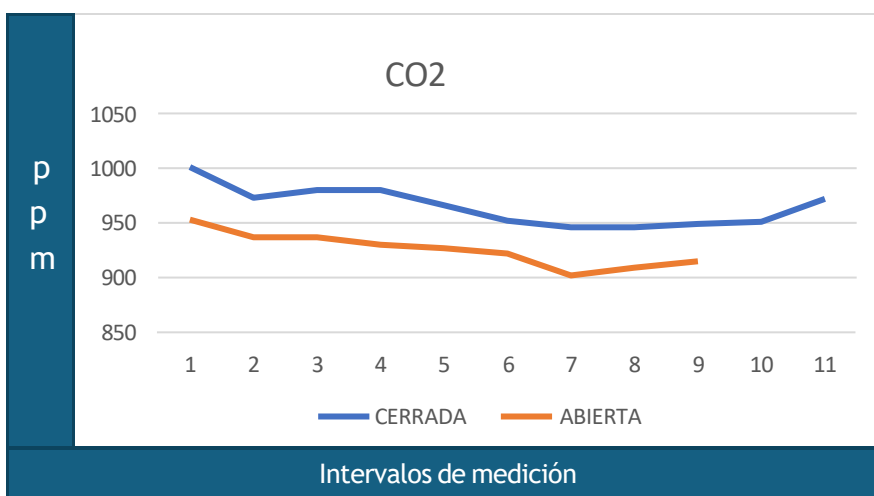


Gráfico de CO2 con ventanas abiertas y cerrada (creación propia)

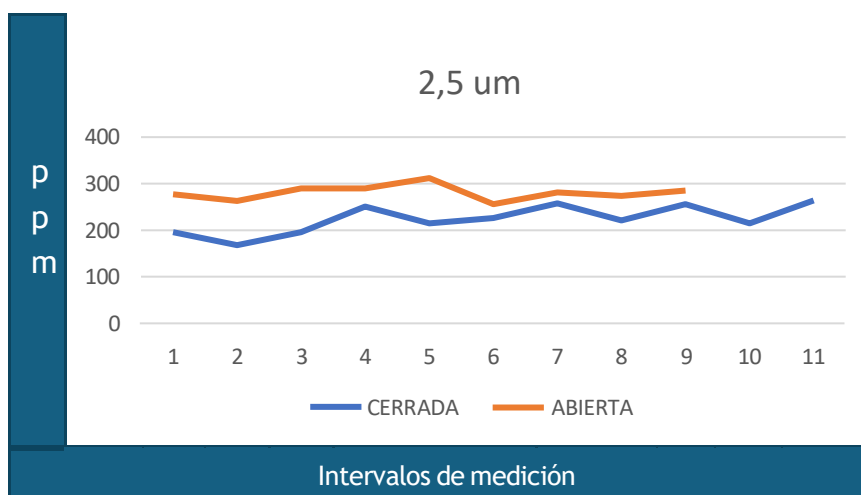


Gráfico de material particulado con ventanas abiertas y cerrada (creación propia)

Análisis de datos oficina de arquitectura

La oficina de 8.03 x 6.81 x 2.42 metros, con cinco ocupantes, presenta:

- Temperatura: Promedio de 24.1 °C, dentro del rango recomendado.
- Material Particulado: Niveles altos de PM0.3 (20.528 partículas) y moderados de PM2.5 (250 partículas), con riesgos para la salud respiratoria.
- CO₂: 947.4 ppm, cercano al límite de 1.000 ppm, indicando ventilación adecuada pero mejorable.
- Humedad: 51.4%, dentro del rango ideal (40-60%).

Datos obtenidos Box Oftalmológico

- 1- Anemómetro N°: 049
 - Temperatura promedio: 20.6 °C
- 2- Anemómetro N°: 719
 - Temperatura promedio: 20.8 °C
- 3- Anemómetro N° 879:
 - Temperatura promedio: 20,2 °C
- 4- Luxómetro 253:
 - Promedio: 386.7 lx
- 5- Medidor de CO₂ (Testo 440):
 - CO₂: 1952 ppm
 - Humedad: 67.1 %

Análisis:

- Temperatura: Las temperaturas son relativamente constantes y dentro de un rango cómodo para la mayoría de las actividades.
- Iluminación (Lux): El valor de 253 lx puede ser considerado bajo dependiendo de la actividad; el promedio de 386.7 lx sugiere que podría haber variaciones en la iluminación.
- CO₂: Un nivel de 1952 ppm es elevado y podría indicar una mala ventilación, ya que los niveles recomendados suelen ser inferiores a 1000 ppm para un ambiente saludable.

- Humedad: El 67.1 % puede ser considerado alto; niveles de humedad superiores al 60 % pueden contribuir a la incomodidad y al crecimiento de moho.

Datos obtenidos en sala de espera

- 1- Anemómetro N°: 049
 - Temperatura promedio: 19,6
- 2- Anemómetro N°: 719
 - Temperatura promedio: 20.2 °C
- 3- Anemómetro N° 879:
 - Temperatura promedio: 19,6°C
- 4- Luxómetro 253:
 - Promedio: 253 lx
- 5- Medidor de CO2 (Testo 440):
 - CO2: 517 ppm
 - Humedad: 60,7 %

Análisis:

- Temperatura: Las temperaturas promedio en la sala de espera (entre 19.6 °C y 20.2 °C) son cómodas y adecuadas para un ambiente de espera. Se encuentran dentro del rango óptimo para la comodidad de las personas.
- Iluminación (Lux): Un promedio de 253 lx es un poco bajo, ya que se recomienda que los niveles de luz en áreas de espera sean más altos para garantizar confort visual. Considera revisar la iluminación para mejorar la experiencia del usuario.
- CO2: Con 517 ppm, el nivel de CO2 es bastante aceptable. Se considera que niveles por debajo de 1000 ppm son seguros y saludables para la ocupación de espacios.
- Humedad: La humedad relativa del 60.7 % está en un rango moderado. Aunque es aceptable, niveles superiores al 60 % pueden favorecer el crecimiento de moho y otros problemas de confort. Un control adicional podría ser útil si se observan molestias.

Datos obtenidos en la recepción

- 1- Anemómetro N°: 049
 - Temperatura promedio: 20,7 °C
- 2- Anemómetro N°: 719
 - Temperatura promedio: 21.2 °C
- 3- Anemómetro N° 879:
 - Temperatura promedio: 20,7°C
- 4- Luxómetro 253:
 - Promedio: 406,8 lx
- 5- Medidor de CO2 (Testo 440):
 - CO2: 822 ppm
 - Humedad: 60,3 %

Análisis:

Temperatura: Las temperaturas en la recepción (entre 20.7 °C y 21.2 °C) son adecuadas y cómodas, lo que es positivo para el confort de los visitantes.

Iluminación (Lux): Un promedio de 406.8 lx es un nivel de luz adecuado para una recepción, ya que proporciona suficiente iluminación para las actividades cotidianas y mejora la experiencia visual.

CO2: Con un nivel de 822 ppm, el CO2 se encuentra dentro de un rango seguro. Aunque está por encima de los 400 ppm típicos de la atmósfera, sigue siendo aceptable para ambientes cerrados, donde niveles inferiores a 1000 ppm son ideales.

Humedad: La humedad del 60.3 % es moderada. Aunque es aceptable, se recomienda monitorear este nivel para evitar problemas de confort o desarrollo de moho, especialmente si se observa que el espacio se siente más húmedo.

Datos obtenidos en Box de exámenes

- 1- Anemómetro N°: 049
 - Temperatura promedio: 21,4 °C
- 2- Anemómetro N°: 719
 - promedio: 21,5 °C
- 3- Anemómetro N° 879:
 - Promedio: 21,1 °C
- 4- Luxómetro 253:
 - Promedio: 436,6 lx
- 5- Medidor de CO2 (Testo 440):
 - CO2: 923ppm
 - Humedad: 60,1 %

Análisis:

Temperatura: Las temperaturas en el box de exámenes (entre 21.1 °C y 21.5 °C) son cómodas y apropiadas para un entorno de trabajo, favoreciendo el bienestar tanto de los pacientes como del personal.

Iluminación (Lux): Un promedio de 436.6 lx es un nivel adecuado de iluminación, que debería ser suficiente para realizar exámenes y procedimientos con claridad y sin fatiga visual.

CO2: Con 923 ppm, el nivel de CO2 es seguro y se encuentra por debajo del límite recomendado de 1000 ppm. Esto indica una buena calidad del aire en el espacio.

•Humedad: La humedad del 60.1 % es aceptable, aunque está cerca del límite superior. Es recomendable monitorear este nivel para prevenir la incomodidad y el crecimiento de moho.

Datos obtenidos en sala de venta

- 1- Anemómetro N°: 049
 - Temperatura promedio: 21,8 °C
- 2- Anemómetro N°: 719
 - Promedio: 22,5 °C
- 3- Anemómetro N° 879:
 - Temperatura promedio: 21,9 °C
- 4- Luxómetro 253:
 - Promedio: 347,6 lx
- 5- Medidor de CO₂ (Testo 440):
 - CO₂: 967ppm
 - Humedad: 59,0%

Análisis

Temperatura: Las temperaturas medidas por los anemómetros oscilan entre 21.8 °C y 22.5 °C, lo que sugiere un ambiente confortable para una sala de ventas. Esta estabilidad en la temperatura favorece la comodidad tanto de los clientes como del personal.

Iluminación (Lux): La media de iluminación es de 347.6 lx, lo cual está en el límite inferior de lo recomendado para espacios comerciales (300-500 lx). Si bien es suficiente, podría beneficiarse de una leve mejora para realzar la visibilidad de los productos y mejorar la experiencia de compra.

CO₂: La concentración de CO₂ registrada es de 967 ppm, un nivel que, aunque seguro, está cerca del umbral recomendado de 1000 ppm. Una ligera mejora en la ventilación sería beneficiosa para evitar que el CO₂ se acerque a niveles que puedan afectar la concentración y comodidad de los ocupantes.

Humedad: Con un valor de 59.0%, la humedad se encuentra dentro del rango recomendado para espacios interiores (40-60%), lo cual contribuye a un ambiente saludable y confortable.

Datos obtenidos en oficina de fraccionamiento

- 1- Anemómetro N°: 049
 - Temperatura promedio: 22,8 ° C
- 2- Anemómetro N°: 719
 - Promedio: 22,8 °C
- 3- Anemómetro N° 879:
 - Temperatura promedio: 22,4 °C
- 4- Luxómetro 253:
 - Promedio: 347,6 lx
- 5- Medidor de CO₂ (Testo 440):
 - CO₂: 766 ppm
 - Humedad: 59,0%

Análisis

Temperatura: Las temperaturas registradas (22.4 °C a 22.8 °C) son confortables y adecuadas para un entorno de oficina, proporcionando un ambiente favorable para el desempeño del personal.

Iluminación (Lux): La media de iluminación es de 347.6 lx, lo cual está en el límite inferior recomendado para espacios de trabajo de oficina (generalmente entre 300 y 500 lx). Aunque es suficiente, aumentar ligeramente la iluminación podría mejorar la visibilidad y reducir la fatiga visual en tareas que requieren precisión.

CO₂: El nivel de CO₂ es de 766 ppm, lo cual está por debajo del límite de 1000 ppm, lo que indica una calidad de aire aceptable. Sin embargo, una ventilación ligeramente mejorada podría contribuir a mantener la concentración de CO₂ en niveles más bajos, lo cual podría ser beneficioso para la concentración y el bienestar del personal.

Humedad: La humedad es de 59.0%, lo cual se encuentra dentro del rango recomendado (40-60%) para un ambiente de oficina, proporcionando un nivel óptimo de confort y bienestar.

Datos obtenidos en sala químico farmacéutico

- 1- Anemómetro N°: 049
 - Temperatura promedio: 22,8 ° C
- 2- Anemómetro N°: 719
 - Promedio: 22,7 °C
- 3- Anemómetro N° 879:
 - Temperatura promedio: 22,4 °C
- 4- Luxómetro 253:
 - Promedio: 323,2 lx
- 5- Medidor de CO₂ (Testo 440):
 - CO₂: 923 ppm
 - Humedad: 59,9%

Análisis

Temperatura: Las temperaturas registradas (de 22.4 °C a 22.8 °C) son adecuadas para el trabajo en una sala de laboratorio. Esta estabilidad favorece un ambiente cómodo para realizar tareas de precisión sin generar incomodidad.

Iluminación (Lux): El promedio de iluminación es de 323.2 lx, que está en el rango mínimo recomendado para una sala de laboratorio. Para tareas que requieren precisión visual, como la preparación de mezclas o inspección de materiales, podría ser ideal aumentar la iluminación a 400-500 lx para evitar la fatiga visual y mejorar la claridad.

CO₂: El nivel de CO₂ registrado es de 923 ppm, lo cual está por debajo del umbral de 1000 ppm, indicando una calidad de aire aceptable en la sala. Sin embargo, mejorar la ventilación podría ser beneficioso para mantener niveles de CO₂ aún más bajos, especialmente en un entorno donde la precisión es importante.

Humedad: La humedad se encuentra en 59.9%, un valor que está dentro del rango recomendado (40-60%) y es adecuado para este tipo de espacio, brindando un ambiente saludable sin riesgos de incomodidad o efectos negativos en los materiales.

Datos obtenidos en la bodega de farmacia

- 1- Anemómetro N°: 049
 - Temperatura promedio: 21,5 °C
- 2- Anemómetro N°: 719
 - Promedio: 20,2°C
- 3- Anemómetro N° 879:
 - Temperatura promedio: 20,1 °C
- 4- Luxómetro 253:
 - Promedio: 430 lx
- 5- Medidor de CO₂ (Testo 440):
 - CO₂: 615 ppm
 - Humedad: 57,0%

Análisis

Temperatura: Las temperaturas registradas oscilan entre 20.1 °C y 21.5 °C. Este rango es adecuado para una bodega de farmacia, ya que mantiene los productos almacenados a una temperatura estable y razonable para su conservación sin sobrecalentarse.

Iluminación (Lux): La iluminación promedio es de 430 lx, que es un nivel adecuado para una bodega. Este nivel permite suficiente visibilidad para tareas de organización y reabastecimiento de productos sin ser excesivo.

CO₂: La concentración de CO₂ es de 615 ppm, que es bastante baja y refleja una buena calidad del aire en la bodega. Este nivel indica una ventilación efectiva, lo cual es positivo para un espacio de almacenamiento, donde la acumulación de CO₂ podría afectar la conservación de ciertos productos.

Humedad: La humedad es de 57.0%, que está dentro del rango óptimo para una bodega (generalmente entre 40% y 60%). Este nivel es adecuado para preservar la integridad de los productos farmacéuticos.

6. CAPÍTULO V: RESULTADOS DEL CUESTIONARIO NÓRDICO

Este análisis de los datos recopilados mediante el Cuestionario Nórdico de Trastornos Musculoesqueléticos, el cual fue administrado a los trabajadores de la oficina de prevención de la oficina de la DAS.

El propósito fundamental de este análisis es precisar las áreas del cuerpo donde las molestias, el dolor o la incomodidad son más comunes durante los últimos 12 meses y la semana pasada, con el fin de dirigir las medidas preventivas en el campo de la ergonomía laboral y la salud en el trabajo.

6.1. Resultados generales

El cuestionario fue contestado por los trabajadores de la oficina de prevención de la dependencia de la DAS incluidos en el estudio. Los resultados revelan la proporción de empleados que dijeron haber sentido molestias o dolor en las diversas partes del cuerpo evaluadas.

En líneas generales, se nota que las áreas donde las molestias son más frecuentes son el cuello, los hombros y la zona lumbar, seguidas por las muñecas/manos y la parte alta de la espalda.

Estas zonas suelen verse afectadas en trabajos que involucran posturas estáticas por mucho tiempo, movimientos repetitivos, manejo de pesos o lugares de trabajo que no están bien adaptados ergonómicamente.

Seguidamente, se muestra un resumen detallado de los resultados más importantes observados:

Cuello: Alta presencia de molestias, ligadas a posturas prolongadas delante de pantallas o manipulación manual.

Hombros: Reportes frecuentes de dolor, que podrían estar relacionados con levantar los brazos o realizar esfuerzo físico repetidamente.

Espalda baja: Una de las zonas con mayor incidencia, asociada a posturas incómodas, levantar cosas o llevar una vida sedentaria.

Muñecas y manos: Reportes moderados, habituales en trabajos que requieren el uso constante de herramientas, equipos de oficina o maquinaria.

Rodillas y caderas: Menor presencia, aunque se dan en puestos que exigen estar de pie o caminar durante largos ratos.

6.2. Interpretación técnica

El análisis general muestra una tendencia clara hacia la afectación de las áreas cervicales, lumbares y de los miembros superiores, lo cual coincide con los factores de riesgo más comunes que se han documentado en la literatura ergonómica.

Estos hallazgos sugieren que las condiciones laborales podrían estar generando cargas físicas y posturales elevadas, especialmente en tareas que implican:

- Actividades repetitivas o monótonas.
- Movimientos que requieren alcanzar por encima de la altura del hombro.
- Posturas estáticas mantenidas durante largos períodos sin pausas activas.
- Espacios de trabajo mal diseñados o que carecen de ajustes ergonómicos.

Desde una perspectiva preventiva, identificar estas áreas críticas nos permite priorizar intervenciones enfocadas en corregir posturas, rediseñar estaciones de trabajo, incorporar pausas activas y rotar tareas.

7. CAPÍTULO VI: ANÁLISIS GENERAL DE LAS MEDICIONES REALIZADAS EN LA DAS DE TALCAHUANO.

7.1. Condiciones Generales

En general, las temperaturas registradas oscilaron entre 19.6 °C y 22.8 °C, dentro del rango recomendado de confort térmico (20-24 °C en invierno y 23-26 °C en verano). Este aspecto contribuye a un ambiente adecuado para las actividades laborales, aunque algunas áreas presentan valores cercanos a los límites superiores. La humedad relativa se mantuvo entre 57% y 67.1%, en su mayoría dentro del rango recomendado de 40-60%. Sin embargo, valores cercanos o superiores al 60% podrían favorecer el crecimiento de microorganismos y generar incomodidad en ciertos espacios.

7.2. Calidad del Aire Interior

Los niveles de dióxido de carbono (CO₂) variaron significativamente entre las áreas medidas. Mientras que espacios como la sala de espera y la bodega de farmacia mostraron niveles adecuados (<800 ppm), otras áreas, como el Box Oftalmológico (1952 ppm) y la Sala Químico Farmacéutico (923 ppm), presentaron concentraciones elevadas que indican problemas de ventilación. Niveles superiores a 1.000 ppm pueden afectar la concentración, provocar fatiga y aumentar la percepción de aire enrarecido.

7.3. Iluminación y Confort Visual

La iluminación promedio medida osciló entre 253 lx y 436 lx. Si bien algunos espacios cumplen con las recomendaciones mínimas para oficinas y áreas de trabajo (300-500 lx), ciertas zonas, como la sala de venta y el Box Oftalmológico, se encuentran en el límite inferior, lo que podría generar fatiga visual y reducir la productividad. Mejorar la iluminación en estas áreas puede optimizar tanto la experiencia laboral como la comodidad de los usuarios.

7.4. Ventilación y Movimiento del Aire

La velocidad del aire medida varió entre 0.15 m/s y 0.24 m/s, reflejando condiciones de ventilación moderadas, aunque en algunas áreas de alta ocupación esta ventilación podría ser insuficiente para garantizar una adecuada renovación del aire. Esto puede contribuir a la acumulación de contaminantes, como partículas finas y bioefluentes.

7.5. Análisis Cruzado: Cuestionario Nórdico y Condiciones Ambientales en la Oficina de Prevención de Riesgos

Para ver cómo interactuaban las respuestas del Cuestionario Nórdico con los datos ambientales de la Oficina de Riesgos, se hizo un análisis para conectar los dolores musculares de los empleados con las condiciones del lugar. Esto ayuda a entender cómo el ambiente físico afecta su salud en el trabajo.

7.6. Conexión entre dolores musculares y ambiente en la Oficina

En un espacio de unos 2,4 x 2,4 metros laboran tres personas en la Oficina de Prevención de Riesgos. Los tres dijeron tener dolores en cuello, hombros y espalda alta, según el Cuestionario Nórdico. Esto tiene que ver con estas condiciones ambientales medidas:

- Nivel de CO₂: 1377 ppm (más alto que el límite de 1000 ppm de ASHRAE), lo que muestra poca ventilación.
- Nivel de PM_{2.5}: 291 partículas (mucho material particulado fino en el aire).
- Humedad: 66%, un poco alta (lo ideal es 40–60%).
- Temperatura: 23,1 °C (bien, dentro de lo normal).
- Luz: 434 lux (ok, pero no se revisó si hay reflejos o sombras).

Estas condiciones crean un lugar cerrado, cargado y sin aire fresco, lo que puede causar cansancio, falta de atención y malas posturas por mucho tiempo, empeorando o causando dolores musculares.

Al juntar los datos, parece que los dolores de los empleados de la Oficina de Riesgos no solo vienen de malas posturas, sino también del aire del lugar. La poca ventilación y

mucha gente en poco espacio parecen ser claves. Se aconseja mejorar la ventilación, bajar las partículas en el aire y cambiar el diseño del lugar para que sea más cómodo.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE CONTROL

1. Mejora en la Ventilación

- Implementar sistemas de ventilación mecánica en áreas críticas como el Box Oftalmológico y la Oficina de Prevención, donde se registraron niveles elevados de CO₂ (>1.000 ppm).
- Aumentar la frecuencia de renovación de aire para mantener niveles de CO₂ por debajo de 800 ppm. Esto puede incluir el uso de extractores o renovadores de aire automáticos.
- Optimizar la ventilación natural, asegurando que ventanas y aberturas se utilicen estratégicamente durante las horas de mayor ocupación.

2. Control del Material Particulado

- Instalar filtros HEPA o purificadores de aire portátiles en áreas con altos niveles de PM0.3 y PM2.5, como la Oficina de Arquitectura.
- Realizar mantenimiento periódico del sistema de climatización para evitar la acumulación de partículas y garantizar su funcionamiento óptimo.
- Reducir fuentes internas de partículas, como el uso de impresoras o equipos que generan polvo, ubicándolos en espacios bien ventilados o cerrados.

3. Ajustes en la Iluminación

- Reemplazar luminarias actuales por luces LED ajustables de alta eficiencia que proporcionen niveles adecuados (300-500 lx) en áreas de trabajo como la Sala de Venta y el Box Oftalmológico.
- Asegurar una distribución uniforme de la iluminación, evitando sombras o áreas subiluminadas mediante la instalación de luminarias adicionales.

4. Control de Humedad

- Instalar deshumidificadores en áreas con niveles superiores al 60%, como el Box Oftalmológico, para prevenir el crecimiento de moho y microorganismos.
- Monitorear periódicamente la humedad y ajustar los sistemas de climatización para mantenerla entre 40-60%.

5. Monitoreo Continuo y Capacitación

- Establecer un plan de monitoreo regular con equipos adecuados para medir parámetros ambientales clave (CO₂, material particulado, temperatura, humedad e iluminación).

- Capacitar al personal en el uso adecuado de los sistemas de ventilación y en la identificación de condiciones ambientales que puedan afectar su bienestar.

6. Ergonomía y Diseño de Espacios

- Revisar la distribución de muebles y equipos para garantizar una adecuada circulación del aire y aprovechar al máximo la ventilación natural o mecánica disponible.
- Crear zonas específicas para actividades contaminantes, como la impresión, para minimizar su impacto en los espacios laborales principales.

7. Políticas de Mantenimiento Preventivo

- Implementar un cronograma de mantenimiento preventivo para sistemas de ventilación, climatización e iluminación.
- Realizar inspecciones periódicas para identificar problemas como obstrucciones en filtros o fallos en luminarias.

CONCLUSIÓN

El análisis realizado en las instalaciones de la Dirección de Administración de Salud Municipal (DAS) de Talcahuano, incluyendo sus oficinas anexas como la Droguería Comunal y la Óptica Municipal, evidenció aspectos clave sobre la calidad del ambiente laboral en términos de confort térmico, calidad del aire interior (CAI), iluminación y ventilación. Los resultados obtenidos permiten comprender cómo estos factores impactan en la salud y el desempeño del personal, destacando áreas críticas que requieren intervención para optimizar las condiciones laborales.

En primer lugar, las mediciones de temperatura demostraron una relativa estabilidad, con valores dentro del rango recomendado (20-24 °C en invierno y 23-26 °C en verano). Sin embargo, ciertos espacios, como la oficina de fraccionamiento y la sala química farmacéutica, registraron valores cercanos al límite superior, lo cual podría causar incomodidad en jornadas prolongadas. Este aspecto subraya la importancia de monitorear continuamente las condiciones térmicas para garantizar el confort de los trabajadores. Por otro lado, la humedad relativa, aunque en su mayoría estuvo dentro del rango aceptable (40-60%), presentó valores elevados en algunas áreas, como el Box Oftalmológico (67.1%). Estos niveles pueden favorecer el crecimiento de microorganismos y afectar tanto la salud del personal como la integridad de los materiales almacenados.

La calidad del aire, medida principalmente a través de la concentración de dióxido de carbono (CO₂), reveló deficiencias importantes en la ventilación de ciertos espacios. Áreas como el Box Oftalmológico y la sala química farmacéutica registraron niveles superiores a los 1.000 ppm, lo que supera el umbral recomendado para evitar molestias como fatiga, dificultad para concentrarse y percepción de aire enrarecido. Estas condiciones no solo afectan el bienestar físico de los ocupantes, sino que también pueden impactar negativamente en su desempeño cognitivo y productividad. Por el contrario, espacios como la sala de espera y la bodega de farmacia presentaron concentraciones significativamente más bajas (<800 ppm), evidenciando una ventilación más adecuada en estas zonas. Este contraste enfatiza la necesidad de evaluar y rediseñar los sistemas de ventilación en áreas críticas para garantizar una renovación de aire adecuada y constante.

En cuanto a la iluminación, se identificaron áreas con niveles por debajo de las recomendaciones mínimas para oficinas y espacios comerciales. Zonas como la sala de venta y el Box Oftalmológico, con valores de 347 lx y 386 lx respectivamente, se encuentran en el límite inferior del rango recomendado (300-500 lx). Esto puede generar fatiga visual y afectar la precisión en tareas que requieren alta concentración. Mejorar la distribución y la intensidad de la iluminación en estas áreas es una medida crucial para asegurar un entorno visualmente cómodo y funcional.

Finalmente, la velocidad del aire, que refleja la efectividad de la ventilación, mostró valores bajos en la mayoría de los espacios medidos (0.15-0.24 m/s), lo cual podría ser insuficiente para garantizar la adecuada dispersión de contaminantes. Esto es particularmente preocupante en áreas de alta ocupación, donde la acumulación de CO₂ y bioefluentes puede generar un ambiente poco saludable.

Aunque las instalaciones de la DAS cumplen parcialmente con las recomendaciones internacionales de confort ambiental y calidad del aire interior, existen áreas críticas que requieren intervención. Se recomienda implementar un plan integral que incluya mejoras en la ventilación mecánica, control de humedad, optimización de la iluminación y monitoreo continuo de las condiciones ambientales. Estas acciones no solo mejorarán el bienestar y la productividad del personal, sino que también contribuirán a reducir riesgos asociados a la exposición prolongada a condiciones ambientales desfavorables, promoviendo un entorno laboral más seguro y saludable.

REFERENCIAS

1. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (s.f.). Enciclopedia de la OIT: Capítulo 44. Calidad del aire interior. Recuperado de <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Enciclopedia+de+la+OIT:+Cap%C3%ADtulo+44.+Calidad+del+aire+interior>
2. Comunidad de Madrid. (2007). Guía de calidad del aire interior en edificios de oficinas. Madrid: Dirección General de Salud Pública. Recuperado de <https://www.madrid.org/bvirtual/BVCM020191.pdf>
3. Green Building Council España (GBCe). (2021). Calidad del aire y salubridad. Recuperado de <https://gbce.es/wp-content/uploads/2021/10/2.Calidad-del-aire-y-salubridad.pdf>
4. Carro Pérez, M. (2016). Higiene industrial. Editorial Tébar Flores. Recuperado de https://books.google.cl/books/about/Higiene_Industrial.html?hl=es&id=XliiDA_AAQBAJ
5. World Health Organization (WHO). (2009). WHO guidelines for indoor air quality: Dampness and mould. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. Recuperado de <https://www.who.int/publications/i/item/9789289013581>
6. Benedicto Alonso, A. (2021). Evaluación de la calidad del aire interior en un entorno laboral: estudio de caso. [Trabajo de Fin de Grado, Universidad Europea]. Recuperado de https://titula.universidadeuropea.com/bitstream/handle/20.500.12880/1779/TFG_BENEDICTO%20ALONSO_Andrea.pdf
7. Intertek. (s.f.). Indoor air quality testing and consulting services. Recuperado de <https://www.intertek.com/building/indoor-air-quality/>
8. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (2001). NTP 549: El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior. Recuperado de <https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/16-serie-ntp-numeros-541-a-575-ano-2001/ntp-549-el-dioxido-de-carbono-en-la-evaluacion-de-la-calidad-del-aire-interior>
9. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (1997). NTP 409: Contaminantes biológicos: criterios de valoración. Recuperado de <https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de->

[prevencion/12-serie-ntp-numeros-401-a-435-ano-1997/ntp-409-contaminantes-biologicos-criterios-de-valoracion](#)

10. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (s.f.). Agentes biológicos: Evaluación y control. Recuperado de https://www.insst.es/documents/94886/96076/agen_bio.pdf/f2f4067d-d489-4186-b5cd-994abd1505d9
11. Reynoso-Cuevas, L., Sosa-Echeverría, L. A., Martínez-Saldaña, M. C., & Mejía-Saavedra, J. (2011). Contaminación del aire interior y salud. *Salud Pública de México*, 53(5), 503–515. Recuperado de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342011000500015
12. Sensigent. (s.f.). Multi-sensor environmental monitor (MSEM). Recuperado de <https://www.sensigent.com/msem.html>
13. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN). (1988). Decreto Supremo N.º 594: Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. Recuperado de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=28650>
14. Ministerio del Trabajo y Previsión Social de Chile. (1968, 1 de febrero). Ley 16.744: Establece normas sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Recuperado de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=28650>