



INTERVENCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR EN UN CENTRO PARA PERSONAS CON PARÁLISIS CEREBRAL



TRABAJO FIN DE GRADO 2022/23

GRUPO D3

ALUMNO: LORENZO MOYÁ GUAL DE TORRELLA

TUTOR: SAMUEL DOMÍNGUEZ AMARILLO

ÍNDICE

0. ABREVIATURAS.....	6
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. ESTADO DE LA CUESTIÓN	13
2.1.LA ARQUITECTURA SANITARIA DEL SIGLO XX.....	15
2.2.NORMATIVA PARA RESIDENCIAS. CTE Y RITE.....	18
2.3.CALIDAD AMBIENTAL INTERIOR (IEQ)	20
2.4.CALIDAD DEL AIRE INTERIOR, CONFORTE TÉRMICO Y FUENTES DE CONTAMINACIÓN.....	22
3. HIPOTESIS.....	29
4. OBJETIVOS	33
5. METODOLOGÍA	37
5.1.DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO.....	40
5.1.1. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS.....	45
5.2.TAREAS.....	49
5.2.1.TAREA 1. CARACTERIZAR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE INTERIOR.....	49
• Tarea 1.1. Definir e identificar los parámetros para valorar la calidad del aire interior	49
• Tarea 1.2. Monitorización de parámetros interiores	51
• Tarea 1.3. Monitorización de parámetros exteriores.....	53
• Tarea 1.4. Análisis de datos obtenidos y comparación con los límites de referencia.....	54
• Tarea 1.5. Grupos de análisis de datos.....	55
5.2.2. TAREA 2. RELACIÓN LA CONTAMINACIÓN INTERIOR Y LA VENTILACIÓN DEL CENTRO.....	56
• Tarea 2.1 Protocolos de ventilación del centro.....	56
• Tarea 3.2 Evolución de los parámetros y su relación con la ventilación.....	56
6. RESULTADOS.....	59
7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	95
8. PROPUESTA.....	103
8.1. GUIA DE PARÁMETROS DE DISEÑO PARA UNA BUENA CALIDAD AMBIENTAL INTERIOR	105
8.2. INTERVENCIÓN	107
9. CONCLUSIONES.....	109
10. AGRADECIMIENTOS	115
11. BIBLIOGRAFÍA.....	117
A. ANEJOS.....	123
I. DATOS. MEDICIONES INTERIORES, CAMPAÑA DE MEDICIÓN EXTERIOR Y DATOS CONFORT TÉRMICO EXTERIOR.....	124
II. LISTADO DE FIGURAS	125
III. LISTADO DE GRÁFICAS.....	126
IV. LISTADO DE TABLAS	126





RESUMEN

RESUMEN

Las personas dependientes, como aquellas con discapacidades físicas o enfermedades crónicas, pueden enfrentar dificultades para moverse, comunicarse o realizar tareas diarias, lo que afecta su capacidad para garantizar una calidad ambiental interior óptima y puede tener consecuencias negativas para su bienestar y salud. Es fundamental que los espacios destinados a estas personas, como centros de día y residencias, aseguren su bienestar.

Por lo tanto, este trabajo se enfoca en estudiar la calidad ambiental interior de un centro especializado para personas con parálisis cerebral en Sevilla, específicamente en Dos Hermanas, que forma parte de la Confederación Española de Asociaciones de Atención a las Personas con Parálisis Cerebral (ASPACE). El enfoque principal se centra en un grupo de personas consideradas vulnerables debido a las particularidades de su enfermedad, quienes en la mayoría de los casos presentan limitaciones funcionales y mentales. Es de suma importancia crear un entorno confortable con una calidad ambiental interior adecuada para satisfacer las necesidades asistenciales de estos individuos.

Dado que se trata de un edificio existente donde ya se lleva a cabo la actividad, el objetivo general del trabajo es caracterizar los principales contaminantes interiores presentes en el centro. Se pretende evaluar y establecer una relación entre estos contaminantes y parámetros específicos, con el fin de determinar si los espacios utilizados para las actividades destinadas a personas vulnerables y con limitaciones funcionales ofrecen condiciones saludables. Además, se presenta una guía para crear espacios saludables a partir de este trabajo y se presenta una posible intervención en las salas del edificio en caso de ser necesaria

Palabras clave: ocupantes vulnerables, contaminación interior, calidad de aire interior, CO₂, TVOC, PM_{2.5}, confort térmico, HR, T.

ABSTRACT

Dependent individuals, such as those with physical disabilities or chronic illnesses, may face difficulties in mobility, communication, and performing daily tasks, which impairs their ability to ensure optimal indoor environmental quality and can have negative consequences for their well-being and health. It is crucial that spaces dedicated to these individuals, such as day centers and residences, ensure their well-being.

Therefore, this study focuses on investigating the indoor environmental quality of a specialized center for individuals with cerebral palsy in Sevilla, specifically in Dos Hermanas, which is part of the Spanish Confederation of Associations for Cerebral Palsy Care (ASPACE). The primary focus is on a group of individuals considered vulnerable due to the unique characteristics of their condition, who often experience functional and cognitive limitations. Creating a comfortable environment with appropriate indoor environmental quality is of utmost importance to meet the care needs of these individuals.

Since it involves an existing building where activities are already taking place, the overall objective of this study is to characterize the main indoor pollutants present in the center. The aim is to evaluate and establish a relationship between these pollutants and specific parameters to determine if the spaces used for activities targeting vulnerable individuals with functional limitations provide healthy conditions. Additionally, a guide for creating healthy spaces based on this study is presented, along with a potential intervention plan for the rooms in the building if necessary.

Keywords: vulnerable occupants, indoor pollution, indoor air quality, CO₂, TVOC, PM_{2.5}, thermal comfort, relative humidity (RH), T.

0.ABREVIATURAS

CO ₂	Dióxido de Carbono
PM _{2.5}	Material particulado fino
PM ₁₀	Material particulado grueso
TVOC	Todos los compuestos orgánicos volátiles
T	Temperatura
HR	Humedad relativa
OMS	Organización
ppm	Partes por millón
ppb	Partes por billón
IAQ	Calidad del aire interior
IEQ	Calidad ambiental interior
°C	Grados centígrados
Mm	Micrómetro/Micra
µm/m ³	Micra partido metro cúbico
CTE-DB-HS	Código Técnico de la Edificación. Documento Básico -Salubridad
RITE	Reglamento de las instalaciones Térmicas en Edificios



01

INTRODUCCIÓN

1.INTRODUCCIÓN

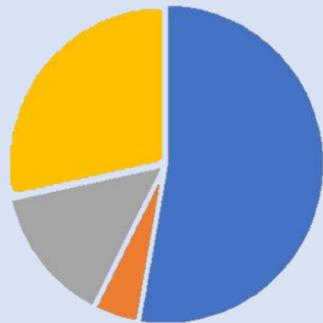
Las personas dependientes es grupo muy amplio y diverso, abarcando principalmente a los ancianos, pero también a aquellos que sufren enfermedades o han experimentado sucesos impactantes. Podemos definir a una persona dependiente como aquella que presenta limitaciones físicas, mentales, sensoriales o intelectuales, y requiere de la ayuda de otros para llevar a cabo sus actividades diarias. La dependencia puede variar en grado, desde una moderada en la que se necesita apoyo en ciertas actividades, hasta una dependencia total en la que se requiere asistencia constante de un cuidador.

Dado que muchas familias no pueden realizar por sí solas este tipo de cuidados, existen instituciones que ofrecen asistencia parcial o total a personas dependientes. En los casos en los que se requiere una ayuda completa, a menudo se recurre a una residencia asistencial.[1]

La residencia asistencial moderna, tal como la conocemos hoy en día, es un centro donde las personas viven de forma temporal o permanente, y en la mayoría de los casos son dependientes y requieren algún tipo de ayuda de terceros. Estas residencias ofrecen servicios integrales que incluyen alojamiento, manutención, atención psicosocial, rehabilitación, así como atención sanitaria y cuidados personales. En España, este tipo de residencias no surgió hasta finales del siglo XX. No obstante, a lo largo de la historia ha habido edificios con funciones asistenciales, muchos de ellos asociado a la religión. La arquitectura ha tenido que ir evolucionando y adaptándose para dar respuesta a los problemas [2].

En la actualidad, donde se han dejado de lado los parámetros de diseño arquitectónico saludable, lo que ha puesto de manifiesto la inadecuada situación de la calidad ambiental interior en los edificios. Se ha destacado la importancia de una mejor calidad del aire interior para reducir el riesgo de contagio de enfermedades transmitidas por vía aérea y la exposición a contaminantes, especialmente en grupos de personas más vulnerables.

Residencia privada



Residencia pública

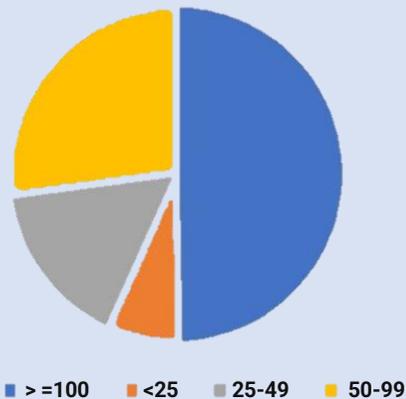


Figura 1. Porcentaje de plazas en centros residenciales en España, según tipo y tamaño. Fuente: Abellán A, Aceituno P, Ramiro D, et al. Estadísticas sobre residencias: distribución de centros y plazas residenciales por provincia. Datos de septiembre de 2020. Madrid: Informes Envejecimiento en Red; 27.

Por ejemplo, durante la pandemia de COVID-19, se observó que las residencias de mayores tenían tasas de mortalidad significativamente más altas para personas mayores de 65 años, hasta cinco veces más en comparación con la población general, según informes de Monitorización de la mortalidad en el SAAD publicados por el IMSERSO [3]-[5].

Que la tasa de mortalidad se multiplique tanto en las residencias de mayores esta atribuido a varios factores, según un artículo basado en residencias de mayores de España la mayor tasa de mortalidad por Covid-19 ha aumentado cuando más personas había, siendo uno de los principales factores explicativos de las rápidas propagaciones de enfermedades por vía respiratoria. Mas que por el número de personas, vendría caracterizado por el mal diseño interior de las residencias, debido a que, en vez de compartimentar, se han creado salas grandes, ocupadas por un grupo numeroso que ayudan a la propagación de enfermedades. También la falta de organización de los profesionales, debido a que no tienen una asignación fija y dificultando la compartimentación fija [6].

Actualmente la arquitectura se tiene que adaptar a estos problemas, creando zonas más sectorizadas y puntos de reunión para números de personas más reducidos, siempre contando con las instalaciones adecuadas. Ya han surgido modelos alternativos como puede ser en los países nórdicos que agrupan a los residentes de los centros en pequeñas unidades de convivencia (10-12 personas como máximo) o en Estados Unidos las viviendas Green House.

Otro grupo social muy afectado durante la pandemia, al cual se le puede extrapolar lo comentado anteriormente y no se le ha dado difusión han sido las personas con limitaciones funcionales, sean de origen física o mental, ya que experimentan una desventaja, incluidas barreras para acceder a la atención médica, aumento de la pobreza, menor empleo y niveles de educación más bajos, en comparación con la población general. Por ejemplo, La Oficina Nacional de Estadísticas de Inglaterra y Gales ha publicado dos tercios de las personas que murieron por COVID-19 vivían con discapacidad, y se estima que las personas con discapacidad tenían hasta 11 veces más probabilidades de morir de COVID-19 en los primeros dos meses de la pandemia en comparación con las personas sin discapacidad [7].

Con el presente trabajo nos enfocamos en el sector de las personas con parálisis cerebral, un grupo social que, a pesar de haber sido pasado por alto durante la pandemia, es numeroso, contando con más de 120.000 personas afectadas en España, según datos de ASPACE, la Confederación Española de Asociaciones de Atención a Personas con Parálisis Cerebral.

La parálisis cerebral es un conjunto de trastornos que afectan el movimiento, el equilibrio y la postura, y que resultan en limitaciones en la actividad. Estos trastornos están relacionados con alteraciones no progresivas que ocurren durante el desarrollo cerebral del feto o del lactante. Los signos y síntomas de la parálisis cerebral pueden variar ampliamente de una persona a otra, y pueden afectar a todo el cuerpo o estar limitados principalmente a una o dos extremidades, o a un lado del cuerpo. En general, los síntomas incluyen dificultades en el movimiento y la coordinación, el habla y la alimentación, así como en el desarrollo y otros aspectos. Esta enfermedad requiere una asistencia del 100% para la mayoría de los pacientes debido a las manifestaciones cognitivas comunes, como trastornos del habla y el lenguaje, problemas de aprendizaje y discapacidad intelectual, así como manifestaciones sensoriales, como problemas de visión, audición y percepción espacial. [8]

Es importante reconocer la importancia de brindar apoyo y asistencia integral a las personas con parálisis cerebral, ya que sus necesidades son complejas y requieren una atención especializada. A través de organizaciones como ASPACE, se promueve la atención, la inclusión y el bienestar de las personas con parálisis cerebral, trabajando para mejorar su calidad de vida y garantizar su plena participación en la sociedad.

El objetivo de este trabajo es estudiar la calidad del aire interior en un centro de día y residencia especializado en personas con parálisis cerebral, y examinar su relación con los parámetros de diseño actuales. También se busca encontrar soluciones para abordar este problema, incluyendo el desarrollo de una guía y el uso de sistemas de ventilación y climatización pasivos, en caso de ser necesario, para proporcionar un confort térmico y una calidad del aire óptimos, en cumplimiento con lo establecido en el Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE).



Figura 2. Logo ASPACE Andalucía. Fuente: página web oficial ASPECE Andalucía: [ASPACE](#)



02

ESTADO DE LA CUESTIÓN

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

2.1. LA ARQUITECTURA SANITARIA DEL SIGLO XX. LOS SANATORIOS

A lo largo de las diferentes épocas y culturas la mayoría de las religiones han tenido la función de dar servicios asistenciales o paliativos a las personas, pero fue a partir del siglo VI aparecen los primeros hospitales tal y como los entendemos hoy en día, que están impulsados por la caridad de algunas órdenes religiosas, como pueden ser los Franciscanos, Benedictinos y Dominicos. Los tratamientos se basaban en proporcionar descanso, calor, higiene y alimento, dejando de lado el aspecto científico de la medicina. Por ejemplo, las leproserías eran edificios rectangulares en forma de naves, siempre con una capilla que era el remate de la nave, donde más que tratar a los enfermos acogían a las personas desvalidas.

Ha mitades del S. XIV se desarrolló una epidemia conocida como la peste negra que duro hasta el s. XVIII, provocando la muerte de entre el 30% y el 60% de población de Europa. Durante esta época reciben importancia los lazaretos, que habían sido las primeras leproserías. Eran edificios en áreas apartadas, ubicadas usualmente en las afueras de las ciudades, donde las personas infectadas por la peste negra eran confinadas para evitar contagios y donde se separaban las personas según fecha de contagio. En el Renacimiento se introdujo una renovación de las formas arquitectónicas hospitalarias, dejando así los hospitales de parecer Iglesias. Solían disponer de cuatro salas alrededor de alrededor de un patio con un primer piso de soportales abierto al patio los cuales favorecían la ventilación y la iluminación. [9]

En el siglo XIX se crearon los primeros hospitales específicos para personas con problemas mentales con la intención de otorgarles un tratamiento médicos sin violencia y buscando sosegarlos y en 1926 se creó la primera escuela de Psiquiatría para el estudio y tratamiento de las enfermedades mentales.

En el siglo XIX, la tuberculosis emergió como una enfermedad devastadora y se convirtió en una de las principales causas de muerte, cobrando la vida de aproximadamente 4 millones de personas en Inglaterra entre 1851 y 1910. Antes del descubrimiento de los antibióticos, los médicos creían que un enfoque que incluía exposición al aire libre en altitudes elevadas, climas fríos, educación sobre higiene y aislamiento era el tratamiento más efectivo.



Figura 3. Sanatorio en West Midlands. Uno de los primeros sanatorios. Fuente: [The history of sanatoriums and surveillance | Wellcome Collection](#)



Figura 4. Un niño inválido en una silla de baño fuera de un chalet médico al aire libre. Fuente: [The history of sanatoriums and surveillance | Wellcome Collection](#)

Como resultado, los sanatorios experimentaron una evolución significativa a lo largo de la historia. Estos hospitales especializados se establecieron con el propósito de aprovechar los beneficios terapéuticos del aire "puro". Se ubicaban en entornos rurales para maximizar la exposición de los pacientes a la luz solar y al aire fresco, al mismo tiempo que los aislaban de la población general.

Con el avance de la medicina y el desarrollo de tratamientos más efectivos, como los antibióticos, la necesidad de sanatorios como lugares de aislamiento disminuyó. La atención médica se trasladó a hospitales generales y clínicas especializadas, y los sanatorios comenzaron a adaptarse para tratar otras enfermedades crónicas, como trastornos respiratorios, enfermedades mentales o enfermedades cardiovasculares.[10], [11]

Algunas características de diseño arquitectónico de los espacios de curación del siglo XX son:

- Orientación y ubicación: se ubicaban en áreas con un clima favorable para la recuperación de los pacientes, como zonas montañosas o costeras. Se prestaba atención a la orientación de los edificios para maximizar la exposición solar y aprovechar las vistas panorámicas.
- Distribución espacial: se buscaba crear un diseño que permitiera la separación y aislamiento de los pacientes para prevenir la propagación de enfermedades. Las habitaciones y áreas comunes se organizaban en función de las necesidades médicas y el flujo de pacientes y personal.
- Ventilación y luz natural: se implementaban grandes ventanas y balcones para permitir la entrada de aire fresco y la circulación natural. Además, se buscaba maximizar la entrada de luz natural para mejorar el estado de ánimo de los pacientes.
- Espacios al aire libre: amplias áreas verdes, jardines y patios para que los pacientes pudieran disfrutar del aire libre y beneficiarse de los efectos terapéuticos de la naturaleza.
- Privacidad y tranquilidad: las habitaciones se diseñaban de manera que permitieran aislamiento y descanso, evitando ruidos y distracciones innecesarias.

- **Accesibilidad:** se prestaba atención a la accesibilidad para garantizar que los pacientes con movilidad reducida pudieran desplazarse fácilmente por el sanatorio.

- **Infraestructura y servicios:** áreas de tratamiento, salas de operaciones, laboratorios y servicios de diagnóstico, entre otros.

- **Materiales y construcción:** en términos de materiales de construcción, se buscaban opciones que fueran duraderas, fáciles de limpiar y que promovieran un entorno higiénico.

Algunos de los sanatorios que han ayudado a este desarrollo han sido:

- El Sanatorio de Görbersdorf (fig. 5), construido en 1854, es considerado el pionero en el movimiento de los sanatorios. Estratégicamente ubicado en una zona montañosa a unos 650 metros sobre el nivel del mar, se aprovechaba del aire "puro y fresco". Se implementaban terapias basadas en el descanso, la dieta y el ejercicio al aire libre, siguiendo los principios de la época.[12]

- El Sanatorio de Clavadel (fig. 6), construido en 1900, fue uno de los primeros en adoptar un enfoque multidisciplinario en el tratamiento de la tuberculosis. Además de las terapias de descanso y la exposición al aire fresco, introdujo innovaciones como la terapia de luz solar, dando lugar a los conocidos "solariums".

- El Sanatorio de Bellevue (fig. 7), fundado en 1883 y dirigido por Ludwig Binswanger a partir de 1911, se destacó como uno de los primeros sanatorios en adaptarse al tratamiento de enfermedades mentales. Se implementó un enfoque humanitario y se introdujeron terapias innovadoras para tratar trastornos psiquiátricos.[13]

Debido a que no se puede comparar los parámetros de diseño arquitectónico de los Sanatorios con el diseño actual de las residencias analizaremos la normativa actual con el objetivo de si estos parámetros de diseño generan una buena calidad ambiental interior.



Figura 5. Sanatorio de Görbersdorf. Fuente: [Sanatorium G. - FRAGMENTS OF TIME \(fragments-of-time.com\)](https://www.fragments-of-time.com)



Figura 6. Sanatorio de Clavadel. Fuente: [Sanatorium Clavadel 1958 Sanatorium Clavadel 1958 Photo d'actualité - Getty Images](https://www.gettyimages.com)



Figura 7. Sanatorio de Bellevue. Fuente: [Pinterest](https://www.pinterest.com)

2.2. NORMATIVAS MÍNIMAS PARA RESIDENCIAS, CTE Y RITE

NORMATIVAS DE DISEÑO

Actualmente hay dos normativas que rigen la normativa para residencias, el ministerio del Sistema para la Autonomía y Atención a la Dependencia (SAAD) y la autonómica de cada comunidad, en este caso la de Andalucía [14], [15]. El SAAD siempre implementa las exigencias mínimas necesarias mientras las normativas autonómicas las hacen más restrictivas o igual. Por tanto, las características de diseño que consideramos son:

- Los centros para considerarse residencias en Andalucía tienen que contar al menos con una capacidad mínima para 30 personas usuarias y máxima para 180 personas.
- Centros residenciales con más de 60 plazas tendrán que dividirse en módulos de máximo 60 plazas. Cada módulo de dormitorios contara con sus correspondientes baños una zona con sala de estar, comedor y puesto de control.
- No podrán ubicarse los Centros Residenciales, Centros de Día (UED) y Centros de Noche (UEN) en edificios de viviendas, residenciales o de comerciales, salvo que ocupen la planta baja.
- Por lo menos el 10% de las habitaciones tienen que ser individuales. La capacidad máxima de un dormitorio será de 4 personas, procurándose que sean dobles o individuales.
- El tamaño mínimo de los dormitorios será de 12m² para habitaciones individuales y 18m² para habitaciones dobles. Espacio libre de 70 cm a un lado de la cama y frente a la cama.
- Se prohíbe expresamente su ubicación en sótanos y semisótanos y que tengan luz y ventilación natural y directas.
- Puertas de paso de un mínimo de 80cm y una altura libre mínimo de 2,70 metros.
- En las salas de estar o sitios comunes la superficie mínima es de 30 m², 2m² por usuario y se prohíbe su ubicación en sótanos y semisótanos.

Normativa ANDALUCÍA	
Tamaño del centro por plazas	Mín. 30 personas usuarias Máx. 180 personas usuarias
Modularidad. Unidades de convivencia	Módulos de un máximo 60 residentes. Cada módulo de dormitorios y baños correspondientes y de una zona de sala de estar, comedor y puesto de control
Ubicación	Salvo que ocupen planta baja no podrán ubicarse en los centros residenciales
Habitaciones tipo	10% de habitaciones individuales. Máx. 4 personas por habitación
Habitaciones tamaño	Individuales mín. 12m ² Colectivas mín. 18m ²
Tamaño de puertas	Mín. 80cm de ancho
Tamaño de puertas	Mín. 80cm de ancho
Salas de estar o comunes	Tamaño mín. 30m ² , 2m ² por usuario

Figura 8. Resumen normativas Andaluzas de diseño residencias. Fuente: autoría propia

NORMATIVA DEL CONTROL AMBIENTAL

La calidad ambiental interior está regida por dos normativas: el Código Técnico (CTE DB HS 3) para la zona de dormitorios, y el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios para el resto de las estancias. Ambas normativas tienen como objetivo asegurar condiciones adecuadas de calidad ambiental interior para su uso.

Según el CTE DB HS 3, los dormitorios deben contar con un caudal de ventilación mínimo de 8 l/s, ya sea mediante ventilación natural, híbrida o mecánica. En caso de ventilación natural, las aberturas de admisión y extracción deben tener una superficie mínima de 64 cm² cada una, y la superficie total de las aberturas hacia el exterior debe ser de 1/20 del área total del dormitorio.

Por otro lado, el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) establece requisitos para calefacción, refrigeración y ventilación en edificios destinados a personas. Las exigencias de bienestar e higiene están determinadas por la temperatura operativa y la humedad relativa, la calidad del aire interior, en este caso, siguiendo la categoría IDA 1 con un caudal de ventilación mínimo de 20 dm³/s, concentración máxima de CO₂ y filtración del aire exterior.

2.3.CALIDAD AMBIENTAL INTERIOR (IEQ)

La calidad ambiental interior (IEQ) se refiere a los factores que afectan la salud y productividad de las personas en entornos interiores. Está determinada principalmente por cuatro aspectos medibles y controlables: la calidad del aire interior y la ventilación (IAQ), el confort térmico, el confort visual y el confort acústico [16], [17].

El confort térmico es un parámetro al que los usuarios de un edificio otorgan gran importancia. Solo cuando las personas se sienten térmicamente cómodas, pueden desempeñarse al máximo. El confort térmico se puede dividir en dos aspectos:

- Temperatura: La temperatura ambiente debe ser adecuada y mantenerse dentro de un rango de confort para garantizar el bienestar de los ocupantes.
- Humedad relativa: La humedad debe mantenerse en un nivel óptimo para evitar la sequedad excesiva o la humedad excesiva en el aire, lo que puede afectar la comodidad y la salud de las personas.

La calidad del aire interior (IAQ) es otro aspecto crucial de la calidad ambiental. Se refiere a la medición de diversos parámetros que incluyen monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, compuestos orgánicos volátiles, oxígeno, ozono, amoníaco, velocidad del aire, formaldehído y niveles de contaminación por partículas. Estos factores influyen en la calidad del aire y pueden tener un impacto significativo en la salud y el bienestar de las personas. En este estudio en particular, nos centraremos en el dióxido de carbono, los compuestos orgánicos volátiles y el material particulado.

El confort visual se relaciona con el aprovechamiento de la luz natural diaria. La exposición adecuada a la luz del día es importante para el correcto funcionamiento del reloj biológico (ciclo circadiano) y para mantener niveles adecuados de energía física y mental durante el día. Dado que la mayoría de las personas pasan la mayor parte del tiempo en interiores, es fundamental diseñar los espacios para aprovechar al máximo la luz natural.

El confort acústico se refiere a la calidad del sonido en un entorno interior. El ruido no deseado puede tener efectos negativos en las personas, como el nerviosismo y la disminución de la concentración. El confort acústico implica crear un entorno interior que minimice el ruido no deseado y proporcione un ambiente adecuado para el propósito del edificio y la protección de sus ocupantes.

En resumen, la calidad ambiental interior abarca varios aspectos que incluyen la calidad del aire, el confort térmico, el confort visual y el confort acústico. Todos estos factores son importantes para garantizar la salud, el bienestar y la productividad de las personas en entornos interiores, aunque en este trabajo nos centraremos principalmente en los dos primeros parámetros.

2.4. CALIDAD DEL AIRE INTERIOR, CONFORTE TÉRMICO Y FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Es importante tener en cuenta los problemas asociados con una mala calidad interior y un mal confort térmico, especialmente en el caso de un centro para personas con parálisis cerebral, donde los efectos respiratorios representan un alto riesgo de mortalidad debido a la vulnerabilidad física de este grupo.

Esto nos lo corrobora un estudio que analizó y sintetizó más de 226 artículos publicados entre los años 2000 y 2017 en 29 países diferentes concluyó que unas buenas condiciones de calidad ambiental interior, mediante la reducción de contaminantes como el dióxido de carbono (CO₂), material particulado (PM) como PM_{2.5} y PM₁₀, dióxido de nitrógeno (NO₂) y compuestos orgánicos volátiles (COV), así como unas adecuadas condiciones higrotérmicas, benefician la salud respiratoria de los ocupantes y contribuyen a reducir enfermedades cardiorrespiratorias [18].

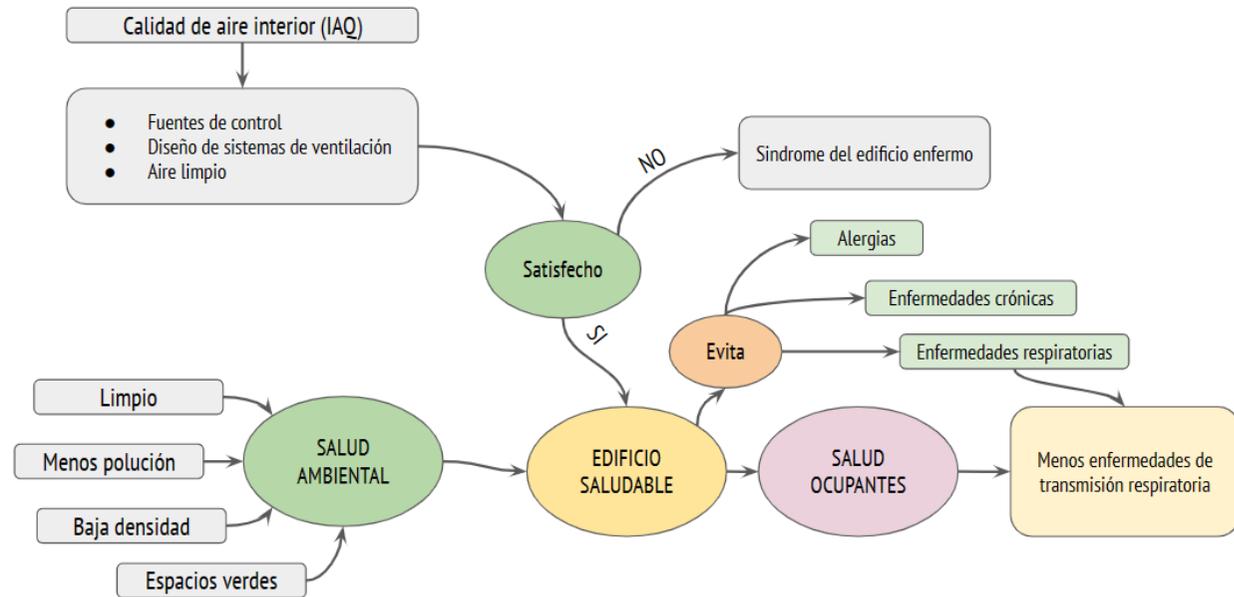


Figura 9. Las relaciones entrelazadas entre la salud ambiental y los impactos esperados en la salud humana. Fuente: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7661949/> y traducción propia.

En el ámbito de la calidad del aire interior (IAQ), uno de los factores más importantes y reconocidos es el Síndrome del Edificio Enfermo (Sick Building Syndrome), reconocido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1983. La OMS lo define como un conjunto de enfermedades causadas o estimuladas por la contaminación del aire en espacios cerrados, ocasionada por agentes químicos, físicos, biológicos y ergonómicos, a menudo relacionados con la estructura, distribución, instalaciones y equipamiento del edificio [19].

A lo largo de los años ha habido muchos estudios que establecen que existe una relación directa entre una buena calidad de aire interior y la prevención de contagios con enfermedades cardiorrespiratorias. Algunos que demuestran estos hechos son:

En china un estudio de 2020, origen del Covid-19, estudiaron la posible asociación de contaminación y variables atmosféricas y como influyeron en la pandemia de SARS-CoV-2, los contaminantes atmosféricos incluidas en este estudio fueron: $PM_{2.5}$ material particulado fino ($<2.5 \mu m$), PM_{10} material particulado grueso ($<10 \mu m$), CO monóxido de carbono, NO_2 dióxido de nitrógeno, SO_2 dióxido de azufre, donde se observó como $PM_{2.5}$ y la humedad se asociaron con un mayor riesgo de COVID-19 [20].

También se evidencia la importancia del material particulado como contaminante a través de un estudio realizado en China. Este estudio se centró en más de veinte guarderías y escuelas de primaria, considerando a estos grupos como especialmente vulnerables debido a su corta edad, así como por ser focos importantes de propagación de enfermedades. Los resultados revelaron una relación directa entre la exposición a altos niveles de agentes contaminantes en el entorno, como el $PM_{2.5}$ y PM_{10} , y una mayor incidencia de enfermedades respiratorias.[21].

En España, se han realizado estudios en Madrid que relacionan los niveles de $PM_{2.5}$ con los ingresos hospitalarios diarios en niños menores de 10 años. Se concluyó que las $PM_{2.5}$ son un excelente indicador de los efectos en la salud de los contaminantes primarios, destacando la importancia de una buena calidad del aire para evitar el contagio y mejorar la salud de las personas [22].

Considerando el contexto de personas con parálisis cerebral, un estudio realizado en Estados Unidos demostró que la exposición a largo y medio plazo de $PM_{2.5}$ se asoció con mayores probabilidades de hospitalización en pacientes con COVID-19, especialmente aquellos con problemas respiratorios previos como el asma o la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) [23].

Es interesante destacar un estudio que relaciona las enfermedades neurodegenerativas, que son trastornos caracterizados por una degeneración neuronal progresiva (SNC), con las partículas finas $PM_{2.5}$. El estudio demuestra que el alzhéimer se ve afectada por varios factores desencadenando o acelerando el desarrollo del alzhéimer, y una de las principales causas son $PM_{2.5}$. La exposición a largo plazo a una alta concentración de $PM_{2.5}$ por encima de los niveles estándar recomendados durante al menos un año conduce a respuestas moleculares anormales y una exposición elevada a altas dosis de $PM_{2.5}$ aumentó la lesión neuronal y la neuro inflamación en las personas con Alzheimer. Aunque no se puede establecer una relación directa entre la parálisis cerebral y las enfermedades neurodegenerativas, podría ser relevante investigar posibles interacciones o influencias indirectas [24].

En cuanto al confort térmico, es importante tener en cuenta que las personas con parálisis cerebral son más sensibles tanto a las altas como a las bajas temperaturas. Esto crea una diferencia clara en la sensación térmica entre las personas con parálisis cerebral y los cuidadores, debido a las diferencias en la tasa metabólica y las capacidades físicas. Un estudio realizado en una residencia de mayores demostró que había una clara disparidad en la sensación térmica y las preferencias térmicas entre los residentes y los cuidadores. Esto se debe a que los residentes presentaban un mayor aislamiento térmico debido a su vestimenta y una menor tasa metabólica debido a sus limitaciones físicas, mientras que los cuidadores tenían una actividad más extenuante. En un entorno con ambos grupos de usuarios, es necesario establecer una relación que permita brindar un confort térmico adecuado a ambas partes [25].

Todos los valores o contaminantes mencionados previamente tienen una fuente que los provoca. Esta fuente de contaminación puede ser tanto externa como interna y varía y son:

El dióxido de carbono (CO_2) es un compuesto formado por átomos de carbono y oxígeno. Está relacionado directamente con el volumen de ventilación y la calidad del aire interior. El principal factor de este gas lo provocan la respiración de todos los organismos aerobios, incluyendo las personas, que es el principal factor que contribuye a la concentración de CO_2 . Aunque el CO_2 no se considera un gas contaminante, altas concentraciones pueden afectar negativamente el rendimiento cognitivo. Una diferencia de 350 ppm entre el interior y el exterior indica una falta de renovación adecuada del aire interior [26], [27].

El siguiente parámetro son los compuestos orgánicos volátiles (VOC) que incluyen todos aquellos compuestos formados por carbono y otros elementos químicos como hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, cloro y azufre, etc. y que se presentan en estado gaseoso o que son muy volátiles a la temperatura ambiente normal. El concepto de VOC es muy amplio debido a la gran cantidad de compuestos que se pueden considerar. Los VOC pueden proceder de varios factores como el metabolismo y emanaciones de personas, materiales de construcción, mobiliario y decoración, como en nuestro caso pueden ser pinturas utilizadas en los talleres, y productos para la limpieza y conservación. Debido a la gran variedad existente de compuestos orgánicos volátiles existentes trabajamos con la totalidad de los compuestos orgánicos volátiles TVOC, haciendo más práctico el estudio. Los efectos que producen a corto plazo son desde irritación de ojos, garganta y nariz, dolores de cabeza, fatiga hasta mareos, dolores estomacales e intestinales y vómitos de sangre. Los compuestos orgánicos volátiles también están directamente relacionados con la ventilación debido a que una falta de renovación de aire significa un aumento de estos [28].

Como tercer valor se estudia las partículas de tamaño igual o inferior a 10 micras de diámetro que pueden provocar graves problemas de salud. Podemos diferenciar dos tipos:

- El material particulado grueso (PM_{10}), igual o inferior a 10 micras de diámetro, que quedarían retenidas en las vías respiratorias, produciendo efectos negativos a nivel del nivel pulmonar.

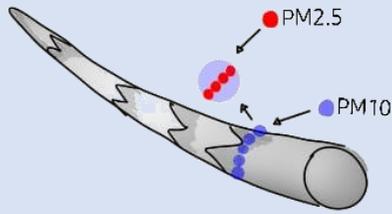


Figura 10. Comparación del material particulado con un pelo de cabello. Fuente: autoría propia.

- El material particulado fino ($PM_{2.5}$), igual o inferior a 2.5 micras de diámetro, tienen la capacidad de pasar al torrente sanguíneo por lo que podrían incluso dañar cualquier órgano o sistema.

La exposición a estas partículas puede generar infartos, agravar el asma, función pulmonar reducida, empeorar síntomas respiratorios previos e incluso muerte prematura en personas con enfermedades cardíacas o pulmonares. [29]

Estos contaminantes tienen ciertos riesgos para la salud, por lo que es necesario un control de estas concentraciones en los espacios interiores, sobre todo en el caso de personas vulnerables, mediante unos filtros en el sistema de ventilación. La OMS y el RITE, Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios, establecen unos valores límites de referencia para una buena calidad del aire interior, los cuales tomaremos de referencia en este trabajo.

El estudio realizado en tres viviendas sociales en el sur de Europa evidencia que la calidad del aire interior (IAQ) se ve afectada por las prácticas de ventilación, que varían a lo largo de los años y dependen del clima predominante en cada estación. En climas fríos, las ventanas suelen permanecer cerradas la mayor parte del tiempo, excepto en ocasiones en las que se abren para ventilar. En climas más cálidos, por el contrario, las ventanas tienden a permanecer abiertas.

Los parámetros utilizados para evaluar la calidad del aire interior son el CO_2 , las partículas finas ($PM_{2.5}$) y los compuestos orgánicos volátiles totales (TVOC), y se observa que los valores obtenidos difieren de los considerados saludables. El CO_2 se relaciona directamente con la hermeticidad de los espacios, y la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un valor por debajo de 750 ppm para mantener ambientes saludables. El nivel de partículas finas ($PM_{2.5}$) es muy variable y está influenciado por las condiciones exteriores. Se observa que cuando las ventanas están semiabiertas o son malas herméticamente, los niveles de $PM_{2.5}$ tienden a ser más altos. Por otro lado, en viviendas más herméticas, se tiende a observar niveles más altos de TVOC. Sin embargo, los niveles de TVOC son muy variables debido a los patrones irregulares de emisión en interiores relacionados con las actividades realizadas. En general, los datos obtenidos se sitúan por debajo de los 1200 ppb, que es el límite recomendado [30].

En este estudio, nos enfocaremos en evaluar la calidad del aire interior y las condiciones higrométricas en un centro de día y residencia para personas con parálisis cerebral, el cual es administrado por la asociación sin ánimo de lucro ASPACE. El objetivo principal de este trabajo es medir los niveles de dióxido de carbono (CO_2), compuestos orgánicos volátiles totales (TVOC) y partículas finas ($\text{PM}_{2.5}$) en el aire, así como las condiciones de temperatura y humedad relativa. Si bien existen estudios de referencia que analizan estos contaminantes, la mayoría de ellos se han centrado en escuelas o residencias de personas mayores. En nuestro caso, es importante tener en cuenta la alta vulnerabilidad de las personas con parálisis cerebral y las posibles consecuencias a largo plazo que podrían ser causadas por estos contaminantes. El objetivo es caracterizar los parámetros mencionados anteriormente, teniendo en cuenta la ventilación del edificio y la actividad y tasa metabólica de los ocupantes.

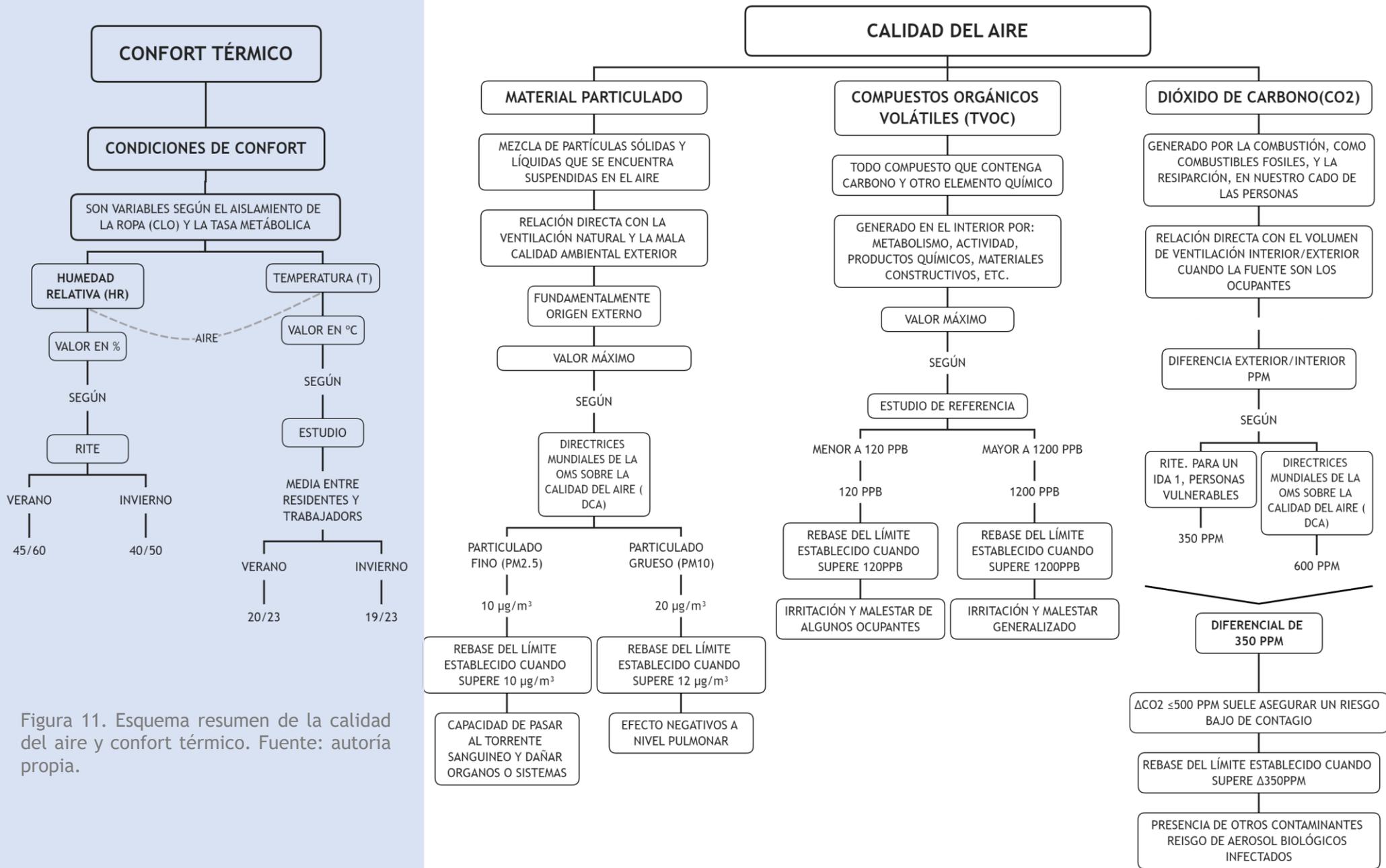


Figura 11. Esquema resumen de la calidad del aire y confort térmico. Fuente: autoría propia.



03

HIPÓTESIS

3.HIPÓTESIS

Una vez justificada la temática en la que se enmarca este trabajo, que se centra en la calidad ambiental interior, específicamente en la calidad del aire interior y el confort térmico en personas con parálisis cerebral, es importante destacar que este grupo se encuentra en una situación de vulnerabilidad debido a sus limitaciones físicas y mentales. Muchos de ellos dependen parcial o totalmente de cuidadores, lo que los expone a un mayor riesgo en caso de enfermedades vío-respiratorias.

Dada esta situación, es fundamental que la arquitectura brinde respuestas a estos desafíos, en este estudio nos centraremos en lo que respecta a la calidad del aire interior y el confort higrotérmico. Por lo tanto, se plantea la siguiente hipótesis:

La implementación de parámetros de diseño específicos para mejorar la calidad del aire interior y el confort térmico en salas utilizadas por personas con parálisis cerebral puede reducir el riesgo de enfermedades respiratorias. Además, se implementan estos parámetros de diseño en las salas estudiada en caso de que sea necesario.



04

OBJETIVOS

4.OBJETIVO DEL ESTUDIO

OBJETIVO GENERAL

Establecer una serie de parámetros de diseño para una buena calidad del aire en ambiente interior de centros para personas vulnerables y una intervención para la mejora de la calidad en las salas.

OBJETIVO ESPECIFICOS

OE1. Identificar los principales contaminantes.

OE2. Caracterizar la calidad ambiental interior.

OE3. Establecer la relación de evolución entre los contaminantes interiores y los procesos de ventilación.



05

METODOLOGÍA

METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este trabajo se ha aplicado una metodología específica para cumplir con los objetivos establecidos. Tras haber estudiado el estado actual de la cuestión, los problemas que se plantean y su relevancia actual, se procede a la recogida de datos en un centro de día y residencia para personas con Parálisis Cerebral para su análisis de manera pormenorizada en función de su uso, localización y tipología constructiva.

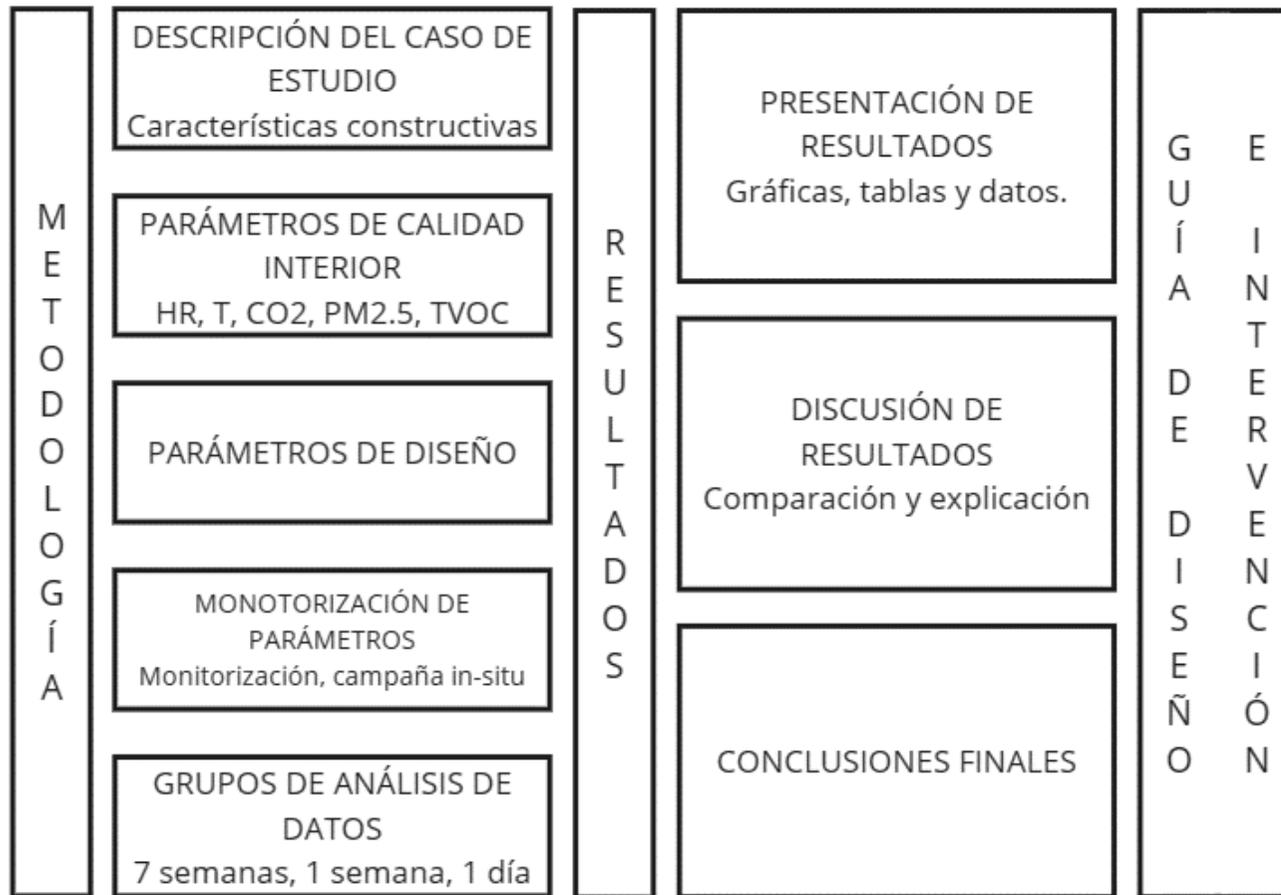


Figura 12. Esquema de metodología. Fuente: autoría propia.

5.1.DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

Se ha seleccionado como caso de estudio un edificio construido en el año 2007 que alberga una residencia y un centro de día para personas con parálisis cerebral. Este edificio es propiedad de ASPACE, una asociación sin ánimo de lucro que forma parte de la Confederación Española de Asociaciones de Atención a las Personas con Parálisis Cerebral. Ubicado en la dirección C/ Doña Concepción Ybarra 1, Dos Hermanas, (fig. 13) el edificio representa un interés significativo para evaluar la calidad ambiental interior.

Es fundamental destacar la importancia de estudiar la calidad ambiental interior de este edificio debido a su función como centro para personas con parálisis cerebral. Aunque los resultados obtenidos no pueden extrapolarse a todos los edificios, ya que la calidad ambiental interior depende en gran medida de la calidad ambiental exterior, el análisis proporcionará una aproximación útil para evaluar si un edificio construido alrededor de la implementación el CTE y el RITE cumple con los estándares de calidad ambiental interior adecuada.

Se han instalado dispositivos de monitorización de variables ambientales en diferentes áreas del edificio durante un período de 6 semanas, específicamente en una sala de taller del centro de día, en el comedor de la residencia y en una habitación compartida por dos residentes. Estas ubicaciones han sido seleccionadas con el objetivo de obtener datos representativos de diferentes entornos, considerando sus características formales, funcionales, orientaciones y tipologías.

Los dispositivos registraron y recopilaron datos precisos sobre varias variables ambientales, incluyendo los niveles CO₂, PM_{2.5}, TVOC, temperatura seca y humedad relativa. Se eligió un periodo de tiempo que abarcó los meses de marzo, abril y mayo correspondiente a la media estación cálida.

El análisis posterior de los resultados obtenidos a través de esta monitorización proporcionará información relevante para establecer una guía de parámetros de diseño y, en caso necesario, permitirá implementar intervenciones en las áreas evaluadas. Esto significa que se podrán identificar posibles mejoras o ajustes necesarios en las salas.

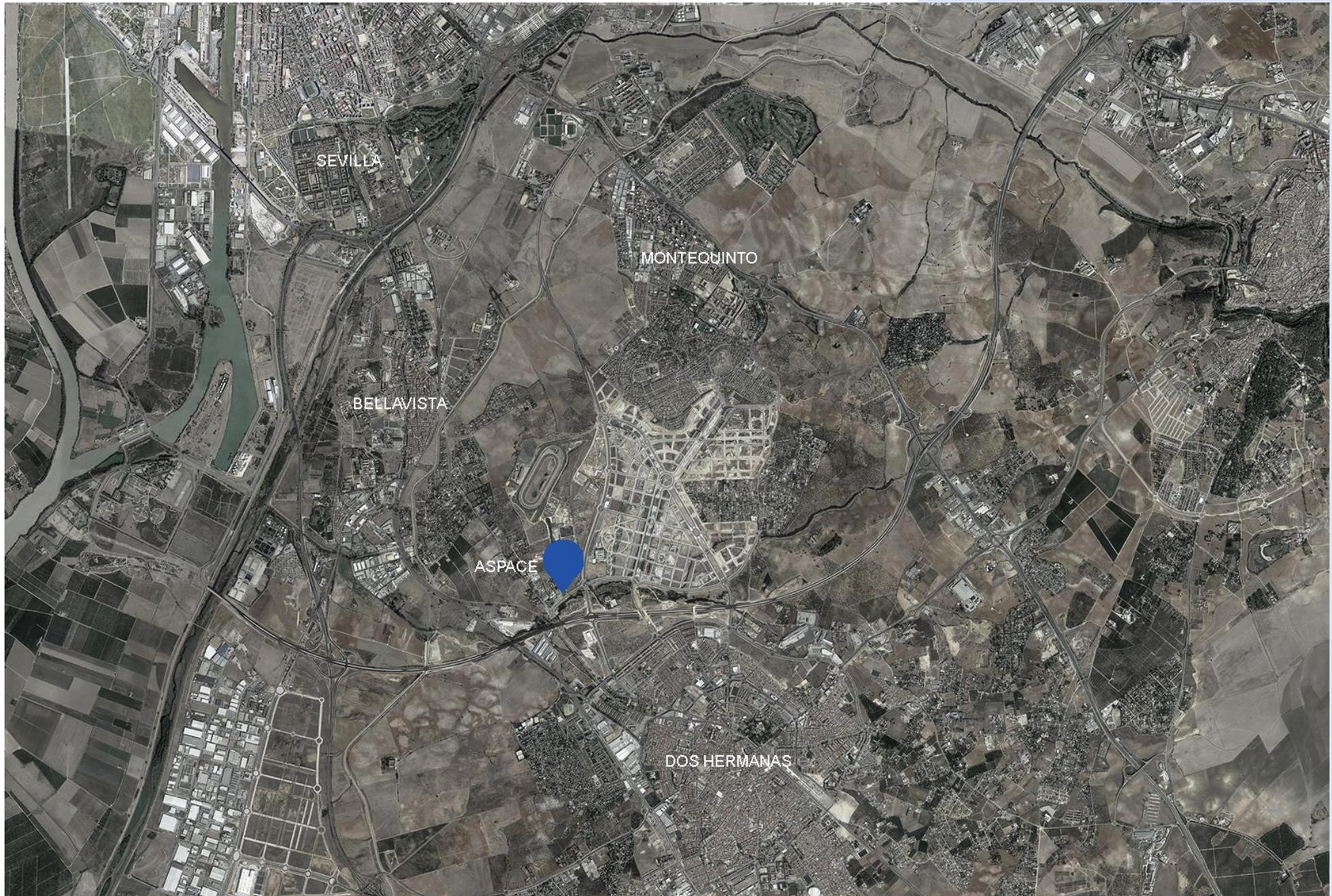


Figura 13. Plano de localización del centro ASpace en Dos Hermanas. Fuente: Google Earth.



Figura 14. Plano de situación del centro ASPACE en Dos Hermanas. Fuente: Google Earth.



Figura 15. Plano del edificio ASPACE en Dos Hermanas. Fuente: Google Earth.



Figura 16. Foto del exterior. Entrada al centro de día. Fuente: autoría propia.



Figura 17. Foto del exterior. Ventanas de los dormitorios. Fuente: autoría propia.



Figura 18. Fotos del exterior. Entrada para los residentes Fuente: autoría propia.

5.1.1. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

El edificio cuenta con tres cerramientos exteriores diferentes, en nuestros casos de estudio cada sala de monitoreo cuenta con un cerramiento diferente (fig.20):

- Sala de actividades grupales. Taller 1: Fachada ligera ventilada de hormigón polímero de diferentes tonalidades grisáceas con hoja soporte pesada de ladrillo.

- Dormitorio nº5: Fachada no ventilada con un enfoscado de mortero de cemento y pintado de color blanco

- Salón-Comedor: Fachada de ladrillo cara vista.

Nos encontramos con dos tipos de particiones interiores según si son para cuarto húmedo o no (fig.21).

- Las particiones habituales constituidas por ladrillo de hueco doble y enlucido de cemento en sus dos caras.

- Particiones para los cuartos húmedos construidas mediante una fábrica con doble tabique de ladrillo hueco sencillo, colocado a pandete, con aislamiento de polietileno expandido en el interior y enlucido de cemento en sus dos caras.

Cubiertas: según la zona de estudio encontramos dos tipos de cubierta diferente:

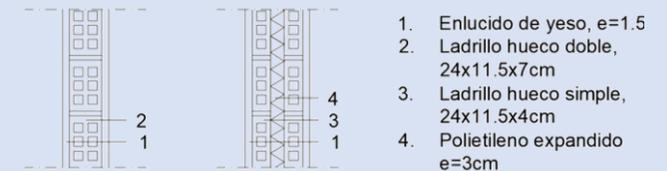
- Sala de actividades grupales. Taller 1 y dormitorio nº5: es una cubierta plana no transitable y no ventilada de grava. (fig. 22)

- Salón-Comedor: es una cubierta plana transitable no ventilada con baldosas cerámicas de color rojizo. (fig. 23)



Figura 20. Detalles constructivos de los cerramientos. Fuente: autoría propia.

1. Enlucido de yeso, e=1.5cm
2. Ladrillo cerámico perforado, 24x11.5x5 cm,
3. Panel semirrígido de Lana Mineral no hidrófilo e=6cm
4. Soporte auxiliar hormigón polímero
5. Cámara ventilada, e=1.5cm
6. Paneles de hormigón polímero
7. Ladrillo hueco doble, 24x11.5x7cm
8. Aislante térmico XPS e=5cm
9. Mortero de cemento, e=1,5cm
10. Enfoscado de mortero de cemento con aditivo hidrófugo e=1.5cm
11. Ladrillo cara vista extrusionado, 24x11.5x5cm, con juntas de mortero M7.5 de 1cm



1. Enlucido de yeso, e=1.5
2. Ladrillo hueco doble, 24x11.5x7cm
3. Ladrillo hueco simple, 24x11.5x4cm
4. Polietileno expandido e=3cm

Figura 21. Detalles constructivos de las particiones interiores. Fuente: autoría propia.

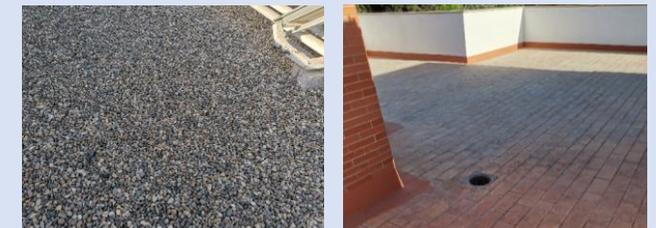


Figura 22. Foto de la cubierta plana no transitable de grava. Fuente: autoría propia.

Figura 23. Foto de la cubierta plana transitable de baldosa cerámica. Fuente: autoría propia.

Las ventanas están formadas por 2 hojas correderas con persiana enrollables de aluminio exteriores. La carpintería es de aluminio con rotura de puente térmico, con un doble acristalamiento de 4mm con cámara de aire de 8 mm (4+8+4). El número de ventanas depende de la sala. Medidas de las ventanas: 120x115cm

- Sala de actividades grupales. Taller 1: 4 ventanas, dos grupos de 2 ventanas, uno con la orientación sureste y otro con orientación fachada suroeste
- Dormitorio nº5: 1 ventana en la fachada sureste
- Salón-comedor: 4 ventanas individuales a lo largo de la fachada noreste.

El sistema de climatización y ventilación para la sala de trabajo grupal y salón comedor es el mismo sistema, pero con diferentes aparatos, por el contrario, los dormitorios solo cuentan con climatización (fig.24).

•Sala de trabajo grupal y salón comedor: el sistema de ventilación es de tipo de expansión directa, con dos Unidades de Tratamiento del Aire exterior (UTAE) de tipo neutro, con recuperadores de calores y baterías que funcionan a partir del VRF. Las UTAE y los VRF están conectados a una serie de unidades interiores de tipo difusores cuadrados tangenciales situados en el centro de la sala en el falso techo. El retorno se realiza mediante rejillas en los laterales de la sala.

•Los dormitorios se climatizan mediante un difusor lineal. La rejilla para el recuperador de calor se encuentra debajo del difusor de impulsión. Los dormitorios no cuentan con ventilación mecánica.

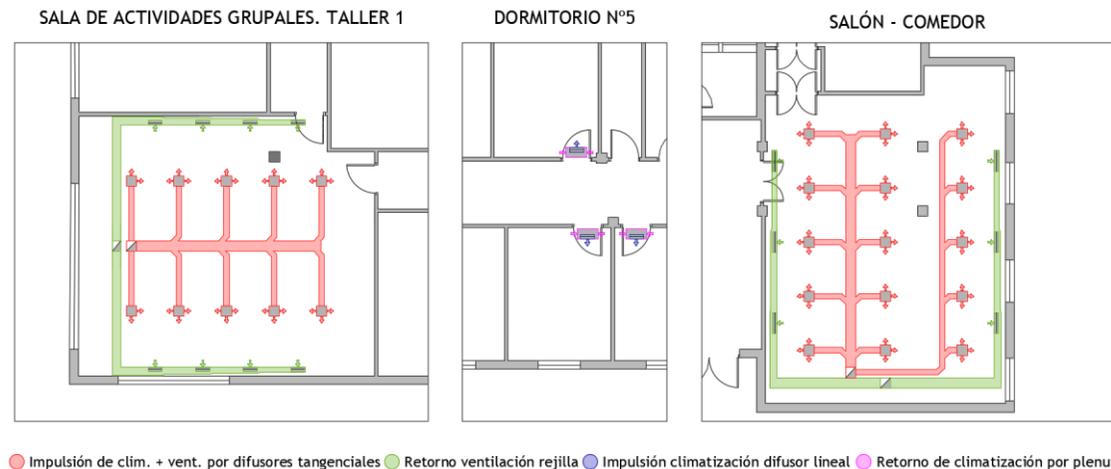


Figura 24. Plano del sistema de ventilación y climatización. Fuente: autoría propia.

A) SALÓN-COMEDOR. RESIDENCIA

El salón-comedor tiene una doble función, ya que se utiliza tanto para las comidas del día (desayuno, comida, merienda y cena) como para ser una sala de estar. Tiene capacidad para albergar a 15 personas con parálisis cerebral y cuenta con la presencia de 5 cuidadores.

La sala tiene capacidad para albergar a 15 personas con parálisis cerebral y cuenta con la presencia de 5 cuidadores. El horario de funcionamiento es de 7 am a 12 pm. Además, se ha equipado con un sistema de climatización y ventilación mixta, que consta de una Unidad de Tratamiento de Aire (UT Ae) y un Sistema de Flujo de Refrigerante Variable (VRF). Para favorecer la ventilación natural, se han instalado cuatro ventanas a lo largo de la fachada noreste, con dimensiones de 120x115 cm.

- Superficie: 64,32m²
- Volumen:173,66m³
- m² de suelo/persona:3,21
- Área mín. de huecos m² : 64,32/20=3,22m²
- Altura libre:2,70m
- N.º de personas: 20
- Horario: 7am a 12pm
- m² de huecos :5,52

B) DORMITORIO. RESIDENCIA

La habitación es usada por dos residentes, Alberto y Rebolledo. El horario de funcionamiento principalmente es de 2 pm a 5 pm, siesta, y de 8pm a 9 am para dormir. Cuenta con un sistema de climatización un Sistema de Flujo de Refrigerante Variable (VRF). Solo ventila de forma natural con una ventana 120x115 cm.

- Superficie: 11,48m²
- Volumen:31m³
- m² de suelo/persona:5,74
- Área mín. de huecos m² : 11,48/20=0,58m²
- Altura libre:2,70m
- N.º de personas: 2
- Horario: 2pm a 5pm y 8pm a 9am
- m² de huecos :1,38



Figura 25. Fotografía interior del salón-comedor. Fuente: autoría propia.



Figura 26. Fotografía interior del dormitorio. Fuente: autoría propia



Figura 27. Fotografía interior de la climatización de dormitorio. Fuente: autoría propia



Figura 28. Fotografía interior del taller 1.
Fuente: autoría propia.



Figura 29. Fotografía interior del taller 1.
Fuente: autoría propia.

C) SALA DE ACTIVIDADES GRUPALES. TALLER 1. CENTRO DE DIA

En el taller 1, se llevan a cabo una amplia gama de actividades a lo largo del día, que van desde la proyección de películas hasta actividades que fomentan el desarrollo intelectual y psicomotriz. Sin embargo, el propósito principal de este espacio es la realización de talleres destinados a la inserción laboral de personas con parálisis cerebral. Hasta ahora, se ha llevado a cabo un curso de tornillería, que abarca la producción de productos metálicos y el uso de productos químicos.

El taller tiene capacidad para albergar a 15 personas con parálisis cerebral y cuenta con la presencia de 4 cuidadores. El horario de funcionamiento es de 10 am a 4 pm. Además, se ha equipado con un sistema de climatización y ventilación mixta, que consta de una Unidad de Tratamiento de Aire (UTAE) y un Sistema de Flujo de Refrigerante Variable (VRF). Para favorecer la ventilación natural, se han instalado dos grupos de ventanas en cada una de las fachadas del taller, con dimensiones de 240x115 cm.

En cuanto al diseño de la sala, se han tenido en cuenta las siguientes características:

- Superficie: 63,31m²
- Volumen:170,94m³
- m² de suelo/persona:3,35
- Área mín. de huecos m² : 63,31/20=3,17m²
- Altura libre:2,70m
- N.º de personas: 19
- Horario: 10am a 4pm
- m² de huecos :5,52

5.2.TAREAS

Se ha desarrollado un plan de tareas que se alinea con los tres objetivos específicos previamente establecidos. La resolución exitosa de estos objetivos nos permitirá alcanzar el objetivo general de caracterizar e identificar los principales contaminantes interiores en un centro y residencia para personas con parálisis cerebral.

5.2.1.TAREA 1. CARACTERIZAR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE INTERIOR

Tarea 1.1. Definir e identificar los parámetros para valorar la calidad del aire interior.

Este estudio se centra en analizar la evolución de una serie de parámetros que están relacionados con la calidad interior y el confort térmico. Los parámetros considerados para evaluar la calidad interior son el dióxido de carbono (CO₂), todos los compuestos orgánicos volátiles (TVOC), el material particulado fino (PM_{2,5}) y el material particulado grueso (PM₁₀) y para el confort térmico la humedad relativa (HR) y la temperatura (T).

El dióxido de carbono (CO₂), como se menciona en el estado de la cuestión, está directamente relacionado con el volumen de ventilación y la calidad del aire interior. Dado que es un gas generado por los ocupantes, una disparidad entre los valores de CO₂ en el interior y en el exterior indica una ventilación inadecuada. La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera que la calidad del aire es aceptable cuando la concentración de CO₂ no supera una variación de los 600 ppm. Sin embargo, en este caso, el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) establece estándares más restrictivos debido a la presencia de personas vulnerables, siendo el límite para un entorno de uso público de 350 ppm en la clasificación IDA 1. [31], [32]

La concentración de material particulado fino (PM_{2,5}) y material particulado grueso (PM₁₀) está determinada por la calidad del aire exterior. Si la calidad del aire exterior es deficiente y la ventilación en un espacio se produce de manera natural o sin filtrar, la calidad del aire interior también se verá afectada negativamente. Aunque el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) no establece valores límite específicos para estas partículas, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que la concentración media de PM_{2,5} no supere los 10 µg/m³, y que la concentración media de PM₁₀ no supere los 20 µg/m³. Estos límites se establecen para proteger la salud de las personas expuestas a estas partículas.[32]

Como se menciona en el estado de la cuestión, actualmente no existe una regulación específica que establezca límites de exposición admisibles para los compuestos orgánicos volátiles (TVOC) en espacios interiores. Sin embargo, según un estudio realizado por la Universidad de Sevilla, se observó que en un rango de concentración entre 120 y 1200 ppb (partes por billón) pueden aparecer síntomas de irritación y malestar entre los residentes. Se considera que un ambiente interior con una concentración de TVOC por debajo de los 120 ppb se considera saludable, mientras que un umbral superior a 1200 ppb se considera un entorno de riesgo para la salud [22].

Se adoptó un límite de concentración de <120 ppb como referencia para un medio ambiente saludable y un umbral superior a 1200ppb para el entorno de riesgo.

Para garantizar el confort térmico interior, se establecerán parámetros de temperatura (T) y humedad relativa (HR) adaptados a los dos grupos de personas presentes: las personas con parálisis cerebral y los cuidadores. Debido a que ambos grupos tienen cualidades fisiológicas diferentes, se ha utilizado de referencia un estudio que compara el confort térmico de unos residentes de un centro para personas mayores y sus cuidadores [25].

Tras el análisis de los datos recopilados, se llegó a la conclusión de que los residentes se sienten cómodos en un rango de temperatura de 18.8-23.8°C en invierno y 19.6-23.6°C en primavera. Por otro lado, los no residentes se sienten cómodos en un rango de temperatura de 18.0-23.9°C en invierno y 17.9-22.9°C en primavera. En base a estos hallazgos, se establecerá un rango de confort térmico de entre 21.0°C y 24.0°C en invierno, y entre 20.0°C y 23.0°C en verano.

Es importante tener en cuenta que estas recomendaciones se basan en la percepción de comodidad de los residentes y no residentes durante el período de estudio. Sin embargo, es posible que hasta un 10% de las personas no estén completamente de acuerdo con este rango de confort higrotérmico.

Tarea 1.2 Monitorización de parámetros interiores

En esta tarea, se lleva a cabo la evaluación de la calidad ambiental y el confort térmico en tres salas específicas. Para realizar dicha evaluación, se ha llevado a cabo un monitoreo continuo durante un período de 7 semanas, que abarca desde finales de marzo hasta principios de mayo. Los parámetros medidos durante este proceso incluyen dióxido de carbono (CO₂), partículas finas (PM_{2.5}), compuestos orgánicos volátiles (TVOC), temperatura seca (T) y humedad relativa (HR).

Para realizar las mediciones de estos parámetros, se utiliza un dispositivo llamado "Awair Omni" (fig.30). Este dispositivo es un multisensor de tamaño reducido y funcionamiento silencioso, que es capaz de realizar mediciones de los diferentes parámetros en intervalos de 5 minutos. Además, permite la descarga de los datos obtenidos desde la nube y ofrece la opción de realizar un seguimiento de las mediciones a través de la aplicación "Awair Business". Se podrán encontrar todos los datos en "Anejo A. Mediciones interiores".

A continuación, se presentan las principales características y los rangos de tolerancia del dispositivo (tabla 1).

	CO ₂	PM _{2.5}	TVOC	T	HR
Rango	400-5000 ppm	0-60000 ppb	0-1000 µg/m ³	-40 °C - 125 °C	0-100%
Resolución	1 ppm	1 ppb	1 µg/m ³	0.015 °C	0.01%
Precisión	± 75 ppm o ± 10 %	± 10%	± 15 µg/m ³ o ± 15 %	± 0.2 °C	±2%

Tabla 1. Características y márgenes de tolerancia del multisensor "Awair Omni". Fuente: autoría propia



Figura 30. Imagen del multisensor "Awair Omni". Fuente: [Air Quality Monitor for Business | Breathe Easy At Work \(getawair.com\)](https://www.getawair.com/)

En cada una de las salas, se ha instalado un dispositivo de monitoreo, teniendo en cuenta las características particulares de cada espacio, incluyendo su orientación, uso, número máximo de personas y horarios específicos. Los dispositivos están ubicados a una altura aproximada de 1 a 1.3 metros, siguiendo las recomendaciones técnicas del fabricante. Se ha considerado que esta altura se asemeja a la altura respiratoria de una persona sentada, lo cual proporciona mediciones más representativas del entorno.

Además, se ha tenido en consideración que los dispositivos estén ubicados cerca de una toma eléctrica y se ha evitado que no reciban radiación solar directa y alejado de corrientes de aire, como ventanas y ordenadores, que podrían interferir con las mediciones y alterar los resultados obtenidos.

Estas consideraciones en la colocación de los dispositivos buscan garantizar mediciones precisas y representativas de la calidad ambiental y el confort térmico en cada una de las salas, minimizando cualquier posible influencia externa que pueda afectar los resultados.

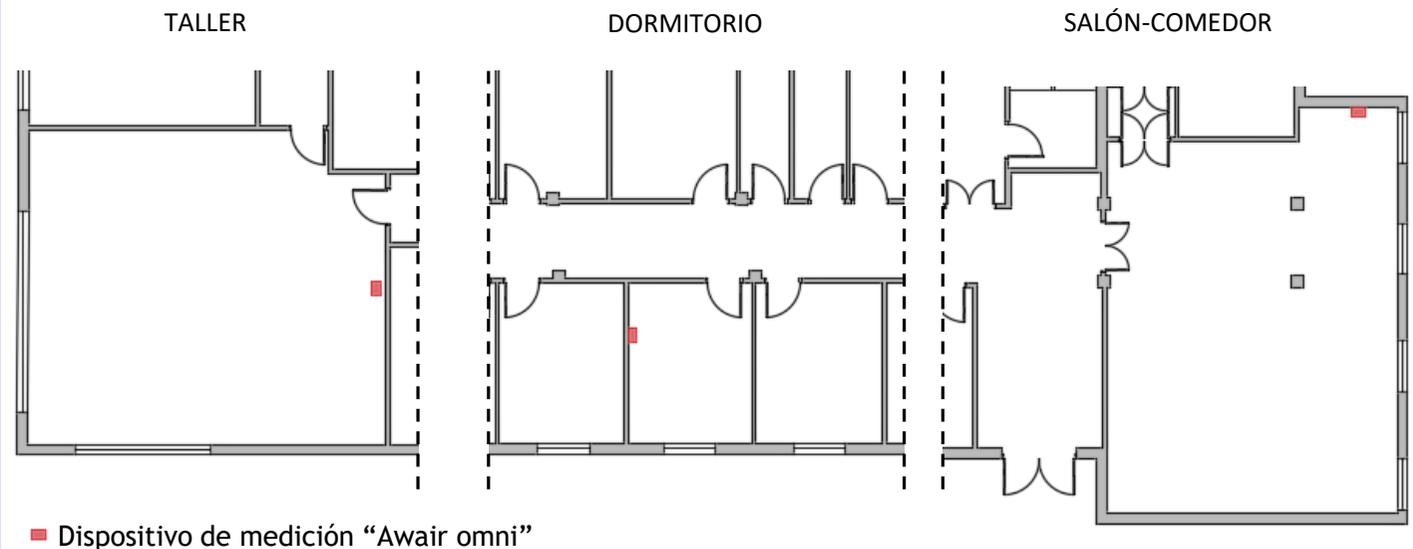


Figura 31. Plano de ubicación del dispositivo de medición. Fuente: autoría propia.

Tarea 1.3. Monitorización de parámetros exteriores

Para realizar una comparación entre las condiciones interiores y exteriores, se recopilarán las variables de calidad del aire exterior, como PM_{2.5} y CO₂, y las variables higrotérmicas exteriores, como HR y T. En este caso, para obtener los valores higrotérmicos exteriores se utiliza la fuente de información "Weather Underground" mientras que para los valores de calidad de aire exterior se utiliza "IQAir²".

Además, se llevará a cabo una campaña de medición "in-situ" para obtener datos de PM_{2.5} y PM₁₀ del aire exterior. Esta campaña de medición se llevará a cabo desde las 9:00 am del 17 de abril hasta las 8:00 am del 18 de abril, con el dispositivo "Aeroqual 500". Los datos obtenidos durante esta campaña servirán para contrastar con los datos climatológicos. Los datos se podrán encontrar en el "Anejo B. Campaña de mediciones exteriores."

Con estas mediciones y comparaciones, se podrá evaluar la calidad del aire exterior en relación con las condiciones interiores, lo que proporcionará información valiosa sobre el ambiente circundante y permitirá realizar análisis y evaluaciones más completas de la calidad ambiental y el confort térmico en las salas específicas.

1. Weather Underground: [Dos Hermanas, Spain Weather Conditions | Weather Underground \(wunderground.com\)](#)

2. IQAir: [Dos Hermanas Air Quality Index \(AQI\) and Spain Air Pollution | IQAir](#)



Figura 32. Medidor Aeroqual 500. Fuente: [aeroqual 500 - Bing images](#)

Tarea 1.4. Análisis de datos obtenidos y comparación con los límites de referencia.

Los parámetros obtenidos a través de la monitorización proporcionan información valiosa para caracterizar los ambientes interiores y exteriores. Los datos serán descargados desde la página oficial del "Awair Dashboard" y se utilizará Microsoft Office Excel 2023 para generar gráficas y tablas que faciliten la comprensión de los datos. El objetivo de este proceso es facilitar la manipulación de los datos y generar un análisis estadístico que compare los valores entre las diferentes salas, fechas y parámetros característicos de cada sala.

Para facilitar la comprensión y la comparación de los datos, se generarán gráficas y tablas que mostrarán la evolución de cada parámetro en función de la sala y la semana. Además, se realizará una comparación con los valores de referencia o normativos establecidos para cada parámetro. Se calculará el porcentaje de tiempo en el que cada parámetro supera los valores límite durante el periodo de ocupación, lo que permitirá identificar el tiempo en el que se excede los límites establecidos.

Estas representaciones visuales, como gráficas y tablas, ayudarán a visualizar de manera clara la evolución y los patrones de los parámetros medidos, facilitando la interpretación de los datos y proporcionando información relevante sobre la calidad ambiental y el confort térmico en las salas.

También se realizan las siguientes comprobaciones:

- Comprobación de la T media (°C) con la T de confort de referencia y (%) de tiempo fuera de consigna del confort térmico.
- Comprobación de la HR media (%) con HR de referencia y (%) de tiempo fuera de consigna del confort térmico.
- Comparación de la concentración media de TVOC (ppb) con los valores de referencia, sus valores máximos y mínimos durante el tiempo de ocupación y (%) de tiempo que supera el límite establecido.
- Comparación de la concentración media de CO₂ (ppm), PM_{2.5} (µg/m³) y PM₁₀ (µg/m³) con los valores de referencia establecidos por el RITE, sus valores máximos y mínimos durante el tiempo de ocupación y (%) de tiempo que supera el límite establecido.

Tarea 1.5. Grupos de análisis de datos.

Para realizar una adecuada categorización de la calidad ambiental, se llevarán a cabo diferentes grupos de síntesis según la duración de los períodos de tiempo. Estos grupos permitirán obtener una caracterización más general y específica de las condiciones en las salas. A continuación, se detallan los grupos de síntesis propuestos:

- Duración de 7 semanas del (17/03/2023) al (07/05/2023): Durante este período se realizará un análisis general de cada sala, donde se visualizará el porcentaje de horas en las que se superan los límites establecidos durante las horas de uso. Esto proporcionará una visión panorámica de la calidad ambiental a lo largo de varias semanas.

- Duración de 1 semana: Se realizarán análisis detallados del confort térmico y la calidad del aire interior durante una semana específica en tres momentos diferentes: semana 1 (20/03/2023) al (26/03/2023), semana 4 (10/04/2023) al (16/04/2023) y semana 7 (01/05/2023) al (07/05/2023). Durante cada semana, se caracterizarán los valores y se establecerán relaciones con los parámetros correspondientes.

- Duración de 1 día: Se realiza un análisis más detallado del confort térmico y la calidad del aire interior durante un día específico. El objetivo es verificar si las superaciones de los límites establecidos ocurren de forma puntual o generalizada durante un corto período de tiempo.

Una vez fijado el CO₂ exterior en 400 ppm podemos obtener los siguientes valores para clasificar el aire exterior.

IDA 1: valores inferiores a 750 ppm

IDA 2: Valores entre 750 ppm y 900ppm

IDA 3: valores entre 900 y 1200 ppm

IDA 4: valores mayores a 1200 ppm

TAREA 2. RELACIÓN LA CONTAMINACIÓN INTERIOR Y LA VENTILACIÓN DEL CENTRO

Tarea 2.1. Protocolos de ventilación del centro

En la residencia, el salón-comedor y el taller del centro de día cuentan con un sistema de ventilación mixto que combina la ventilación mecánica y natural. Esto significa que se utilizan tanto métodos de ventilación controlados mecánicamente como la apertura de ventanas y puertas para asegurar un flujo de aire adecuado en estos espacios. Por otro lado, el dormitorio de la residencia solamente dispone de ventilación natural, utilizando la apertura de ventanas como principal método de ventilación.

Además, se informa que todas las salas, incluyendo el salón-comedor, el taller y los dormitorios, se someten a limpieza una vez al día. También se lleva a cabo la ventilación de las salas abriendo las ventanas y puertas al menos una vez al día. En el caso de los dormitorios, este proceso de ventilación se realiza hasta dos veces al día, una por la mañana y otra por la tarde.

Tarea 2.2. Evolución de los parámetros y su relación con la ventilación

Se busca establecer una relación entre la evolución de CO₂ y TVOC, ya que ambos se generan en el interior de las salas. El CO₂ se produce principalmente debido a la ocupación de las salas, mientras que los TVOC se generan a partir del metabolismo de los ocupantes y las actividades realizadas en el interior. Analizar la evolución de ambos parámetros puede proporcionar información sobre la calidad del aire y las condiciones ambientales en las salas a lo largo del tiempo.

Además, se pretende buscar una relación entre las concentraciones y evolución de CO₂ y PM_{2.5} ya que estos contaminantes provienen de la calidad del aire exterior y, debido a que la ventilación natural favorece la disminución del CO₂ y TVOC, pero permite la penetración de material particulado fino al interior. Analizar estas relaciones puede ayudar a comprender la evolución de la ventilación natural y mecánica en la calidad del aire interior.

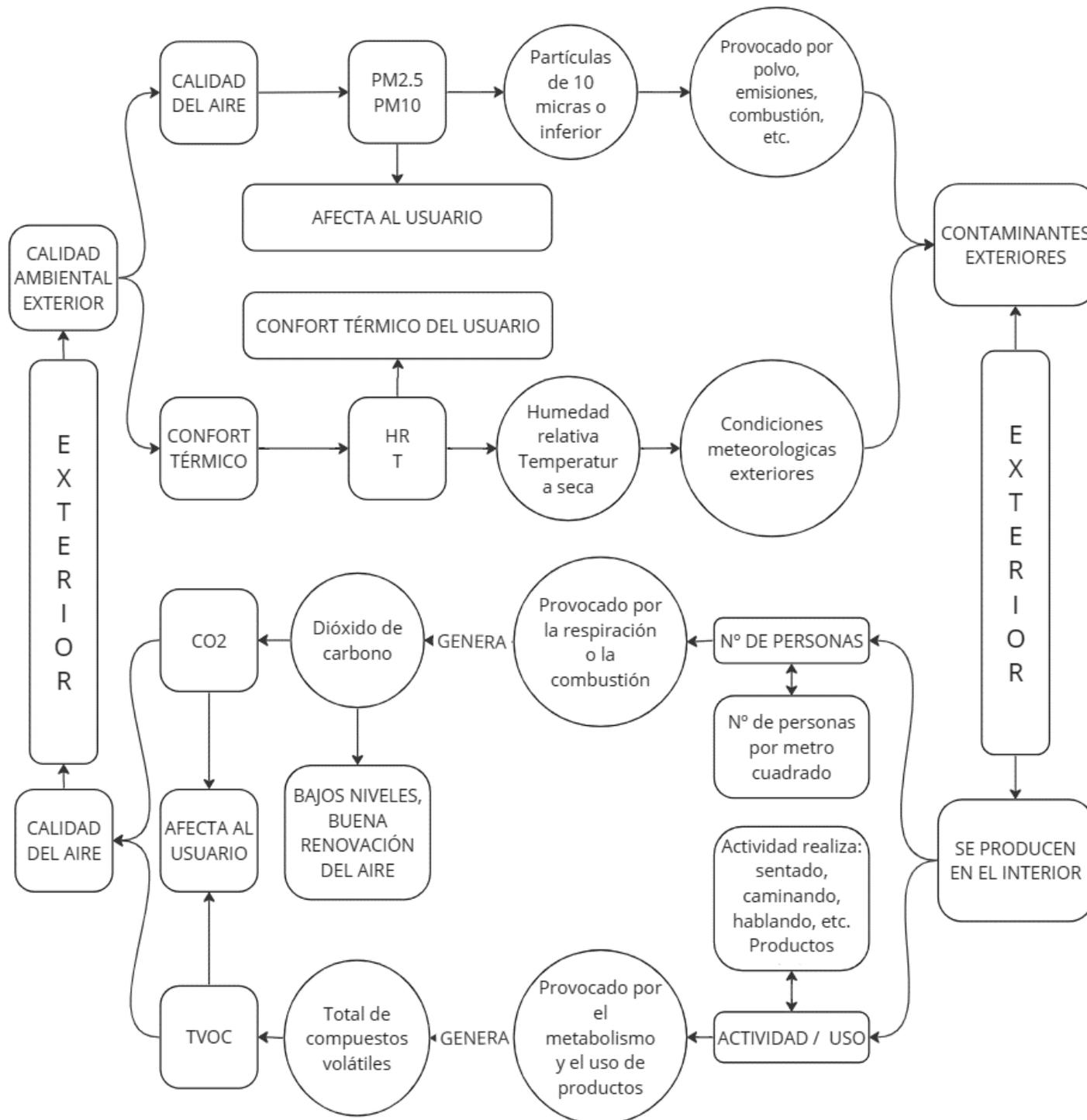


Figura 33. Esquema de relación entre parámetros y ventilación. Fuente: autoría propia.

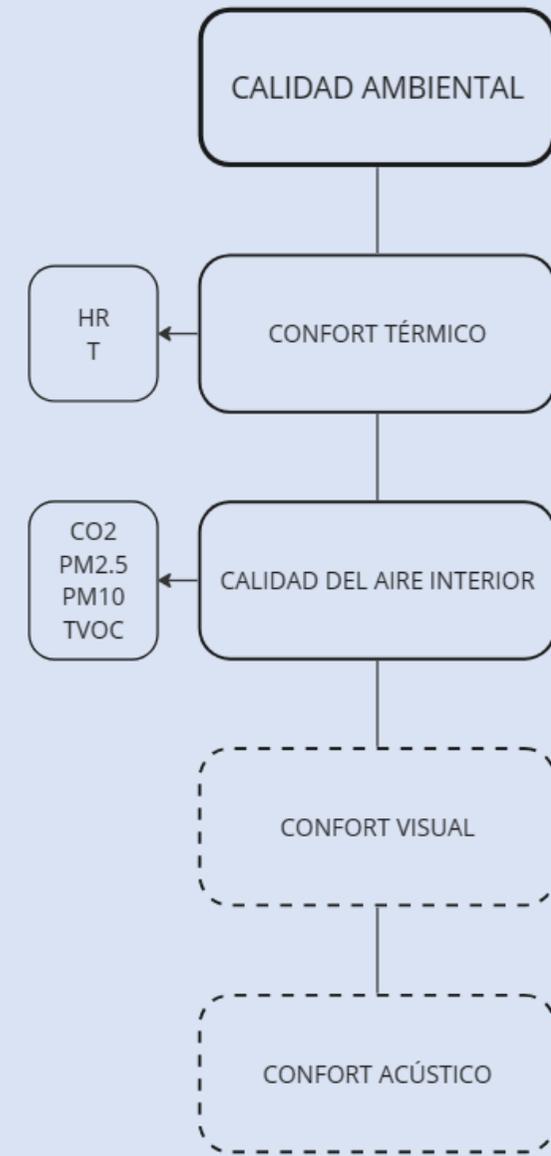


Figura 34. Esquema calidad ambiental. Fuente: autoría propia.



06

RESULTADOS

6. RESULTADOS

En este apartado, se llevará a cabo el análisis de los niveles de dióxido de carbono (CO₂), material particulado fino (PM_{2.5}) y compuestos orgánicos volátiles (TVOC), así como las condiciones higrotérmicas de temperatura seca (T) y humedad relativa (HR) en el taller del centro de día y en el dormitorio y comedor-salón de la residencia. Se compararán tanto los valores interiores como exteriores de estas variables para evaluar la calidad ambiental en cada sala.

Para facilitar este análisis, se han diseñado fichas que contienen información relevante para comprender los resultados obtenidos. Estas fichas se componen de:

- Tablas:** Se presentan los valores máximos, mínimos, medios y el porcentaje de tiempo en el que se superan los límites establecidos para cada contaminante o valor higrotérmico analizado.
- Gráficas:** En los casos de estudio de una semana o un día, se incluirán gráficas que muestran la evolución de los parámetros especificados a lo largo del tiempo.
- Datos:** También incluirá los datos necesarios para la comprensión de la evolución como pueden ser el horario de uso, que tipo de actividad se realiza, superficies de la sala, número de ocupantes (personas con parálisis cerebral y cuidadores), número de personas por superficie, número de ventanas y tipo de ventilación.

En este apartado se tratan los resultados sintetizados (para las siete semanas) y los más representativos (semanas y días tipo). Se realizará una síntesis de estos resultados debido a la amplitud de datos que tenemos, contando con más de 14.000 datos de cada parámetro en cada sala para obtener detalles más específicos sobre los resultados de las mediciones realizadas cada 5 minutos.

Este enfoque permitirá analizar de manera eficiente la calidad ambiental y las condiciones higrotérmicas en las salas estudiadas, identificando posibles desviaciones de la normativa y proporcionando información relevante para la toma de decisiones y la implementación de medidas correctivas, en caso necesario.

ANÁLISIS DE CONDICIONES HIGROTÉRMICAS, IAQ Y CONTAMINANTES INTERIORES. DURANTE EL PERIODO DE MONITORIZACIÓN.

En el siguiente análisis se muestran las tablas y gráficas de los parámetros recopilados durante la campaña de monitorización en la media estación. Estos parámetros se comparan con los valores límite de referencia establecidos, así como con las condiciones higrotérmicas exteriores obtenidas de "Weather Underground".

Las gráficas muestran la evolución semanal de los diferentes parámetros en cada una de las salas monitorizadas. Se ha agregado un sombreado vertical de color azul para indicar los intervalos de ocupación en las tres salas.

Los distintos parámetros de contaminantes interiores se representan con colores para facilitar su identificación en la gráfica. También se incluye los límites de referencia correspondiente a cada parámetro:

- El CO₂ se muestra en color verde y se aplica el límite establecido por el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) para la categoría IDA 1, que es de 750 ppm.
- El TVOC en rojo para el valor obtenido de las mediciones y el para el límite establecido. Aunque existen dos límites orientativos, el primero indica el punto en el que se comienza a experimentar incomodidad (120 ppb), y el segundo, el cual se representa en la gráfica y señala el valor en el que se pone en riesgo la salud de los ocupantes (1200 ppb).
- El PM_{2.5} en color azul y se aplica el límite establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 10 µg/m³.

— PM_{2,5} (µg/m³) — CO₂ (ppm) — TVOC (ppb) — Límite PM_{2,5} — Límite CO₂ — Límite TVOC

Los valores de temperatura (T) en °C se representan con áreas sombreadas en gris oscuro, mientras que los valores de humedad relativa (HR) se representan con áreas sombreadas en tonos de gris claro.

Además, los valores exteriores de temperatura extraídos de "Weather Underground" se representan con líneas discontinuas. Las líneas largas indican la temperatura máxima, las líneas cortas representan la temperatura media, y las líneas punteadas muestran la temperatura mínima.

■ HR (%) ■ Temp (°C) ■ HorarioT,min ---T,med - -T,máx

La utilización de estos colores, sombreados y líneas de referencia contribuye a una mejor visualización y evaluación de la calidad del aire interior en relación con los estándares establecidos. Esto proporciona una comprensión más clara de la situación y facilita el análisis de los resultados obtenidos.

SIETE SEMANAS (17/03/2023-07/05/2023)

Como se mencionó anteriormente, la clasificación de las siete semanas tiene como objetivo proporcionar una visión general de lo que ocurre en cada una de las salas, sin analizar detalladamente cada momento específico. En este proceso, se consideran únicamente las horas de uso de las salas, es decir, se desprecian todas las horas en las que no está en uso la sala.

Taller 1

	CO ₂	HR	PM _{2.5}	TEMP. INV	TVOC >120PPB	TVOC>1200PPB
Horas totales que supera el límite	6,75	224,67	137,67	313,42	386,42	253,08
% totales de horas que supera el límite	1,64%	54,48%	33,38%	76,00%	93,70%	61,37%
Valor máximo	1044,10	61,40	87,70	27,80	38820,00	38820,00
Valor mínimo	400,00	17,60	1,20	20,50	20,00	20,00
Valor promedio	475,41	40,32	10,06	23,24	4634,88	4634,88

Tabla 2. Tabla resumen del Taller 1 siete semanas. Fuente: autoría propia.

Según se observa en la tabla 2, el Taller 1 muestra las peores condiciones de calidad del aire interior (IAQ) durante las horas de uso. Además, al igual que el dormitorio y el salón-comedor, también presenta condiciones higrotérmicas deficientes, superando los parámetros establecidos más del 50% del tiempo.

En la tabla resumen de todo el período de mediciones, se puede apreciar que la temperatura interior ha oscilado entre 20,50°C y 27,80°C, con una media de 23,24°C, lo que es 1,6°C más alta que la temperatura media exterior. Aunque la temperatura media se encuentra dentro de los rangos de confort (21-24°C), la gran mayoría del tiempo se sitúa fuera de estos límites, con un 76% del tiempo por encima o por debajo del rango de consigna.

En cuanto a la humedad relativa (HR) interior, se mantiene entre el 17,60% y el 61,40%, con una media del 41,95%, lo que representa un 5,47% en comparación con el valor medio exterior. Aunque el valor medio de humedad se encuentra dentro de los rangos de confort, la mayor parte del tiempo está fuera de los límites establecidos, con un 54,48% del tiempo superando dichos límites.

En relación con las concentraciones de CO₂, la media de todo el período de medición es de 475 ppm, muy por debajo del límite establecido para la categoría IDA 1, que es de 750 ppm. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el valor promedio podría ser menor debido a que el dispositivo de medición "Awair Omni" registra un valor mínimo de 400 ppm, el cual es el valor más frecuente durante las mediciones. Solo el 1,64% del tiempo se encuentra fuera de los límites establecidos.

En cuanto al material particulado fino (PM_{2.5}), es el parámetro más desfavorable de las tres salas estudiadas, con valores que oscilan entre 1,20 y 87,70 µg/m³, y un valor medio de 10,20 µg/m³, superando ligeramente el límite establecido de 10 µg/m³.

En cuanto a los compuestos orgánicos volátiles (TVOC), se registran valores muy altos, con un valor medio de 4634,88 ppb, casi cuatro veces superior al límite establecido para considerarse tóxico para los seres humanos. Durante el 61,37% del tiempo se superan los límites establecidos para el TVOC.

Dormitorio

CO ₂	HR	PM _{2.5}	TEMP. INV	TVOC >120PPB	TVOC>1200PPB	
385,17	417,750	55,75	595,583	708,08	217,33	Horas totales que supera el límite
53,23%	57,73%	7,70%	82,31%	97,86%	30,04%	% totales que supera el límite
2121,00	60,80	64,00	28,50	10107,30	10107,30	Valor máximo
400,00	14,30	0,50	20,40	20,90	20,90	Valor mínimo
906,85	40,79	4,64	24,92	953,08	953,08	Valor promedio

Según se observa en la tabla 3, el Dormitorio presenta peores condiciones de calidad del aire interior (IAQ) que el Salón-Comedor, pero mejores condiciones que el Taller 1 durante las horas de uso. Además, al igual que el dormitorio y el salón-comedor, las condiciones higrotérmicas se superan los parámetros establecidos más del 50% del tiempo.

En la tabla resumen de todo el período de mediciones, se puede apreciar que la temperatura interior ha oscilado entre 20,40°C y 28,50°C, con una media de 24,92°C, lo que es 3,31°C más alta que la temperatura media exterior. La temperatura media se encuentra casi 1°C por encima de los rangos de confort (21-24°C), y la gran mayoría del tiempo se sitúa fuera de estos límites, con un 82,31% del tiempo por encima o por debajo del rango de consigna.

Tabla 3. Tabla resumen del Dormitorio siete semanas. Fuente: autoría propia.

En cuanto a la humedad relativa (HR) interior, se mantiene entre el 14,30% y el 60,80%, con una media del 40,79%, lo que representa un 6,93% en comparación con el valor medio exterior. Aunque el valor medio de humedad se encuentra dentro de los rangos de confort, la mayor parte del tiempo está fuera de los límites establecidos, con un 57,73% del tiempo superando dichos límites.

En relación con las concentraciones de CO₂, la media de todo el período de medición es de 906,85 ppm, superior al límite establecido para la categoría IDA 2 y ubicándose en un IDA 3, entre 900 y 1200 ppm. El valor varía entre 400 y 2121 ppm. Aproximadamente la mitad del tiempo se encuentra fuera de los límites establecidos.

En cuanto al material particulado fino (PM_{2.5}), los valores oscilan entre 0,5 y 64 µg/m³ (siendo los valores máximos de forma muy puntual y tiempos cortos), y un valor medio de 4,64 µg/m³, muy por debajo del límite establecido de 10 µg/m³.

En cuanto a los compuestos orgánicos volátiles (TVOC), se registran valores medio-altos, con un valor medio de 953,08 ppb, por debajo del límite establecido para considerarse tóxico para los seres humanos. Sin embargo, alrededor del 30% del tiempo se supera el valor límite establecido.

Salón-comedor

	CO ₂	HR	PM _{2.5}	TEMP. INV	TVOC >120PPB	TVOC>1200PPB
Horas totales que supera el límite	16,83	557,750	39,58	618,500	694,00	43,42
% totales que supera el límite	2,02%	66,96%	4,75%	74,25%	83,31%	5,21%
Valor máximo	1059,80	64,30	422,50	29,10	38820,00	38820,00
Valor mínimo	400,00	10,70	0,10	18,60	20,00	20,00
Valor promedio	516,52	39,50	2,83	23,97	500,37	500,37

Tabla 4. Tabla resumen del Salón-comedor siete semanas. Fuente: autoría propia.

Según se observa en la tabla 4, el Salón-Comedor presenta las mejores condiciones de calidad del aire interior en comparación con las otras dos salas estudiadas. Sin embargo, al igual que el dormitorio y el taller, también muestra deficiencias en las condiciones higrotérmicas, ya que los parámetros establecidos se superan durante más del 50% del tiempo.

En la tabla resumen de todo el período de mediciones, se puede apreciar que la temperatura interior oscila entre 18,60°C y 29,10°C, siendo la sala con la mayor fluctuación entre la temperatura máxima y mínima durante el horario de uso, con una media de 23,97°C, lo que es 2,36°C más alta que la temperatura media exterior. Aunque la temperatura media se encuentra dentro de los rangos de confort (21-24°C), la gran mayoría del tiempo se sitúa fuera de los límites establecidos, con un 83,31% del tiempo por encima o por debajo del rango de consigna.

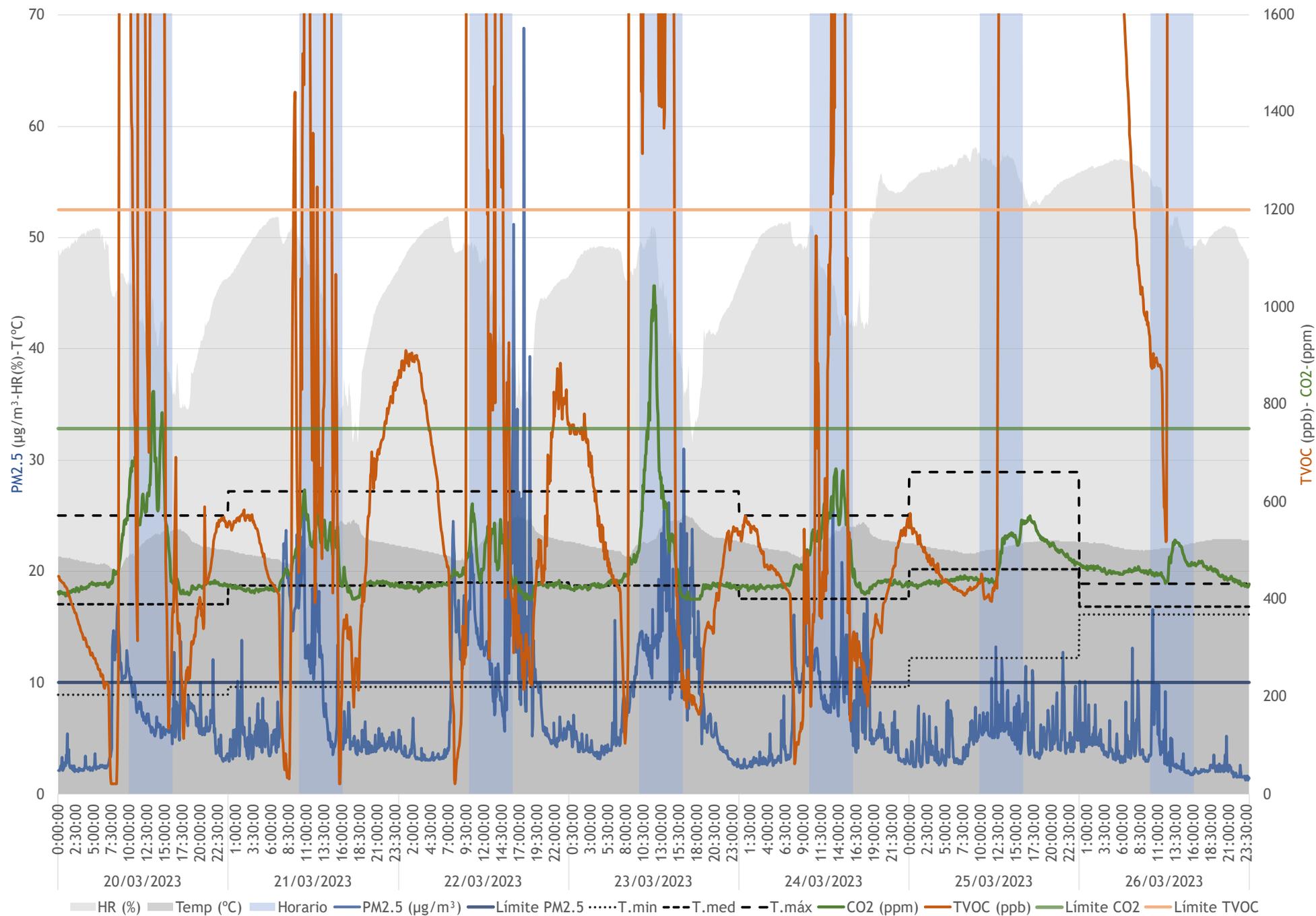
En cuanto a la humedad relativa (HR) interior, se mantiene entre el 10,70% y el 64,30%. El valor medio de humedad es del 39,50%, lo que representa un 7,92% menos que el valor medio exterior. Sin embargo, el valor medio de humedad interior no se encuentra dentro de los rangos de confort y la mayor parte del tiempo supera los límites establecidos, con un 66,96% del tiempo fuera de dichos límites.

En relación con las concentraciones de CO₂, la media de todo el período de medición es de 516,52 ppm, lo cual está muy por debajo del límite establecido para la categoría IDA 1, que es de 750 ppm. Solo el 2,02% del tiempo se encuentra fuera de los límites establecidos.

El material particulado fino (PM_{2.5}), los valores oscilan entre 0,1 y 422,5 µg/m³ (asumiendo que los valores máximos pueden deberse a una manipulación directa del dispositivo de medición), y un valor medio de 2,83 µg/m³, muy por debajo del límite establecido de 10 µg/m³.

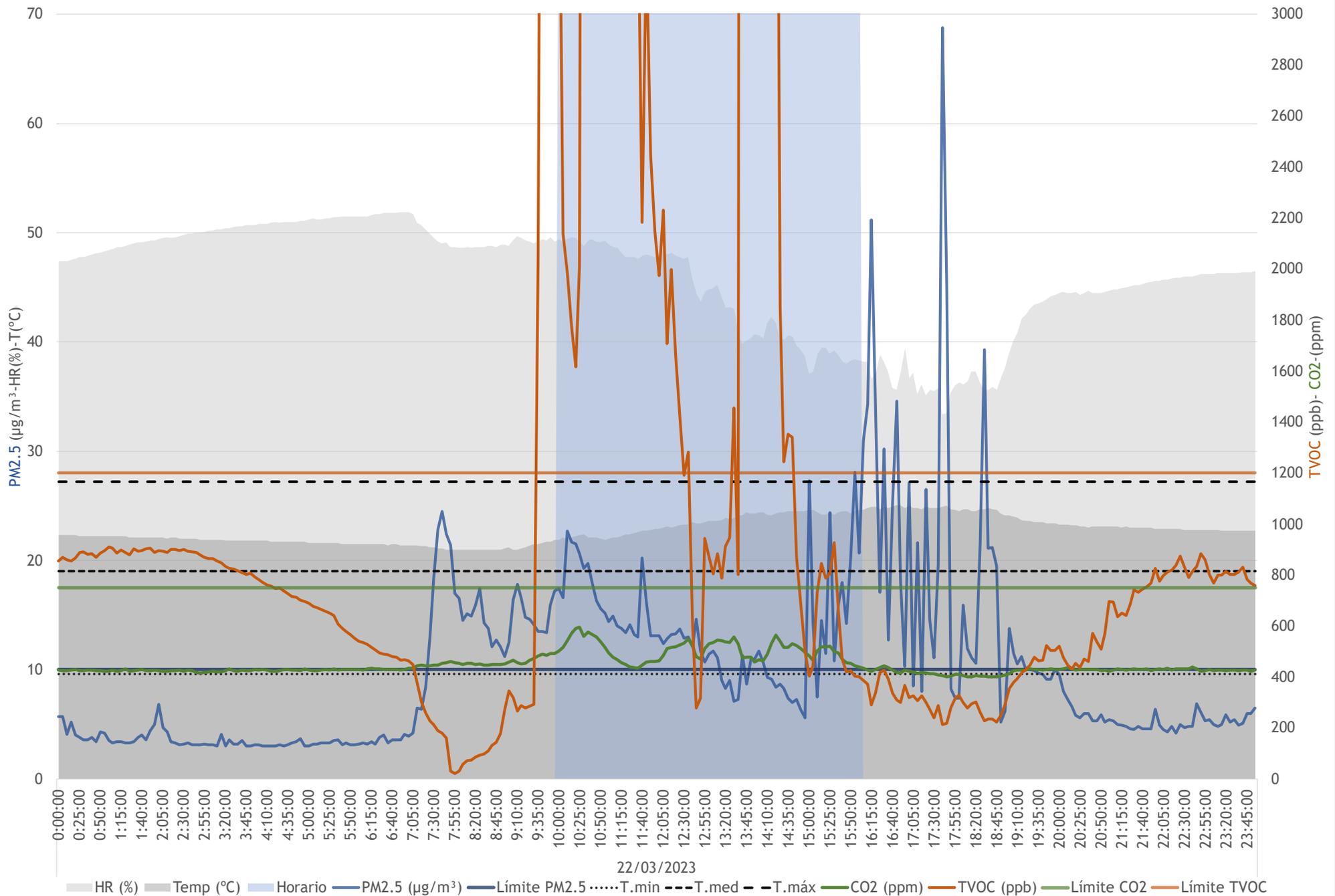
Los compuestos orgánicos volátiles (TVOC), se registran los valores más bajos de las tres salas, con un valor medio de 500,37 ppb, por debajo del límite establecido para considerarse tóxico para los seres humanos. Solo el 5% del tiempo se supera el valor límite establecido.

TALLER- SEMANA 1 (20/03/2023-26/03/2023)



Gráfica 1. Gráfica Taller 1 semana 1.

TALLER- DÍA 3 (22/03/2023)



Gráfica 2. Gráfica Taller 1 día 3.

Tabla 5. Taller 1 semana 1.				
VALORES			LÍMITES	
M Á X	M E D	M Í N	R E F	S % U P
CO ₂ (ppm)				
1044,1	467,85	400	750	1,24
HR (%)				
58,1	48,27	31,5	40-50	50,55
PM _{2.5} (µg/m ³)				
68,8	6,91	1,2	10	20,78
TEMP (°C)				
25,1	22,48	20,1	21-24	20,13
TVOC (ppb)				
38820	2524,5	20	1200	30,61
SOLO HORARIO (10AM-4PM)				
CO ₂ (ppm)				
1044,1	540,56	405,6	750	4,30
HR (%)				
58,1	47,60	33,60	40-50	29,93
PM _{2.5} (µg/m ³)				
28,1	9,83	1,7	10	45,44
TEMP (°C)				
24,8	22,74	20,6	21-24	16,87
TVOC (ppb)				
38820	4922	20	1200	54,91

Como se observa en la gráfica 1 y 2 y la tabla 5 y 6, el Taller presenta una peor calidad del aire interior (IAQ) durante las horas en que se realiza la actividad.

En cuanto a la temperatura interior, oscila entre alrededor de 21°C y 25°C durante el horario de uso, con una media de alrededor 23°C. Esta media es 4,47°C superior a la temperatura media exterior. El tiempo fuera de consigna esta entre el 10 y el 30% pero no supera el 10% de los límites máximos y mínimos establecidos.

En relación con la humedad relativa interior, se mantiene entre el 35% y el 58% durante las horas de uso, con un valor medio del 47%, que se encuentra dentro de los rangos de confort aceptables.

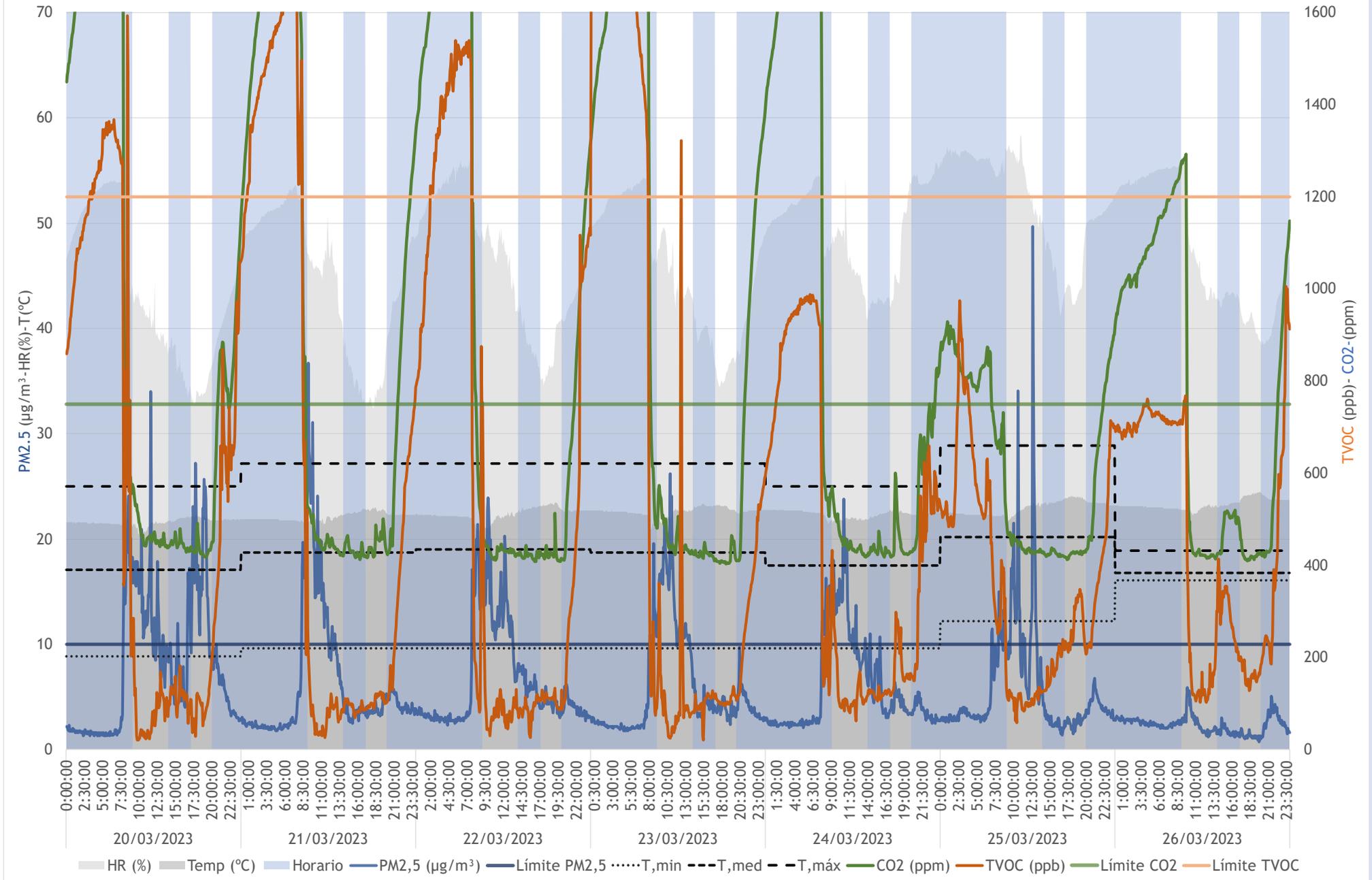
La media de CO₂ está por debajo del límite establecido para la categoría IDA 1, que es de 750 ppm. Solo el 4,30% del tiempo del uso de la sala se encuentra fuera de los límites establecidos.

El material particulado fino (PM_{2.5}) se alcanza un valor máx. de casi el doble cuando el periodo de ventilación natural, alrededor o superior del límite establecido de 10 µg/m³. También durante la realización de la actividad observamos una oscilación en el PM_{2.5}.

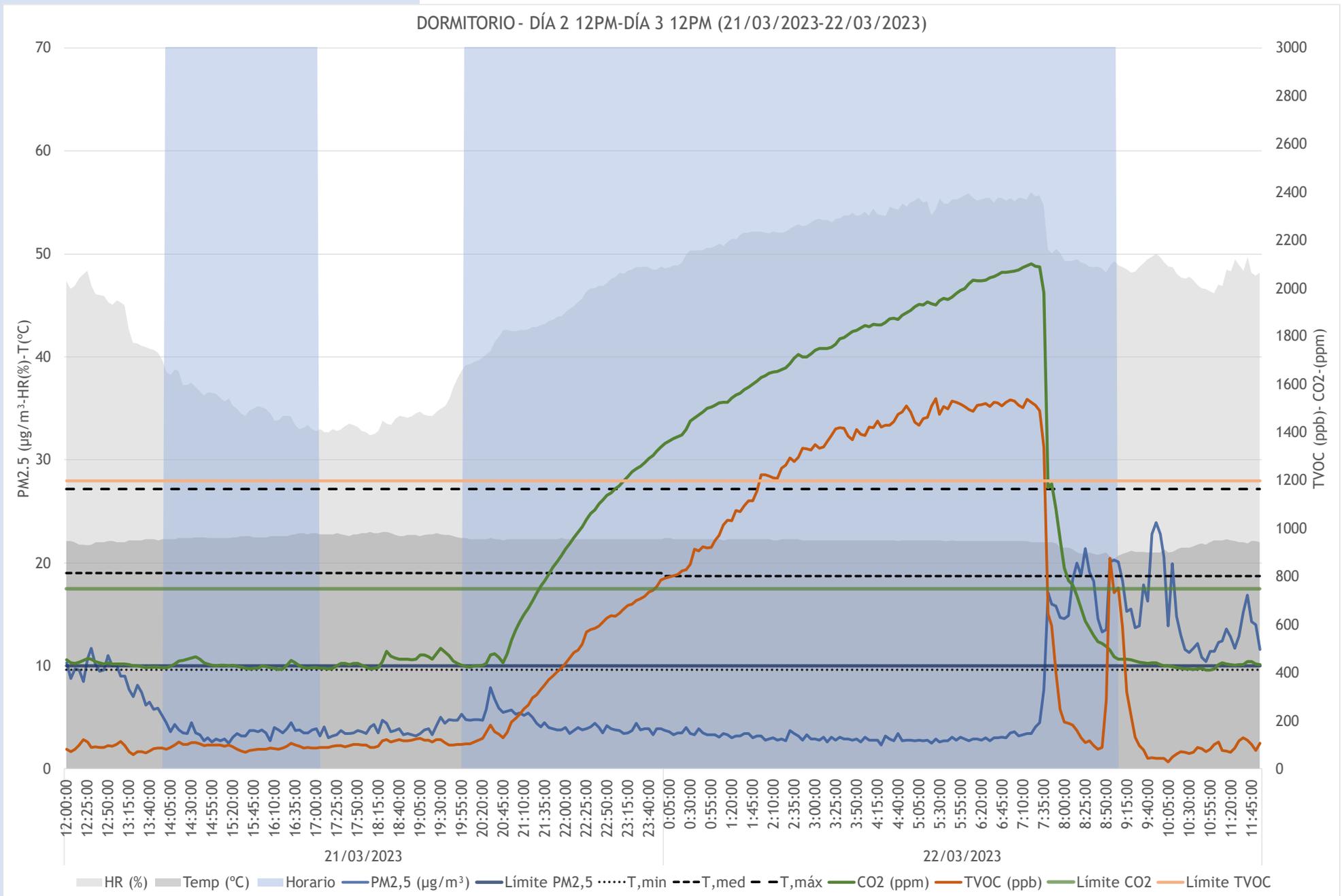
En cuanto a los compuestos orgánicos volátiles (TVOC), se registran valores medios que duplican y cuadruplican los valores límites, tanto durante el horario completo como durante el horario de uso, respectivamente.

Tabla 6. Taller 1 día 3.				
VALORES			LÍMITES	
M Á X	M E D	M Í N	R E F	S % U P
CO ₂ (ppm)				
1044,1	467,85	400	750	1,24
HR (%)				
58,1	48,27	31,5	40-50	50,55
PM _{2.5} (µg/m ³)				
68,8	10,26	3	10	41,32
TEMP (°C)				
25,1	22,78	21	21-24	22,32
TVOC (ppb)				
38820	2057	20	1200	17,36
SOLO HORARIO (10AM-4PM)				
CO ₂ (ppm)				
1044,1	540,56	405,6	750	4,30
HR (%)				
58,1	47,60	33,60	40-50	29,93
PM _{2.5} (µg/m ³)				
28,1	13,78	5,6	10	78
TEMP (°C)				
24,8	23,15	21	21-24	35
TVOC (ppb)				
38593	5706	266	1200	60,25

DORMITORIO - SEMANA 1 (20/03/2023-26/03/2023)



Gráfica 3. Gráfica Dormitorio semana 1.



Gráfica 4. Gráfica Dormitorio día 2- día 3.

Tabla 7. Dormitorio semana 1.				
VALORES			LÍMITES	
M	M	M	R	S
Á	E	Í	E	% U
X	D	N	F	P

CO ₂ (ppm)				
2121	872,4	403	750	43,50
HR (%)				
58,4	47,02	32,4	40-50	56,65
PM _{2.5} (µg/m ³)				
49,7	5,88	0,7	10	18,75
TEMP (°C)				
24,5	22,48	20,4	21-24	3,03
TVOC (ppb)				
3066,3	547,5	20,3	1200	15,48

SOLO HORARIO (8PM-9AM Y 2PM-5PM)				
CO ₂ (ppm)				
2121	906,25	408	750	65,96
HR (%)				
57,3	46,33	32,8	40-50	67,76
PM _{2.5} (µg/m ³)				
24,1	3,89	1	10	1,64
TEMP (°C)				
24,5	22,61	20,4	21-24	0,55
TVOC (ppb)				
3066,3	587,17	20,9	1200	24,2

El dormitorio se usa desde las 20:00 a 9:00 y para la siesta de 14:00 a 17:00.

La temperatura interior durante el uso oscila alrededor entre 20,5°C y 24, con una media de 22,5°C. Esta media es 13,7°C superior a la temperatura mínima exterior, temperatura principal que hace durante la noche. Solo supera el 1% el tiempo de consigna.

En relación con la humedad relativa interior, se mantiene entre el 33% y el 57% durante las horas de uso, con un valor medio de 45%, que se encuentra dentro de los rangos de confort aceptables.

En la gráfica podemos comprobar que los valores de CO₂ y TVOC aumentan gradualmente desde las 20:00 hasta aproximadamente las 9:00, momento en el cual se alcanzan los valores máximos. A las 9:00 se produce una reducción drástica de ambos parámetros durante la apertura de ventanas.

El CO₂ durante el uso del dormitorio supera el límite establecido más de un 65 %, con una media de IDA 2. En cuanto al TVOC, supera el límite de referencia más del 25% del tiempo.

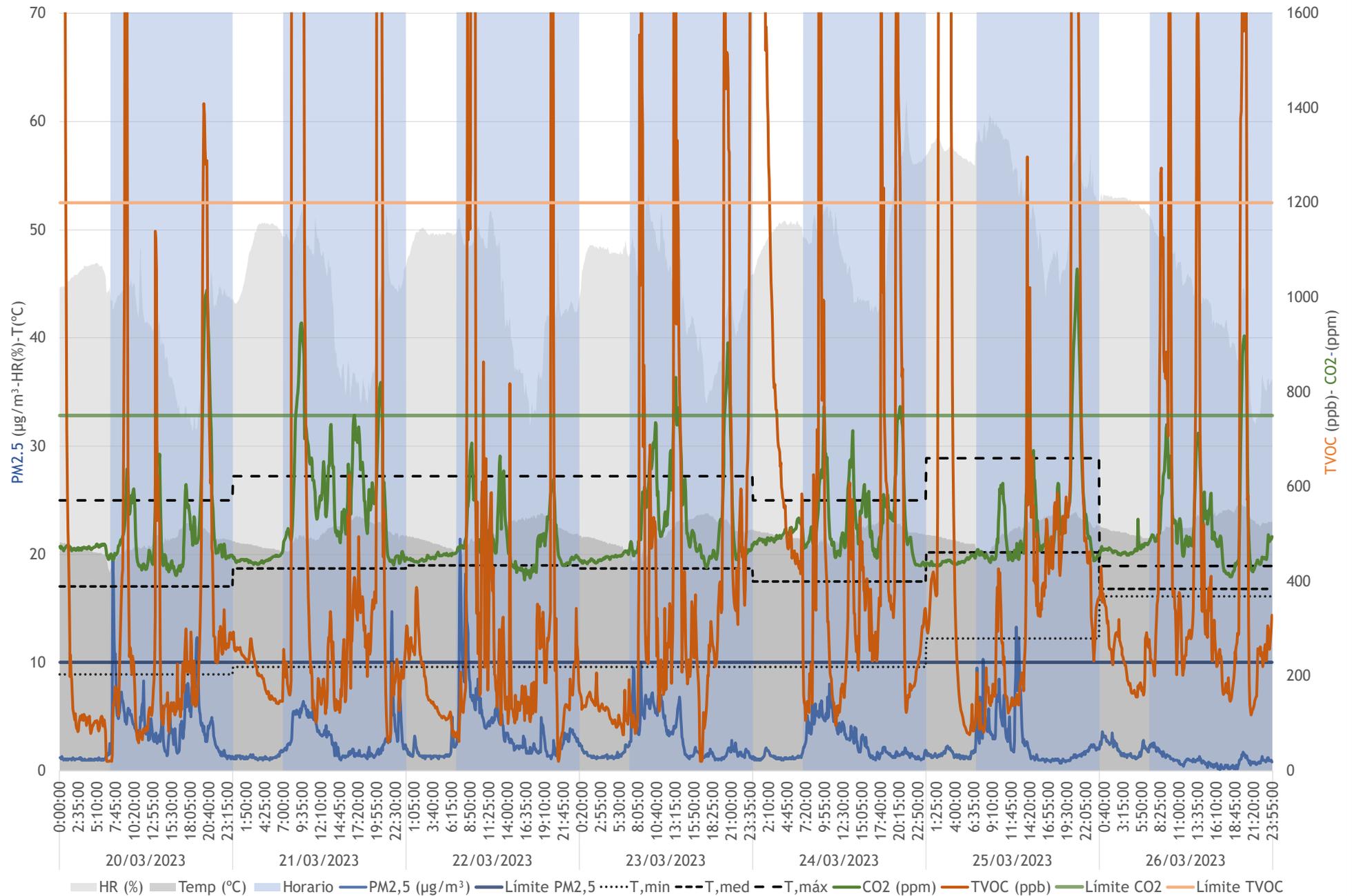
El material particulado fino (PM_{2.5}) alcanza su valor máximo cuando el dormitorio no está ocupado durante la mañana. Durante el tiempo en que los residentes están en la habitación y no se abren las ventanas, el PM_{2.5} supera menos del 4% del límite establecido. Sin embargo, si se considera todo el tiempo de medición, se supera el límite establecido en más de un 18%.

Tabla 8. Dormitorio día 2 - día 3.				
VALORES			LÍMITES	
M	M	M	R	S
Á	E	Í	E	% U
X	D	N	F	P

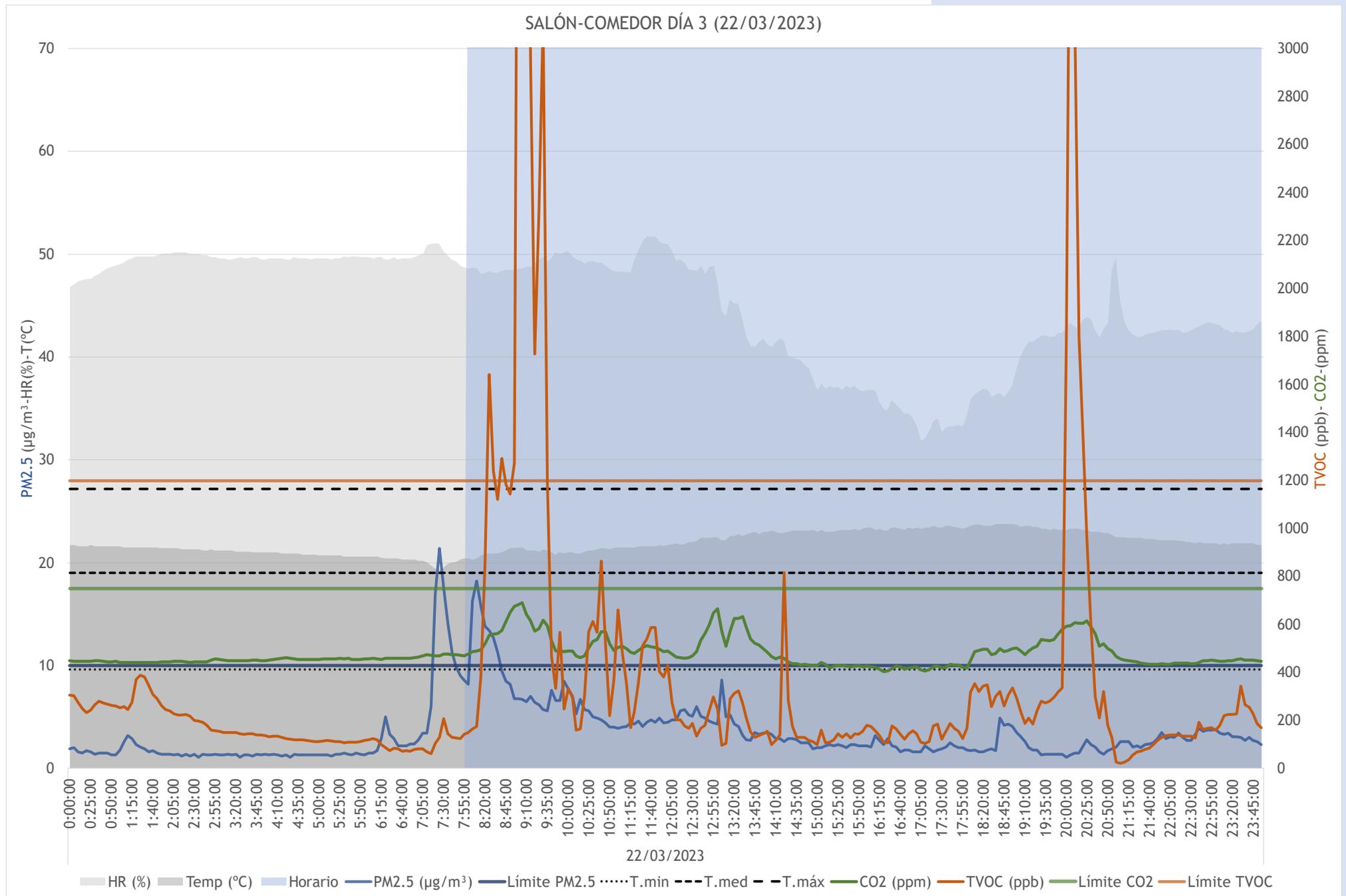
CO ₂ (ppm)				
2101,8	958,24	411,5	750	44,79
HR (%)				
56	45,65	32,4	40-50	58,33
PM _{2.5} (µg/m ³)				
23,9	6,20	2,3	10	20,14
TEMP (°C)				
23	22,18	20,4	21-24	3,13
TVOC (ppb)				
1540,5	554,10	29,8	1200	23,96

SOLO HORARIO (8PM-9AM Y 2PM-5PM)				
CO ₂ (ppm)				
2101,8	1014,1	412,6	750	70
HR (%)				
56	44,40	32,8	40-50	72,13
PM _{2.5} (µg/m ³)				
21,4	3,95	2,3	10	3,28
TEMP (°C)				
24,5	22,61	20,6	21-24	3,83
TVOC (ppb)				
1504,5	590,42	69,3	1200	37,70

SALÓN-COMEDOR SEMANA 1 (20/03/2023-26/03/2023)



Gráfica 5. Gráfica Salón-comedor semana 1.



Gráfica 6. Gráfica Salón-comedor día 3.

Tabla 9. Salón-comedor semana 1.				
VALORES			LÍMITES	
M	M	M	R	S
Á	E	Í	E	% U
X	D	N	F	P
CO ₂ (ppm)				
1059,8	513,73	402,6	750	4,07
HR (%)				
62	46,69	31,4	40-50	42,96
PM _{2.5} (µg/m ³)				
21,4	2,59	0,1	10	1,24
TEMP (°C)				
24,6	21,93	18,3	21-24	21,78
TVOC (ppb)				
10532	552,5	20	1200	9,97
SOLO HORARIO (8AM-12PM)				
CO ₂ (ppm)				
1059,8	539,97	402,6	750	6,13
HR (%)				
62	44,97	31,4	40-50	43,90
PM _{2.5} (µg/m ³)				
18,2	2,90	0,1	10	1,12
TEMP (°C)				
24,6	22,36	19,2	21-24	12,12
TVOC (ppb)				
8454	535,48	20	1200	10,40

El salón-comedor tiene un uso intenso desde las 08:00 hasta 22:00, luego algunos días los residentes se quedan hasta las 24:00

La temperatura interior durante el uso oscila entre 19°C y casi 25°C, con una media de alrededor de 22,5°C. Esta media es 4,30°C superior a la temperatura media exterior. El tiempo fuera de consigna esta entre el 10 y el 20% pero no supera el 10% de los límites máximos y mínimos establecidos.

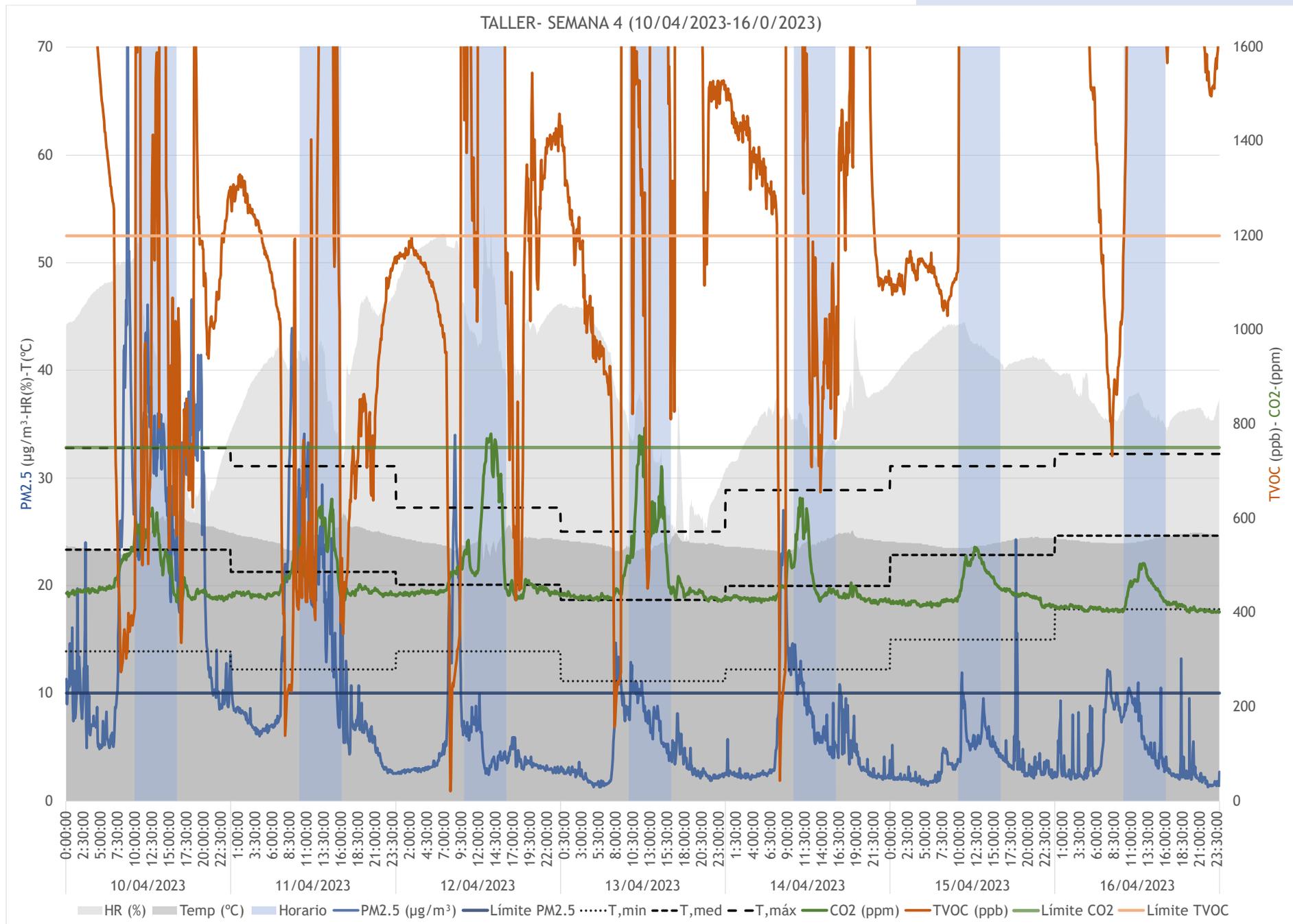
La humedad relativa interior se mantiene entre el 32% y el 62% durante las horas de uso, con un valor medio alrededor del 42%, que se encuentra dentro de los rangos de confort aceptables.

La media de CO₂ está por debajo del límite establecido para la categoría IDA 1, que es de 750 ppm. Rebasa los límites establecidos poco o nada de tiempo al día.

El TVOC se registran valores altos, pero de corta duración. En la gráfica los agenciamos con los picos de TVOC, y que coinciden con la limpieza intensiva por la mañana y por la noche, donde se ven los obtienen los valores máximos. Estos picos de TVOC son seguidos por una rápida disminución de los valores.

El PM_{2.5} alcanza sus valores máximos durante la limpieza. Sin embargo, en general, los valores de PM_{2.5} se mantienen dentro de los límites establecidos. Después de la limpieza de la noche, se ventila durante un período de tiempo, aunque tampoco se superan los límites establecidos.

Tabla 10. Salón-comedor día 3.				
VALORES			LÍMITES	
M	M	M	R	S
Á	E	Í	E	% U
X	D	N	F	P
CO ₂ (ppm)				
691,7	477,78	402,6	750	0
HR (%)				
51,7	45,07	31,9	40-50	26,39
PM _{2.5} (µg/m ³)				
21,4	3,48	1,1	10	4,17
TEMP (°C)				
23,8	21,93	19,3	21-24	19,79
TVOC (ppb)				
7413,3	372,63	20	1200	5,90
SOLO HORARIO (8AM-12PM)				
CO ₂ (ppm)				
691,7	490,13	402,6	750	0
HR (%)				
51,7	42,83	31,9	40-50	34,55
PM _{2.5} (µg/m ³)				
18,2	3,84	1,1	10	3,66
TEMP (°C)				
23,8	22,44	20,3	21-24	5,76
TVOC (ppb)				
7413,3	475,6	20	1200	8,90



Gráfica 7. Gráfica Taller 1 semana 4.

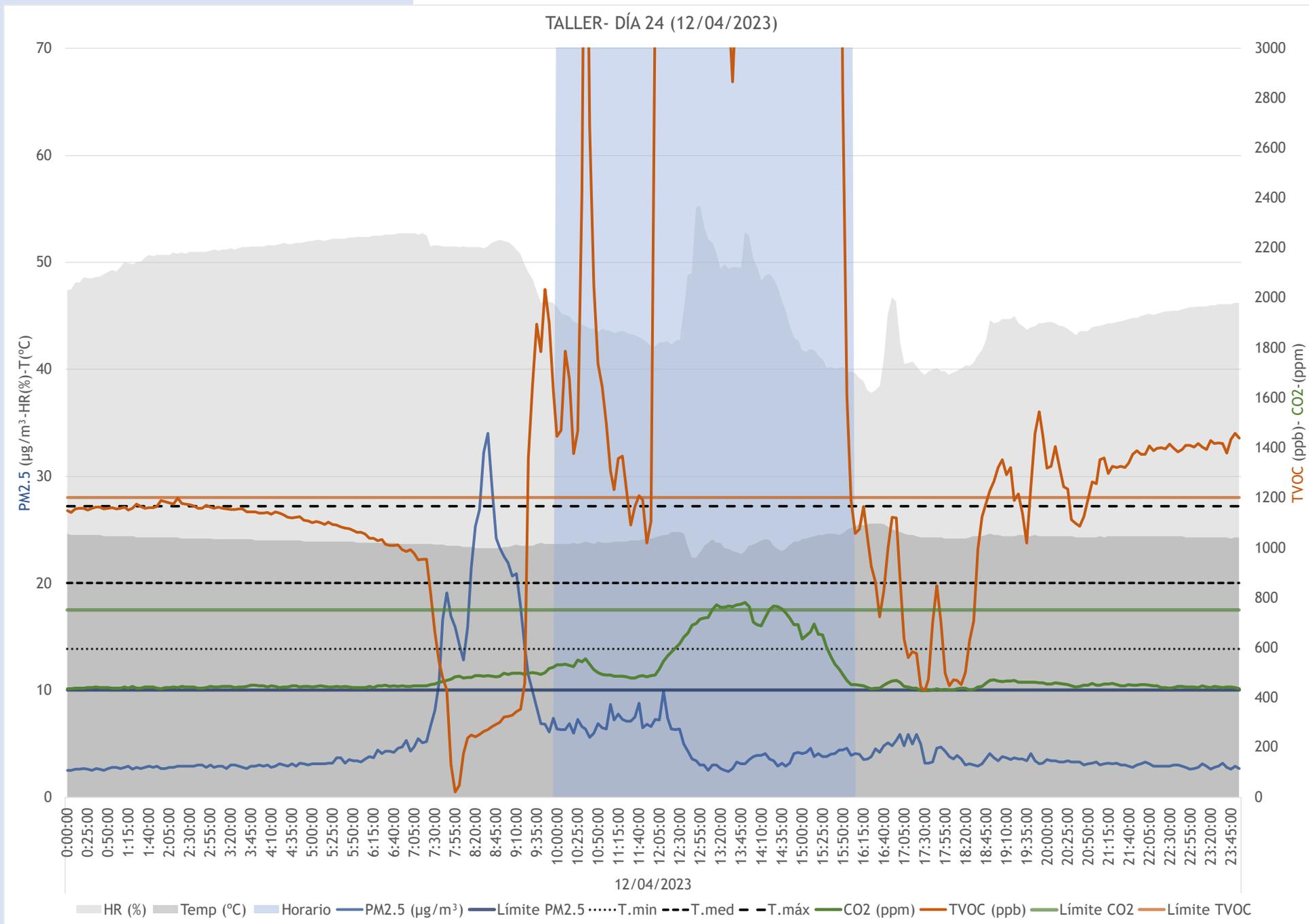


Tabla 11. Taller 1 semana 4.				
VALORES			LÍMITES	
M	M	M	R	S
Á	E	Í	E	% U
X	D	N	F	P

CO ₂ (ppm)				
791,6	461,97	400	750	0,94
HR (%)				
55,3	39,47	22	40-50	57,34
PM _{2.5} (µg/m ³)				
72,3	8,28	1,3	10	21,03
TEMP (°C)				
27,5	24,18	22,4	21-24	51,44
TVOC (ppb)				
38820	2551,8	20	1200	57,19

SOLO HORARIO (10AM-4PM)				
CO ₂ (ppm)				
791,6	528,85	400,8	750	3,27
HR (%)				
55,3	38,85	24,6	40-50	59,55
PM _{2.5} (µg/m ³)				
51,1	12,63	2,4	10	37,35
TEMP (°C)				
26,9	24,05	22,4	21-24	34,95
TVOC (ppb)				
38820	5000	329,2	1200	67,30

En la tabla 11 y 12 y la gráfica 7 y 8 se observa a rasgos generales que tanto la calidad ambiental interior como las condiciones higrotérmicas son desfavorable.

La temperatura interior oscila entre 22,40°C y 26,9°C durante el horario de uso, con una media alrededor de 24°C. Esta media es 2,65°C superior a la temperatura media exterior, se encuentra en torno al límite máximo establecido, superando más de un 30% el tiempo de consigna.

En relación con la humedad relativa interior, se mantiene entre el 24,60% y el 55,3% durante las horas de uso, con un valor medio en torno del 40%. Este valor se encuentra cerca de los mínimos de rangos de confort aceptables y supera en más del 40% el tiempo fuera de consigna.

La media de CO₂, tanto considerando todas las horas como solo las de uso de la sala, está por debajo del límite establecido para la categoría IDA 1. Menos del 9% del tiempo del uso de la sala se encuentra fuera de los límites establecidos.

El material particulado fino (PM_{2.5}) alcanza sus valores máximos durante la realización de actividades en el taller. Después de finalizar el uso de la sala, cuando se ventila, los índices de PM_{2.5} se reducen a 10 µg/m³ o inferior.

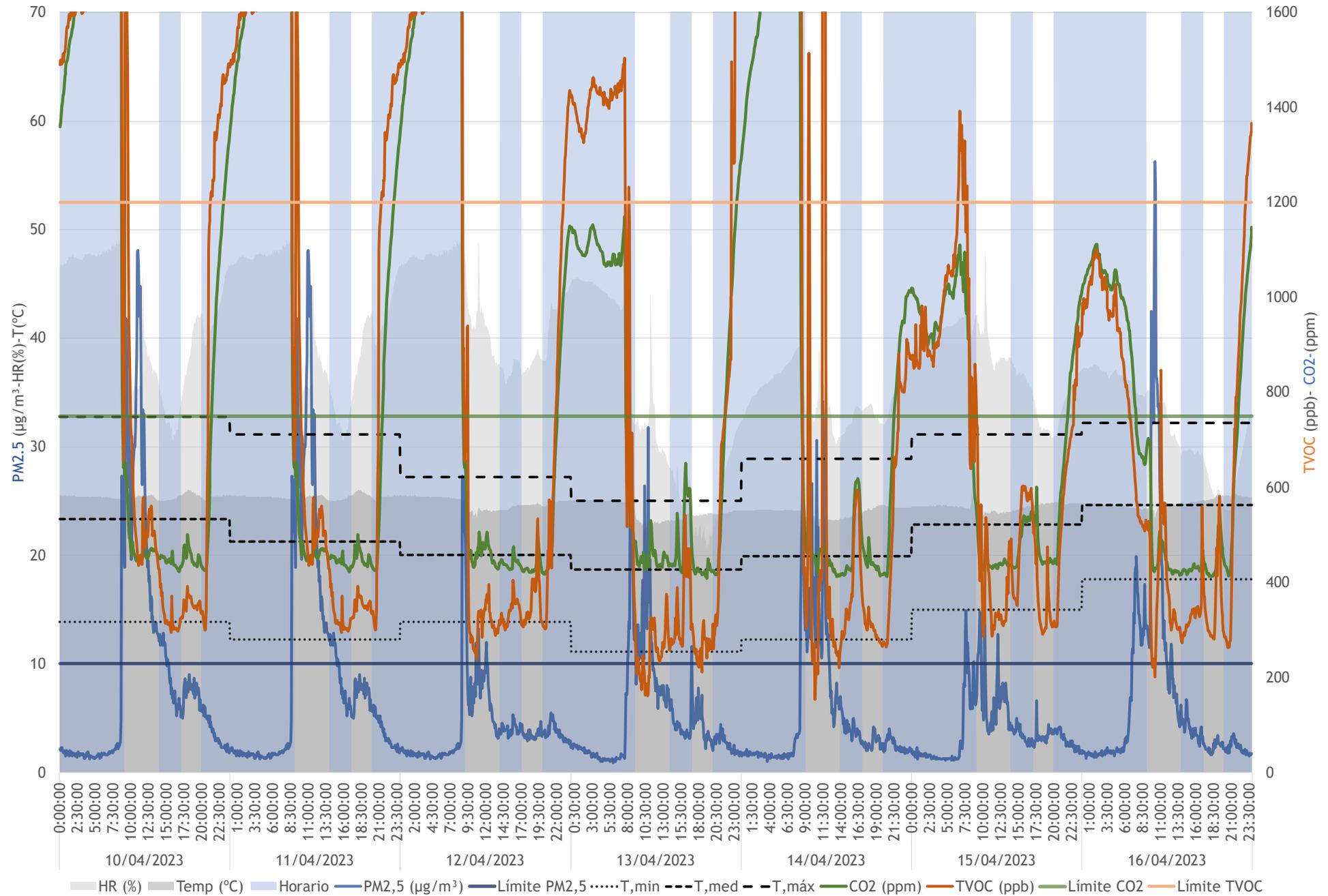
En cuanto a los compuestos orgánicos volátiles (TVOC), se registran valores medios que duplican y cuadruplican los valores límites, tanto durante el horario completo como durante el horario de uso, respectivamente.

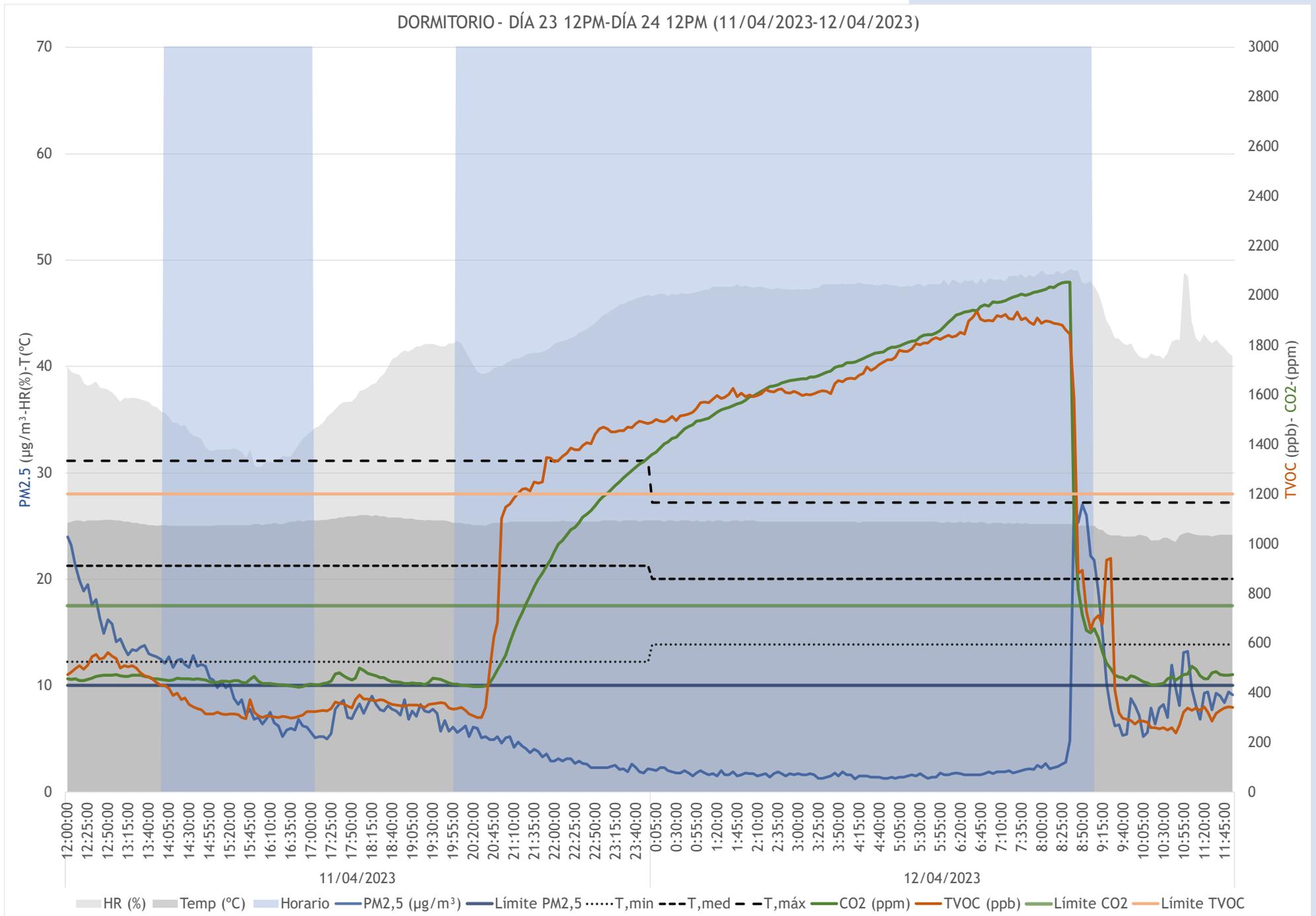
Tabla 12. Taller 1 día 24.				
VALORES			LÍMITES	
M	M	M	R	S
Á	E	Í	E	% U
X	D	N	F	P

CO ₂ (ppm)				
779,3	491,55	426,8	750	4,86
HR (%)				
55,3	47,01	37,8	40-50	41,67
PM _{2.5} (µg/m ³)				
34	5,24	2,4	10	7,99
TEMP (°C)				
25,6	24,11	22,4	21-24	58,33
TVOC (ppb)				
38820	3159,9	20	1200	44,44

SOLO HORARIO (10AM-4PM)				
CO ₂ (ppm)				
779,3	600,67	477,8	750	8,27
HR (%)				
55,3	45,93	40,1	40-50	15,66
PM _{2.5} (µg/m ³)				
21,9	6,15	2,4	10	7,23
TEMP (°C)				
25	23,84	22,4	21-24	30,12
TVOC (ppb)				
38820	8402,7	329,2	1200	89,16

DORMITORIO - SEMANA 4 (10/04/2023-16/04/2023)





Gráfica 10. Gráfica Dormitorio día 23 - día 24.

Tabla 13. Dormitorio semana 4.				
VALORES			LÍMITES	
M Á X	M E D	M Í N	R E F	S % U P
CO ₂ (ppm)				
2054,4	863,3	408,6	750	44,39
HR (%)				
49,1	37,78	20,6	40-50	63,24
PM _{2.5} (µg/m ³)				
56,3	6,18	0,9	10	17,01
TEMP (°C)				
26	24,69	22,2	21-24	82
TVOC (ppb)				
5418,5	923,11	153,7	1200	32,19
SOLO HORARIO (8PM-9AM Y 2PM-5PM)				
CO ₂ (ppm)				
2054,4	892,08	412,1	750	67,45
HR (%)				
49,1	37,17	22,4	40-50	54,72
PM _{2.5} (µg/m ³)				
39,1	3,53	0,9	10	3,98
TEMP (°C)				
25,8	24,74	22,6	21-24	91,41
TVOC (ppb)				
3678,1	957,94	259,4	1200	47,15

El dormitorio se usa desde las 20:00 a 9:00 y para la siesta, de 14:00 a 17:00. Como se puede observar en este caso en el gráfico, el jueves 13, el viernes 14 y el sábado 15 si se ha usado el dormitorio en la hora de la siesta.

La temperatura interior durante el uso oscila en torno 26°C y 22,5 °C, con una media alrededor de 25°C. Esta media es 8°C superior a la temperatura mínima exterior. Se supera el límite máximo establecido el 90% del tiempo

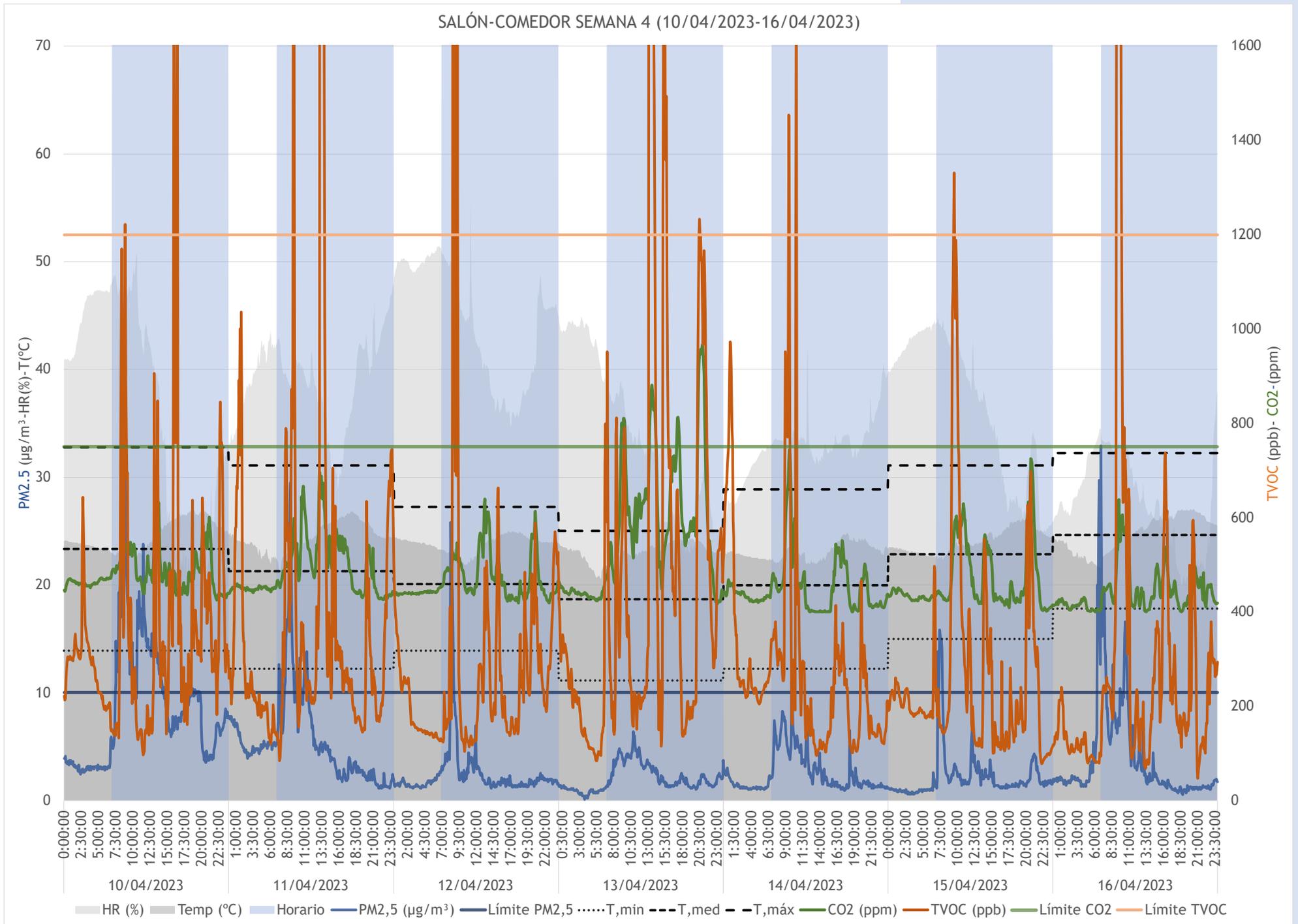
En relación con la humedad relativa interior, se mantiene en torno del 37% y el 49% durante las horas de uso, con un valor medio alrededor de 40%.

En la gráfica podemos comprobar que los valores de CO₂ y TVOC aumentan gradualmente desde las 20:00 hasta aproximadamente las 9:00, momento en el cual se alcanzan los valores máximos. A las 9:00 se produce una reducción drástica de ambos parámetros durante la apertura de ventanas.

El CO₂ durante el uso del dormitorio supera el límite establecido un 70,5 %, con una media de IDA 3, alrededor de 1000ppm. En cuanto al TVOC, supera el límite de referencia más del 45% del tiempo total con una media en torno a 1000ppb, por debajo del límite de referencia.

El material particulado fino (PM_{2.5}) alcanza su valor máximo cuando el dormitorio no está ocupado durante la mañana. Durante el tiempo en que los residentes están en la habitación y no se abren las ventanas, el PM_{2.5} supera menos del 8% del límite establecido. Sin embargo, si se considera todo el tiempo de medición, se supera el límite establecido en más de un 18%.

Tabla 14. Dormitorio día 23 - día 24 .				
VALORES			LÍMITES	
M Á X	M E D	M Í N	R E F	S % U P
CO ₂ (ppm)				
2054,4	1001,2	422,8	750	47,57
HR (%)				
49,1	42,44	30,5	40-50	28,82
PM _{2.5} (µg/m ³)				
27,3	6,16	1,2	10	17,71
TEMP (°C)				
26	25,23	23,5	21-24	95,49
TVOC (ppb)				
1935,2	997,01	238	1200	47,92
SOLO HORARIO (8PM-9AM Y 2PM-5PM)				
CO ₂ (ppm)				
2054,4	1020,3	422,8	750	70,49
HR (%)				
49,1	40,93	30,5	40-50	22,95
PM _{2.5} (µg/m ³)				
27,3	4,74	1,2	10	8,20
TEMP (°C)				
25,5	25,30	24,9	21-24	100
TVOC (ppb)				
1935,2	1056,3	294,6	1200	71,58



Gráfica 11. Gráfica Salón-comedor semana 4.

SALÓN-COMEDOR DÍA 24 (12/04/2023)

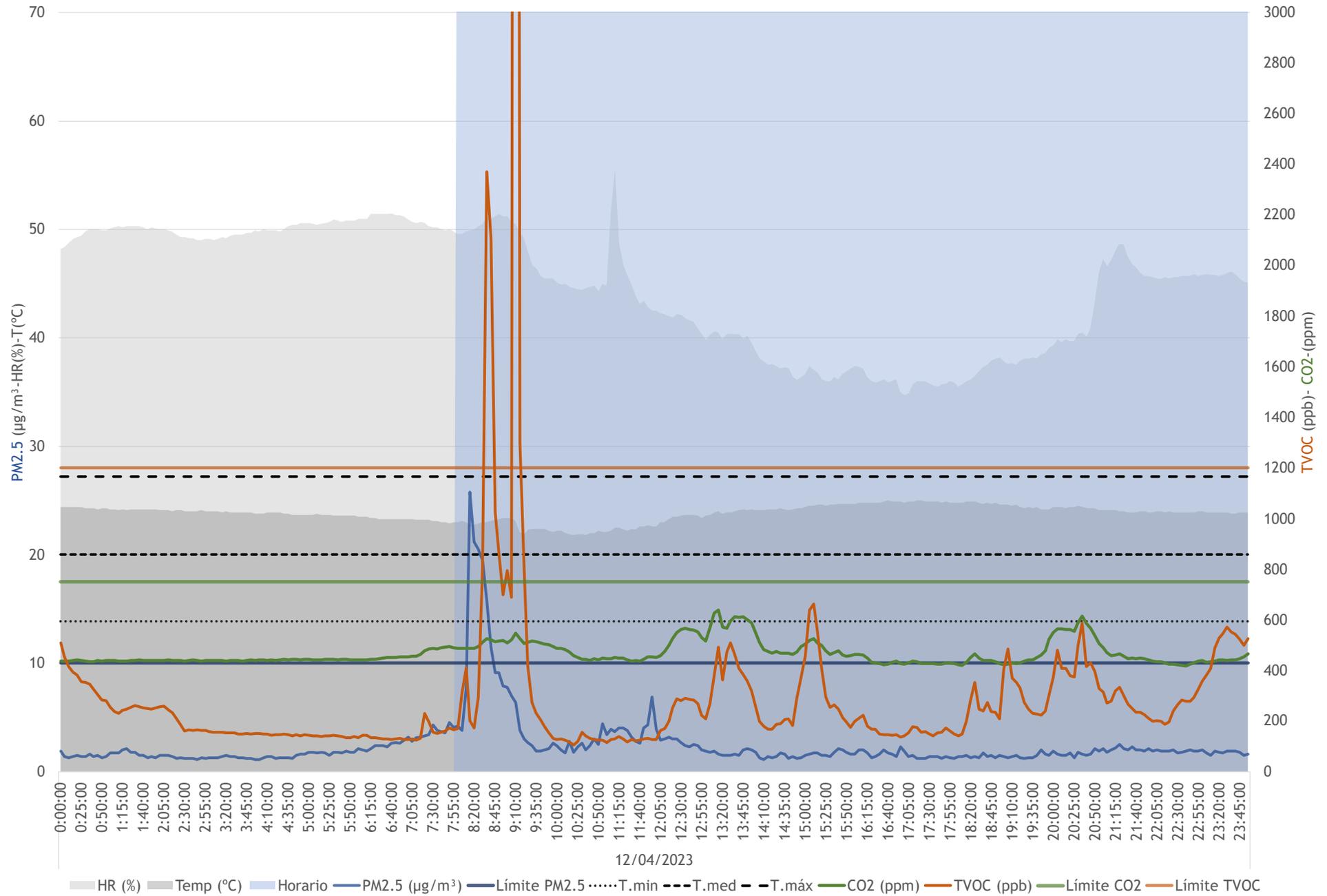


Tabla 15. Salón-comedor semana 4.				
VALORES			LÍMITES	
M	M	M	R	S
Á	E	Í	E	% U
X	D	N	F	P

CO ₂ (ppm)				
966,9	480,69	400	750	1,88
HR (%)				
55,5	35,94	19,7	40-50	68,06
PM _{2.5} (µg/m ³)				
34	3,87	0,1	10	8,23
TEMP (°C)				
27	23,94	20,5	21-24	42,31
TVOC (ppb)				
13503	456,64	47,2	1200	2,68

SOLO HORARIO (8AM-12PM)				
CO ₂ (ppm)				
966,9	499,68	400	750	2,84
HR (%)				
55,5	33,89	19,7	40-50	78,68
PM _{2.5} (µg/m ³)				
34	4,24	0,5	10	9,80
TEMP (°C)				
27	24,41	21,8	21-24	57,14
TVOC (ppb)				
13503	416,03	47,2	1200	4,04

El salón-comedor tiene un uso intenso desde las 08:00 hasta 22:00, luego algunos días los residentes se quedan hasta las 24:00

La temperatura interior durante el uso oscila en torno de 20,5°C y 27°C, con una media de alrededor de 24°C. La temperatura durante el tiempo de uso supera más del 45% del límite de consigna.

La humedad relativa interior se mantiene entre el 34% y el 55,5% durante las horas de uso, con un valor medio del 40%, que se encuentra por debajo de los rangos de confort aceptables.

La media de CO₂ por debajo del límite establecido para la categoría IDA 1, que es de 750 ppm. Menos del 3% del tiempo del uso de la sala se encuentra fuera de los límites establecidos.

El TVOC se registran valores altos, pero de corta duración. En la gráfica los agenciamos con los picos de TVOC, y que coinciden con la limpieza intensiva por la mañana y por la noche, donde se ven los obtienen los valores máximos. Estos picos de TVOC son seguidos por una rápida disminución de los valores.

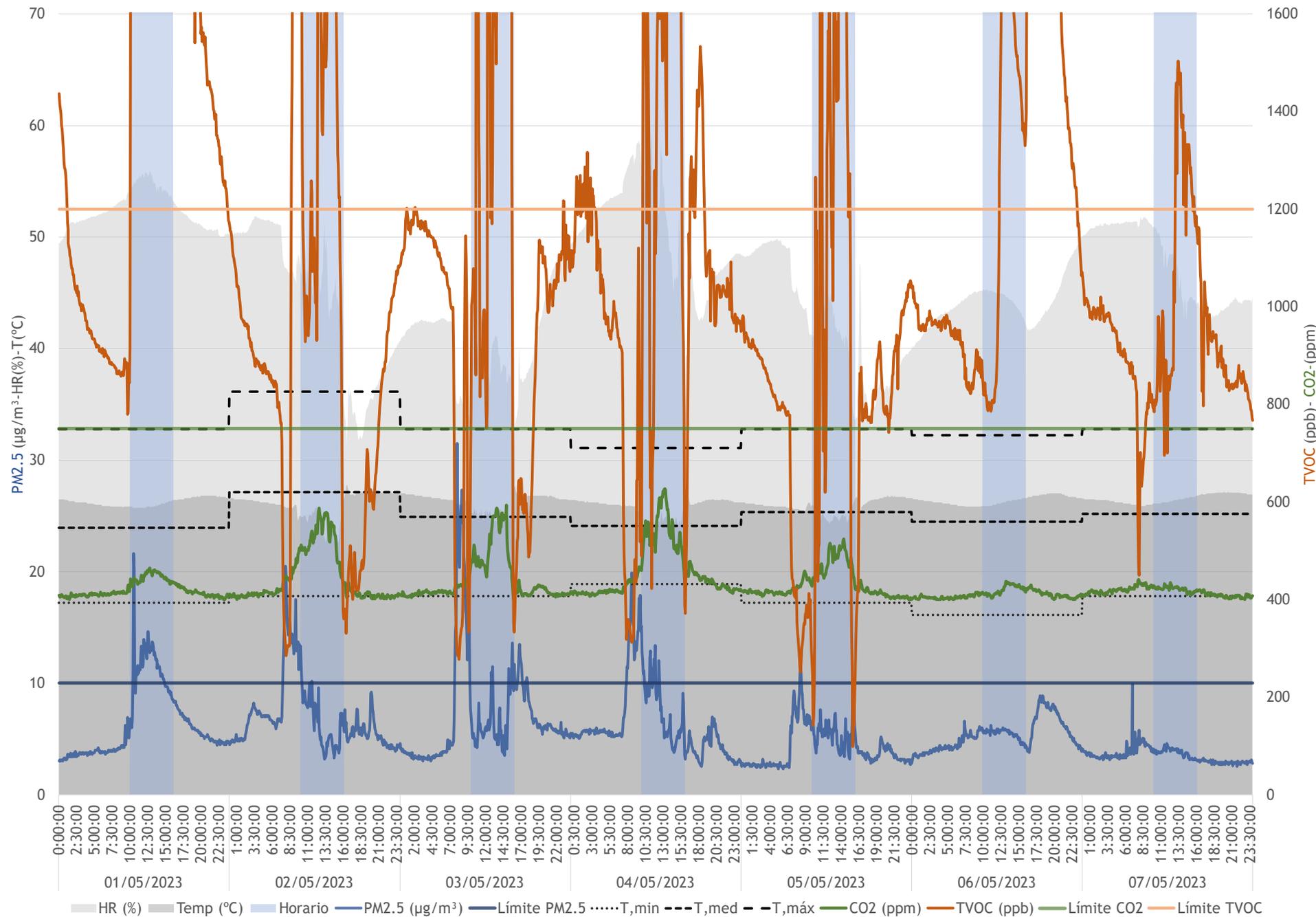
El material particulado fino (PM_{2.5}) alcanza sus valores máximos durante la limpieza. Sin embargo, en general, los valores de PM_{2.5} se mantienen dentro de los límites establecidos. Después de la limpieza de la noche se ventila durante un período de tiempo más largo, aunque tampoco se superan los límites establecidos.

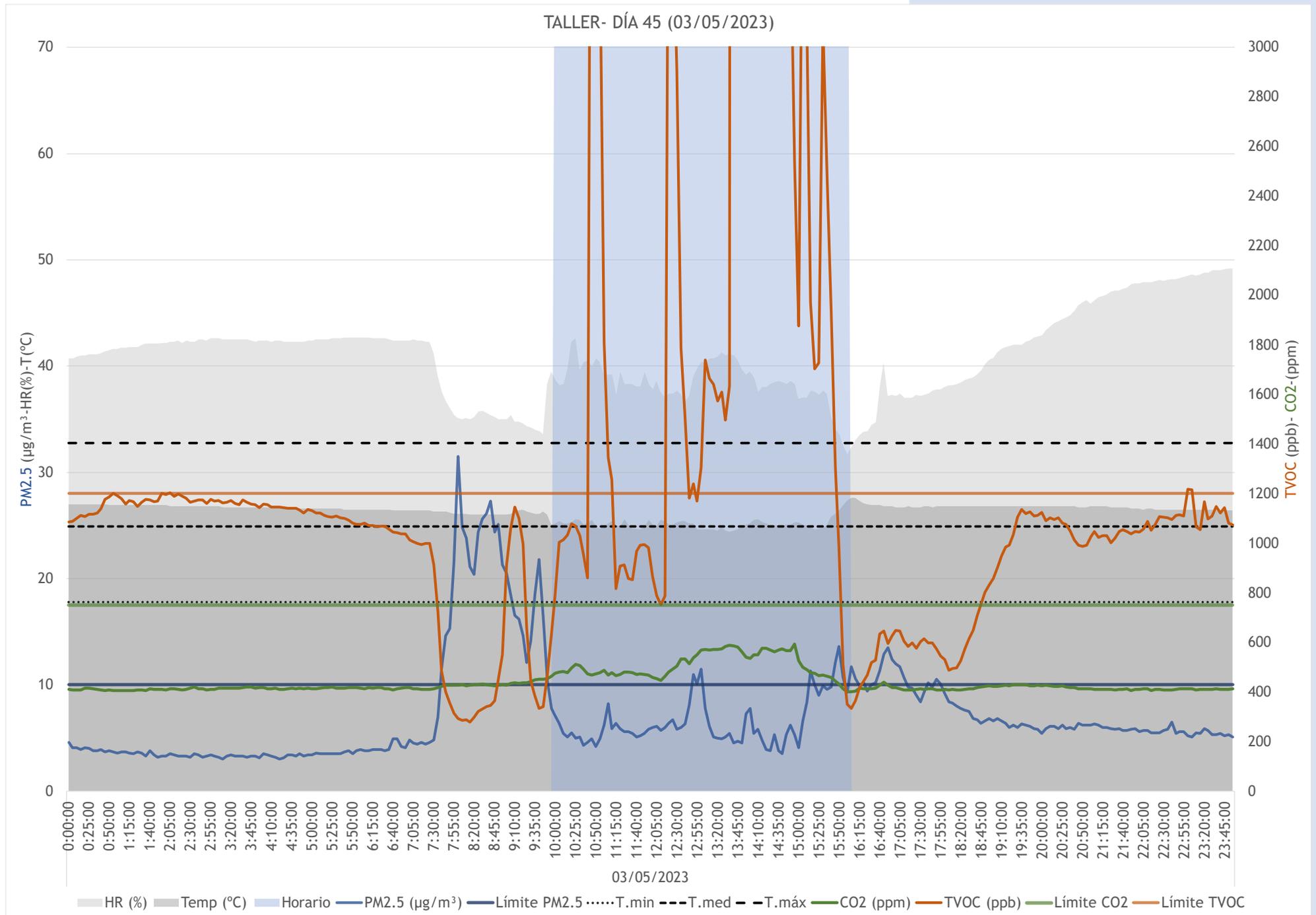
Tabla 16. Salón-comedor día 24 .				
VALORES			LÍMITES	
M	M	M	R	S
Á	E	Í	E	% U
X	D	N	F	P

CO ₂ (ppm)				
639,6	467,07	418,1	750	0
HR (%)				
55,5	44,67	34,7	40-50	49,31
PM _{2.5} (µg/m ³)				
25,8	2,45	1,1	10	2,08
TEMP (°C)				
25	23,82	21,8	21-24	42,36
TVOC (ppb)				
13503	317,82	104,1	1200	1,39

SOLO HORARIO (8AM-12PM)				
CO ₂ (ppm)				
639,6	477,87	418,1	750	0
HR (%)				
55,5	41,90	34,7	40-50	49,21
PM _{2.5} (µg/m ³)				
25,8	2,74	1,1	10	3,14
TEMP (°C)				
25	23,83	21,8	21-24	48,17
TVOC (ppb)				
13503	381,5	104,1	1200	2,09

TALLER- SEMANA 7 (01/05/2023-07/05/2023)





Gráfica 14. Gráfica Taller 1 día 45.

Tabla 17. Taller 1 semana 7.				
VALORES			LÍMITES	
M	M	M	R	S
Á	E	Í	E	% U
X	D	N	F	P
CO ₂ (ppm)				
627,2	431,33	400	750	0
HR (%)				
59,4	46,03	31,3	40-50	48,21
PM _{2.5} (µg/m ³)				
31,5	5,71	2,3	10	8,83
TEMP (°C)				
27,8	26,14	22,6	21-24	98,46
TVOC (ppb)				
38820	1552,9	98,7	1200	29,17
SOLO HORARIO (10AM-4PM)				
CO ₂ (ppm)				
627,2	472,5	402,3	750	0
HR (%)				
59,4	46,45	32,5	40-50	42,51
PM _{2.5} (µg/m ³)				
21,8	7,01	3,1	10	18,93
TEMP (°C)				
26,9	25,41	22,6	21-24	95
TVOC (ppb)				
38820	2882,7	98,7	1200	58,86

Se observa, a rasgos generales, que algunos valores de la calidad ambiental interior superan los valores límites establecidos y que la temperatura varía a lo largo del día.

La temperatura interior oscila entre 22,60°C y 26,9°C durante el horario de uso, con una media de 25,5°C. Esta media es menor de un grado superior a la temperatura media exterior y no se encuentra dentro de los límites establecidos superando un 95% el tiempo de consigna.

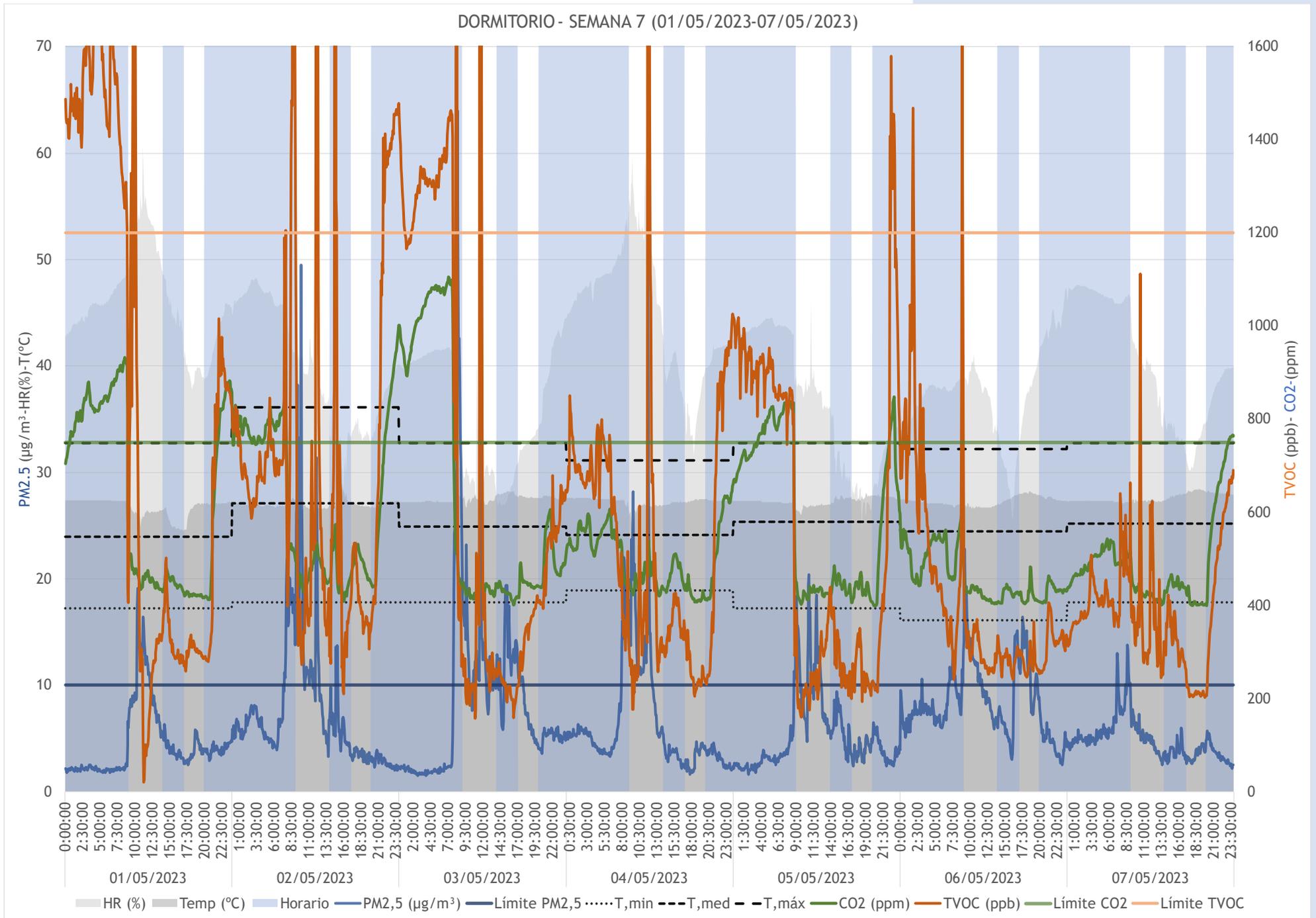
En relación con la humedad relativa interior, se mantiene entre el 32,50% y el 59,4% durante las horas de uso, con un valor medio del 46,45%. Este valor se encuentra fuera de los rangos de confort aceptables.

La media de CO₂ está siempre por debajo del límite establecido para la categoría IDA 1, lo cual indica una buena renovación de aire en el espacio.

El PM_{2.5} alcanza sus valores máximos durante la realización de actividades en el taller. Aunque se ventile todo el día de forma natural, se superan los límites establecidos de PM_{2.5} durante la realización de la actividad. Sin embargo, al finalizar la actividad, los valores de PM_{2.5} se reducen considerablemente y son inferiores a los límites máximos establecidos.

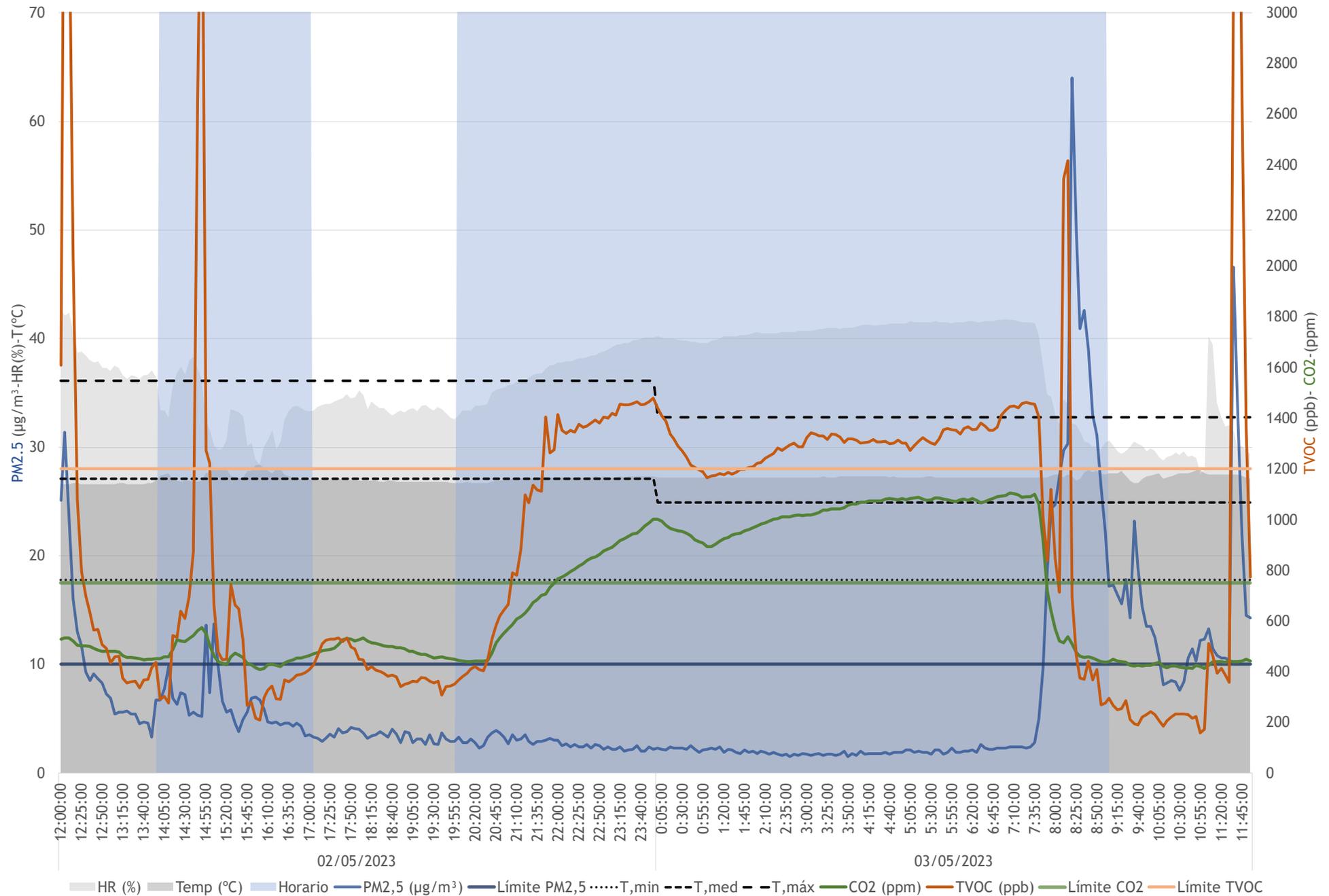
Los TVOC se registran valores medios que superan los valores límites. Se produce la realización de la actividad.

Tabla 18. Taller 1 día 45 .				
VALORES			LÍMITES	
M	M	M	R	S
Á	E	Í	E	% U
X	D	N	F	P
CO ₂ (ppm)				
593,7	439,77	400	750	0
HR (%)				
49,2	40,82	31,7	40-50	40,63
PM _{2.5} (µg/m ³)				
31,5	7,08	2,7	10	16,67
TEMP (°C)				
27,6	26,25	24,3	21-24	100
TVOC (ppb)				
38820	2076	277	1200	18,06
SOLO HORARIO (10AM-4PM)				
CO ₂ (ppm)				
593,7	501,43	412,1	750	0
HR (%)				
42,6	38,17	32,5	40-50	79,52
PM _{2.5} (µg/m ³)				
21,8	7,62	3,5	10	20,48
TEMP (°C)				
26,9	25,25	24,4	21-24	100
TVOC (ppb)				
38820	4869,5	333,6	1200	55



Gráfica 15. Gráfica Dormitorio semana 7.

DORMITORIO - DÍA 44 12PM-DÍA 45 12PM (02/05/2023-03/05/2023)



Gráfica 16. Gráfica Dormitorio día 44 y día 45.

Tabla 19. Dormitorio semana 7.				
VALORES			LÍMITES	
M	M	M	R	S
Á	E	Í	E	% U
X	D	N	F	P

CO ₂ (ppm)				
1105,5	561,76	400	750	20,34
HR (%)				
60,7	40,21	24,6	40-50	54,32
PM _{2.5} (µg/m ³)				
64	6,51	1,5	10	17,61
TEMP (°C)				
28,5	27,22	24,3	21-24	100
TVOC (ppb)				
4849	605,62	20	1200	12,95

SOLO HORARIO (8PM-9AM Y 2PM-5PM)				
CO ₂ (ppm)				
1105,5	581,41	400	750	30,68
HR (%)				
54,5	39,25	25,7	40-50	39,42
PM _{2.5} (µg/m ³)				
64	4,95	1,5	10	5,46
TEMP (°C)				
28,4	27,32	24,5	21-24	100
TVOC (ppb)				
3842,2	621,90	159	1200	17,49

El dormitorio se usa desde las 20:00 a 9:00 y para la siesta de 14:00 a 17:00. En esta semana se ha usado para más días el dormitorio para la siesta.

La temperatura interior durante el uso oscila entre 28,4°C y 24,5 con una media alrededor de 27°C. Esta media es 9,8°C superior a la temperatura mínima exterior. Se supera el tiempo de consigna en más de un 100%.

En relación con la humedad relativa interior, se mantiene en torno 25% y el 55% durante las horas de uso, con un valor medio alrededor de 40%.

En la gráfica podemos comprobar que los valores de CO₂ y TVOC aumentan gradualmente desde las 20:00 hasta aproximadamente las 8:00, momento en el cual se alcanzan los valores máximos. A las 8:00 se produce una reducción drástica de ambos parámetros durante la apertura de ventanas.

El CO₂ durante el uso del dormitorio supera el límite establecido un 30 %, con una media de IDA 1, alrededor de 600ppm. En cuanto al TVOC, supera el límite de referencia más del 15% del tiempo total con una media en torno a 700-1000ppb, por debajo del límite de referencia.

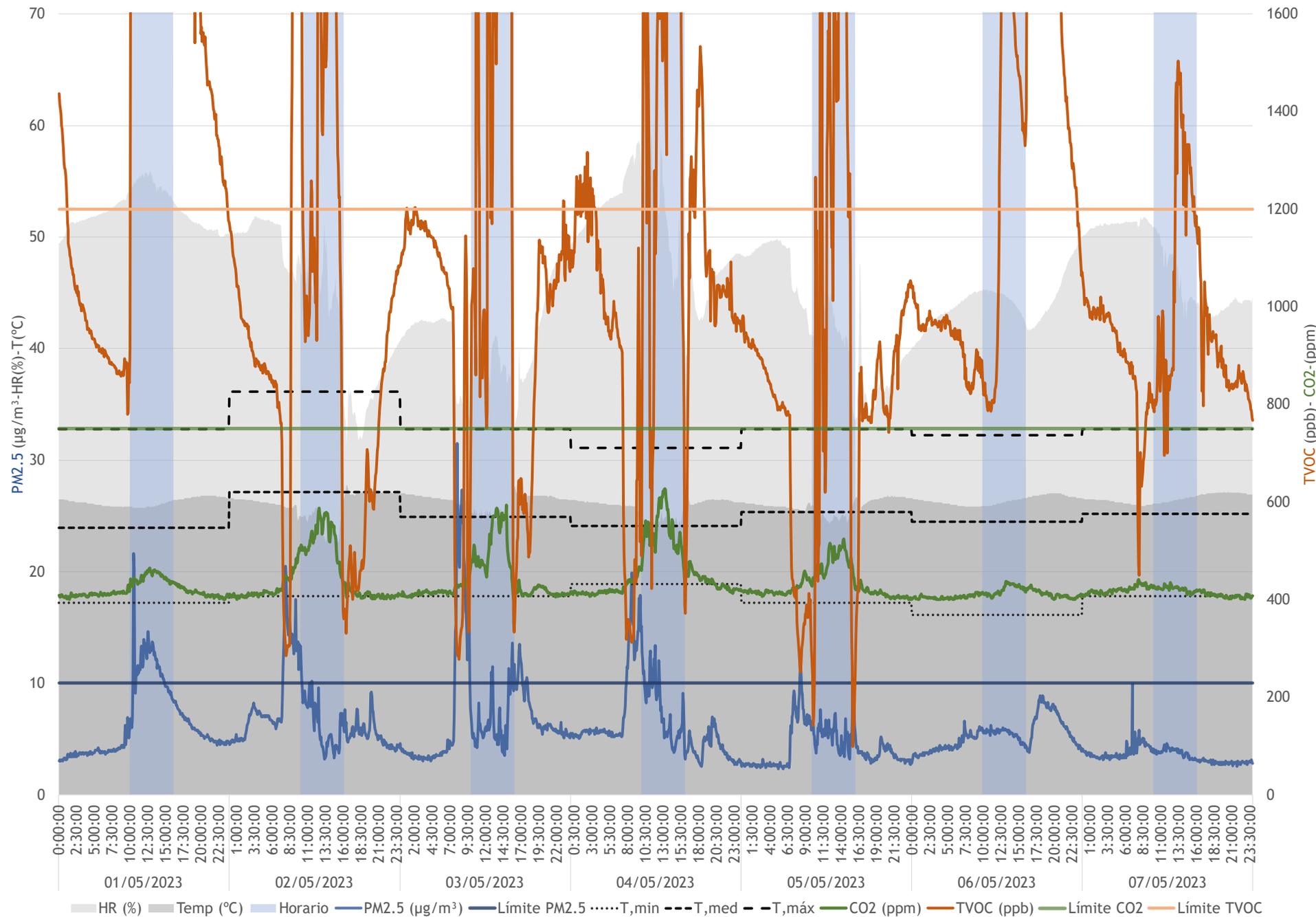
El material particulado fino (PM_{2.5}) alcanza su valor máximo cuando el dormitorio no está ocupado durante la mañana. Durante el tiempo en que los residentes están en la habitación y no se abren las ventanas, el PM_{2.5} supera menos del 6% del límite establecido. Sin embargo, si se considera todo el tiempo de medición, se supera el límite establecido en más de un 17%.

Tabla 20. Dormitorio día 44-45 .				
VALORES			LÍMITES	
M	M	M	R	S
Á	E	Í	E	% U
X	D	N	F	P

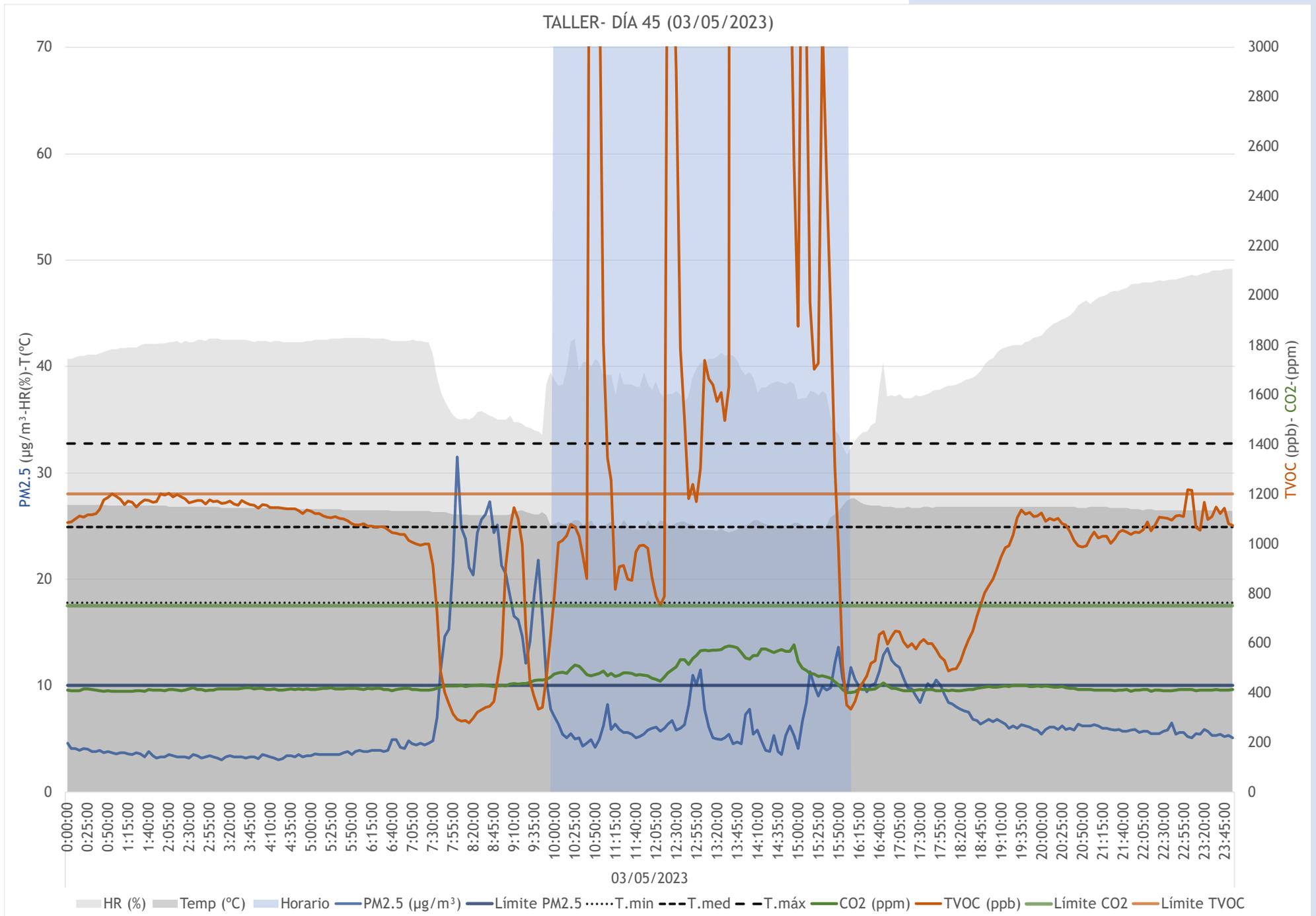
CO ₂ (ppm)				
1105,5	694,13	409	750	40,97
HR (%)				
42,7	36,40	27,5	40-50	68,06
PM _{2.5} (µg/m ³)				
64	6,69	1,5	10	18,06
TEMP (°C)				
28,4	27,18	26,6	21-24	100
TVOC (ppb)				
4407,4	925,88	157,5	1200	42,36

SOLO HORARIO (8PM-9AM Y 2PM-5PM)				
CO ₂ (ppm)				
1105,5	732,9	409	750	64,48
HR (%)				
41,8	36,87	28,4	40-50	52,46
PM _{2.5} (µg/m ³)				
64	3,97	1,5	10	3,28
TEMP (°C)				
28,4	27,26	26,7	21-24	100
TVOC (ppb)				
3842	1003,1	209,6	1200	61,20

TALLER- SEMANA 7 (01/05/2023-07/05/2023)



Gráfica 17. Gráfica Salón-comedor semana 7.



Gráfica 18. Gráfica Salón-comedor día 45.

Tabla 21. Salón-comedor semana 7.				
VALORES			LÍMITES	
M	M	M	R	S
Á	E	Í	E	% U
X	D	N	F	P
CO ₂ (ppm)				
688,7	452,14	400	750	0
HR (%)				
61,2	41,18	23	40-50	59,28
PM _{2.5} (µg/m ³)				
25,8	2,67	0,3	10	1,88
TEMP (°C)				
29,1	26,08	22,3	21-24	96,28
TVOC (ppb)				
23280	304,7	20	1200	2,23
SOLO HORARIO (8AM-12PM)				
CO ₂ (ppm)				
688,7	454,56	400	750	0
HR (%)				
61,2	39,31	23	40-50	63,43
PM _{2.5} (µg/m ³)				
25,8	2,80	0,3	10	1,88
TEMP (°C)				
29,1	26,19	22,3	21-24	95,66
TVOC (ppb)				
9320,1	258,33	20	1200	2,02

El salón-comedor tiene un uso intenso desde las 08:00 hasta 22:00, algunos días los residentes se quedan hasta las 24:00

La temperatura interior durante el uso oscila entre 22,3°C y 29°C, con una media de 26,19°C. Se supera más del 95% el límite de consigna.

La humedad relativa interior se mantiene entre el 23% y el 61% durante las horas de uso, con un valor medio entorno 35%, que se encuentra por debajo de los rangos de confort aceptables y el 65% del tiempo de consigna

La media de CO₂ siempre está por debajo del límite establecido para la categoría IDA 1, que es de 750 ppm.

El TVOC se registran valores altos, pero de corta duración. En la gráfica los agenciamos con los picos de TVOC, y que coinciden con la limpieza intensiva, donde se ven los obtienen los valores máximos. Estos picos de TVOC son seguidos por una rápida disminución de los valores.

El PM_{2.5} alcanza sus valores máximos durante la limpieza. Sin embargo, en general, los valores de PM_{2.5} se mantienen dentro de los límites establecidos. Después de la limpieza de la noche se ventila durante un período de tiempo más largo, aunque tampoco se superan los límites establecidos.

Tabla 22. Salón-comedor día 45 .				
VALORES			LÍMITES	
M	M	M	R	S
Á	E	Í	E	% U
X	D	N	F	P
CO ₂ (ppm)				
575,2	450,39	407,5	750	0
HR (%)				
50,1	34,51	25,4	40-50	82,29
PM _{2.5} (µg/m ³)				
12,2	3,07	0,7	10	2,08
TEMP (°C)				
29,1	26,42	24	21-24	99,65
TVOC (ppb)				
1722,3	231,73	20	1200	0,35
SOLO HORARIO (8AM-12PM)				
CO ₂ (ppm)				
575,2	437,42	407,5	750	0
HR (%)				
50,1	34,19	25,4	40-50	73,30
PM _{2.5} (µg/m ³)				
12,2	3,52	1	10	3,14
TEMP (°C)				
29,1	26,65	24	21-24	100
TVOC (ppb)				
1722,3	194,3	20	1200	0,52



07

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las tres salas presentan mediciones muy diferentes entre sí debido a las disparidades en su horario, uso/actividad y características individuales. Cada sala se destina a un propósito y horario específico: el dormitorio se utiliza para las noches y la siesta, el taller está orientado a actividades de reinserción laboral y el salón-comedor funciona como área de estar, juegos y comedor. En términos de diseño, tanto el salón-comedor como el taller comparten características similares en cuanto a superficie, área de ventana, número de usuarios, así como ventilación y climatización, pero se realizan actividades muy diferentes.

En este apartado compararemos los resultados obtenidos entre las salas con los diferentes parámetros de diseño de las salas con el objetivo de crear una guía. Según el parámetro de calidad del aire interior lo relacionaremos con diferentes parámetros de diseño.

El CO_2 se relaciona con la superficie de la sala, el volumen de la sala, personas por metro cuadrado, ventilación mecánica, ventilación natural y hermeticidad. Se usan estos parámetros debido a que el nivel de CO_2 es un indicador directo de la calidad del aire y su aumento está asociado con una mayor proporción de aerosoles en el ambiente, que pueden servir como medio de transporte para virus. Por lo tanto, mantener niveles adecuados de CO_2 es fundamental para garantizar espacios seguros y reducir el riesgo de transmisión de enfermedades por vía aérea [33].

El $PM_{2.5}$ se relaciona con la ventilación natural, hermeticidad, los horarios de ventilación, actividad desarrollada, superficie de ventanas y ubicación, localización de las salas y dirección del viento. Esto es debido a que el PM consiste en partículas sólidas y líquidas que se emiten directamente al aire y son fácilmente inhalables. Estas partículas se generan principalmente en el exterior, como resultado de diversas fuentes, tales como el hollín de los motores diésel, el polvo de las vías, el polvo de la agricultura, la construcción y las partículas generadas por procesos industriales. Sin embargo, es importante destacar que algunas veces también se pueden generar material particulado en el interior de los espacios. La presencia de estas partículas en el aire que respiramos puede ocasionar graves problemas de salud, ya que se ha demostrado que están asociadas con afecciones respiratorias, cardiovasculares y otros problemas de salud [34].

Los compuestos orgánicos volátiles (TVOC) se relacionan con la ventilación mecánica, la ventilación natural, la actividad y la tasa metabólica, el número de personas por metro cuadrado, la superficie y el volumen de la sala, el horario de limpieza, el uso de productos químicos y los materiales utilizados. Estos parámetros son relevantes debido a que los TVOC son sustancias químicas que pueden provenir de diversas fuentes, como el metabolismo humano, los materiales de construcción, los muebles y la decoración, las pinturas utilizadas en talleres, y los productos de limpieza y conservación. La presencia de compuestos orgánicos volátiles en el aire interior también está directamente relacionada con la ventilación. Una falta de renovación del aire puede llevar a un aumento en la concentración de estos compuestos, lo cual puede agravar los efectos negativos en la salud [28].

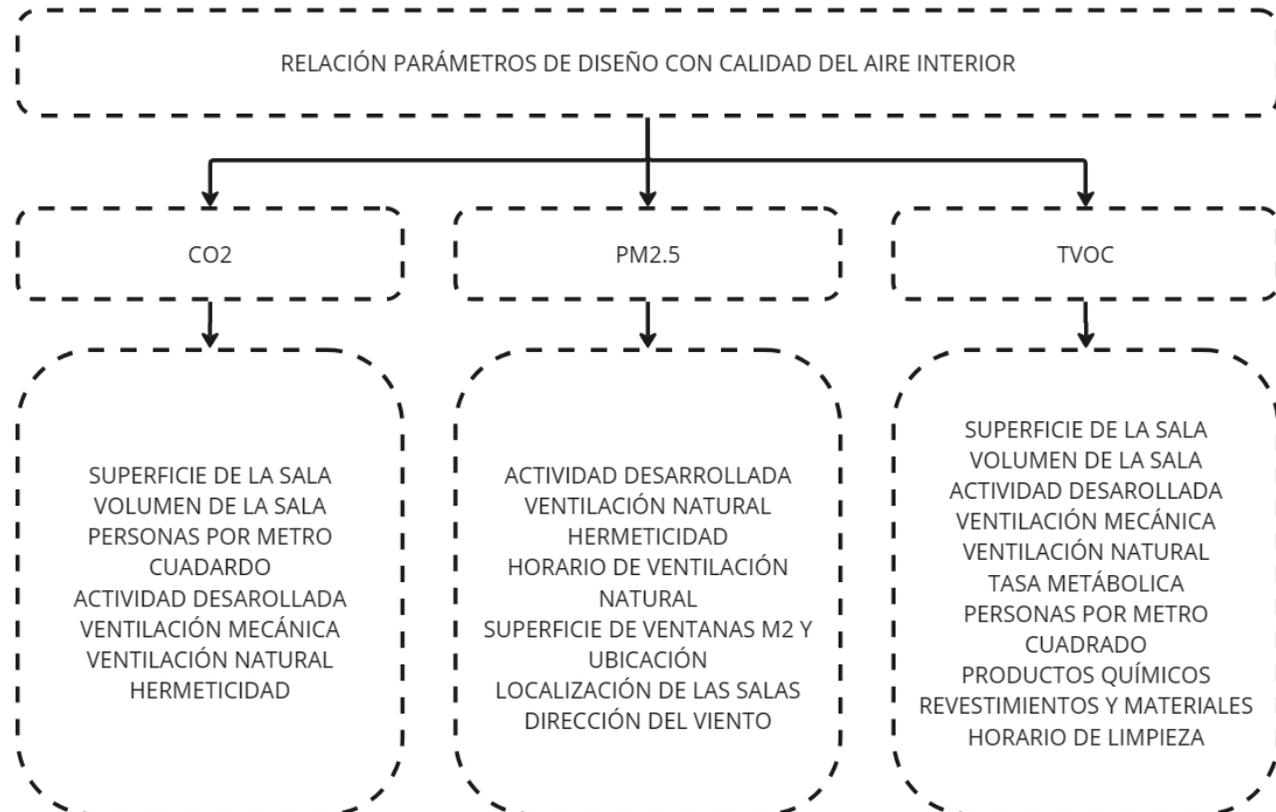


Figura 34. Esquema de relación entre parámetros de diseño y parámetros de calidad del aire. Fuente: autoría propia.

CAUSAS DEL CO₂ COMO PROBLEMÁTICA DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

Se observan diferencias significativas en las concentraciones de CO₂ entre el dormitorio y las otras dos salas, lo cual indica un indicativo de la calidad del aire renovado. La principal disparidad radica en que tanto el taller como el salón comedor cuentan con un sistema de ventilación mecánica, lo que les permite superar los límites establecidos de CO₂ solo durante breves periodos de tiempo. En contraste, el dormitorio solo dispone de ventilación natural, que no ocurre durante la noche debido al cierre de las ventanas para mantener la comodidad térmica de los usuarios. Esto conlleva un aumento constante de los niveles de CO₂ hasta que se produce la ventilación natural por la mañana.

Tanto el taller como el salón comedor tienen una ocupación de aproximadamente 19 a 20 personas en un espacio de alrededor de 65 m², es decir, 3,5 m² por persona. Con estos parámetros de ocupación y la presencia de ventilación mecánica, podemos afirmar que se realiza una adecuada renovación del aire en este tipo de espacios. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el mínimo de metros cuadrados por persona para espacios comunes es de 2, por lo que es necesario realizar un estudio adicional para confirmar este aspecto.

Por otro lado, el dormitorio tiene un volumen de 31 m³ y una superficie inferior de 12 m²pro, siendo uno de los principales motivos por los que se superan los límites establecidos de CO₂ durante largos períodos de tiempo. Por tanto, se requiere la implementación de una ventilación mecánica. Aunque actualmente la superficie mínima requerida para una habitación individual es de 12 m² y para una habitación doble es de 18 m².

Una opción a considerar sería el estudio de un dormitorio con una superficie de al menos 18 m², que cumpla con los estándares establecidos por la normativa actual. Un mayor volumen de aire en el dormitorio permitiría una mejor capacidad de dilución y dispersión del CO₂ durante la noche. Aunque los niveles de CO₂ podrían seguir aumentando progresivamente durante la noche, es probable que no alcancen el límite máximo de referencia, lo que permitiría una renovación efectiva del aire al ventilar por la mañana.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que el estudio adicional de un dormitorio conforme a la normativa actual sería necesario para determinar si se requiere ventilación mecánica adicional o si el volumen de aire interior sería suficiente para mantener niveles adecuados de CO₂.

Tabla 23. CO ₂ (ppm)						
D Í A S	D Í A S	M E S	VALORES			
			M Á X	M E D	M Í N	S % U P
TALLER 1						
20-26	3		1044	540,5	405,6	4,30
23			1044	540,5	405,6	4,30
10-16	4		791,6	528,8	400,8	3,27
12			779,3	600,6	477,8	16,87
01-07	5		627,2	472,5	400	0
03			593,7	439,7	400	0
DORMITORIO						
20-26	3		2121	906,2	408	65,96
23			2101	1014	412,6	70
10-16	4		2054	892,1	412,1	67,45
12			2054	1020	422,8	70,49
01-07	5		1105	581,4	400	30,68
03			1105	732,9	409	64,48
SALÓN-COMEDOR						
20-26	3		1059	539,9	402,6	6,13
23			691,7	490,1	402,6	0
10-16	4		966,9	499,6	400	2,84
12			639,6	477,8	418,1	0
01-07	5		688,7	454,5	400	0
03			575,2	437,4	407,5	0

Tabla 24. PM _{2.5} (µg/m ³)						
D Í A S	D Í A S	M E S	VALORES			
			M Á X	M E D	M Í N	S % U P
TALLER 1						
20-26	3	3	68,8	6,91	1,2	20,78
23			68,8	10,26	3	41,32
10-16	4	4	72,3	8,28	1,3	21,03
12			34	5,24	2,4	7,99
01-07	5	5	31,5	5,71	2,3	8,83
03			31,5	7,08	2,7	16,67
DORMITORIO						
20-26	3	3	49,7	5,88	0,7	18,75
23			23,9	6,20	2,3	20,14
10-16	4	4	56,3	6,18	0,9	17,01
12			27,3	6,16	1,2	17,71
01-07	5	5	64	6,51	1,5	17,61
03			64	6,69	1,5	18,06
SALÓN-COMEDOR						
20-26	3	3	21,4	2,59	0,1	1,24
23			21,4	3,48	1,1	4,17
10-16	4	4	34	3,87	0,1	8,23
12			25,8	2,45	1,1	2,08
01-07	5	5	25,8	2,67	0,3	1,88
03			12,2	3,07	0,7	2,08

CAUSAS DEL PM COMO PROBLEMÁTICA DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

Para el PM es importante destacar la influencia de la ubicación y la dirección del viento. En este caso, se menciona que hay una obra de gran envergadura en la parcela contigua a la derecha, y se demuestra que cuando el viento sopla en dirección noreste, generalmente se aleja el material particulado generado por la obra. Esto indica que la ubicación y la dirección del viento pueden tener un impacto en la calidad del aire exterior y, por ende, en la concentración de PM en el interior.

Además, la ubicación de las ventanas y la superficie de las mismas también pueden influir en la concentración de PM en el interior. En el caso mencionado, el taller es la única sala que tiene ventanas en la fachada sureste. Esto significa que la entrada de aire exterior, incluido el material particulado, puede estar más directamente relacionada con esta sala en comparación con las otras dos salas.

El horario de ventilación también es un factor relevante. Según se menciona, el dormitorio se ventila a primera hora del día, alrededor de las 8 o 9 de la mañana, y se observa que durante este período de ventilación se obtienen índices altos de PM_{2.5} y se supera el límite establecido la mayor parte del tiempo. Por otro lado, el salón-comedor se ventila en las últimas horas de la noche, cuando la calidad del aire exterior suele ser mejor, lo que resulta en valores medios más bajos y superando el límite establecido solo durante la ventilación diurna en momentos de limpieza.

Estos hallazgos se corroboran con los datos obtenidos de "IQAir" y las mediciones in-situ de PM_{2.5} y PM₁₀ realizadas. Se observa que las primeras horas del día presentan concentraciones más altas de PM, mientras que las últimas horas suelen tener concentraciones más bajas.

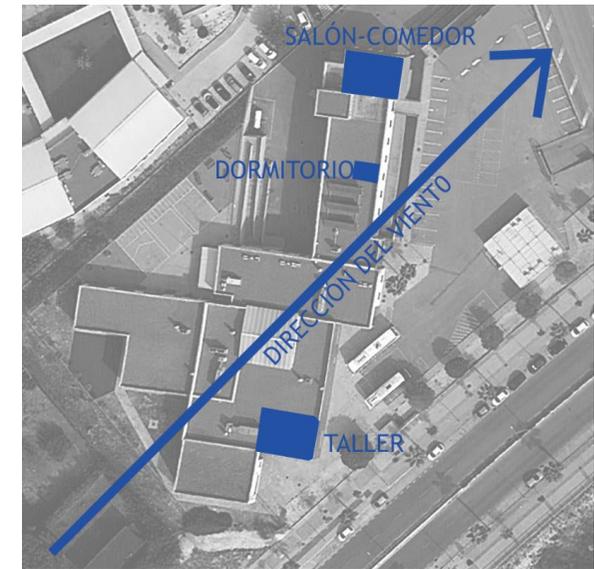


Figura 35. Dirección del viento. Fuente: autoría propia.

CAUSAS DEL TVOC COMO PROBLEMÁTICA DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

Es evidente que las actividades realizadas en cada sala tienen un impacto significativo en los niveles de TVOC. En el taller, donde se lleva a cabo la actividad de tornillería, se registra el valor más alto de TVOC debido a las emisiones generadas durante este proceso. Estas emisiones superan ampliamente el límite permitido por la ley y ocurren durante más del 50% del tiempo de uso de la sala.

En el salón-comedor, se observan mejores índices de TVOC en comparación con las otras salas, principalmente debido a la presencia de una adecuada ventilación mecánica que ayuda a mantener los niveles de TVOC bajos. Sin embargo, durante los momentos de limpieza, donde se utilizan productos químicos, se registran picos más altos de TVOC, al igual que en las otras salas.

En el caso del dormitorio, se observa que no cuenta con ventilación mecánica y presenta un volumen de 31 m³ y una superficie inferior de 12 m². Estas características son uno de los principales factores por los que se superan los límites establecidos de TVOC durante largos períodos de tiempo, debido al metabolismo de los usuarios.

Dado que actualmente la superficie mínima requerida para una habitación doble es de 18 m², se hace evidente la necesidad de realizar un estudio adicional para determinar si se requiere la implementación de ventilación mecánica en una habitación de mayor tamaño. Un mayor volumen de aire en una habitación más grande permitiría una mayor capacidad de dilución y dispersión de los compuestos orgánicos volátiles, incluyendo el TVOC, durante la noche.

Es importante considerar que la ventilación mecánica puede ser una solución efectiva para mantener los niveles de TVOC dentro de los límites establecidos. Sin embargo, también se debe evaluar la posibilidad de aumentar el tamaño de la habitación para permitir una mejor circulación del aire y una mayor capacidad de dilución de los contaminantes.

Por tanto, se puede llegar a la conclusión de que se realiza una actividad con baja emisividad de TVOC y se cuenta con una ocupación de 3,5 m² por persona y ventilación mecánica, el valor de TVOC estará muy por debajo del límite establecido. También considerar la posibilidad de realizar la limpieza sin el uso de productos químicos.

Tabla 25. TVOC (ppb)						
D Í A S	D Í A S	M E S	VALORES			
			M Á X	M E D	M Í N	S % U P
TALLER 1						
20-26	3		38820	4922	20	54,91
23			38593	5706	266	60,25
10-16	4		38820	5000	329,2	67,30
12			38820	8402	329,2	89,16
01-07	5		38820	2882	98,7	58,86
03			38820	4869	333,6	55
DORMITORIO						
20-26	3		3066,	587,1	20,9	24,2
23			1504	590,4	69,3	37,7
10-16	4		3678	957,9	259,4	47,15
12			1935	1056	294,6	71,58
01-07	5		3842	621,9	159	17,49
03			3842	1003	209,6	61,20
SALÓN-COMEDOR						
20-26	3		8454	535,4	20	10,40
23			7413	475,6	20	8,90
10-16	4		13503	416	47,2	4,04
12			13503	381,5	104,1	2,09
01-07	5		9320	258,3	20	2,02
03			1722	194,3	20	0,52



08

PROPUESTA

8.PROPUUESTA

8.1. GUIA DE PARÁMETROS DE DISEÑO PARA UNA BUENA CALIDAD AMBIENTAL INTERIOR

La calidad ambiental interior es fundamental para asegurar espacios saludables y confortables. A continuación, se presentan una serie de recomendaciones y parámetros de diseño que ayudarán a mejorar la calidad del aire y el confort higrotérmico en los diferentes espacios los cuales podemos dividir en espacialidad, diseño, sistemas y actuaciones de los usuarios:

La espacialidad se refiere a la distribución de los espacios del edificio, incluyendo la organización de las áreas comunes y privada, así como su relación entre ellas y su disposición en planta:

- Ubicación y distribución de las salas según calidad del aire exterior: es importante realizar un estudio previo de la calidad ambiental exterior para determinar la ubicación del edificio y la distribución de las diferentes salas. Si la calidad ambiental exterior es buena, se recomienda ubicar las salas que requieran una mayor renovación del aire por ventilación natural en dirección al flujo de aire fresco. Esto se puede lograr considerando la orientación de las ventanas y la superficie de las mismas.
- Ubicación y distribución de las salas según la iluminación natural: es importante planificar donde estarán ubicado según su necesidad de iluminación natural, variando su ubicación dentro del propio edificio según sus horas de uso.

El diseño pasivo es una estrategia eficiente y sostenible que se utiliza para lograr una buena calidad ambiental interior en los edificios, maximizando el uso de los recursos naturales y minimizando el consumo de energía. Para ello estableceremos las siguientes características:

- Ocupación de las Salas: aunque por ley se pueden zonas comunes de hasta 60 personase, se puede establecer un límite recomendable de ocupación en torno a las 20 personas. Además, se sabe que con una ocupación de al menos 3,5m² por persona se asegura una buena renovación del aire interior para los usuarios, es decir, un bajo nivel de dióxido de carbono.

- Superficie mínima del dormitorio: en el caso de los dormitorios, se sugiere una superficie mínima de 18 m², aunque es necesario realizar un estudio específico para determinar la superficie adecuada. Un mayor espacio en el dormitorio permitirá una mejor dilución y dispersión del CO₂ provocado por la respiración y del TVOC generado por el metabolismo durante la noche, favoreciendo una calidad ambiental interior más saludable.
- La materialidad del espacio: a selección de materiales con bajas emisiones de COV, que no sean fuentes de contaminantes, y que sean sostenibles y ecológicos, contribuirá a crear un entorno interior saludable y confortable.

Los sistemas de ventilación son fundamentales para lograr una buena calidad ambiental interior en los edificios. Proporcionan un suministro adecuado de aire fresco y ayudan a eliminar los contaminantes y olores, controlar la humedad y mantener una temperatura confortable en los espacios interiores.

- Implementación de ventilación mecánica: se recomienda la instalación de sistemas de ventilación mecánica en todas las salas, obligatoriamente en aquellas de uso colectivo por el RITE. La ventilación mecánica permite una renovación controlada del aire, garantizando una buena calidad ambiental interior.
- Implementación de la ventilación natural: se aprovecha el flujo de aire natural a través de aberturas como ventanas y puertas de ventilación para proporcionar renovación del aire en los espacios interiores si la calidad ambiental exterior es buena.

Los usuarios también desempeñan un papel importante en la promoción de una buena calidad ambiental interior en los edificios. Algunas de las actuaciones que pueden llevar a cabo son:

- Uso de productos de limpieza menos dañinos: durante los procesos de limpieza, se recomienda utilizar productos de limpieza menos dañinos que no emitan compuestos químicos volátiles perjudiciales para la calidad del aire. Optar por productos de limpieza ecológicos o con etiquetas ecológicas certificadas.
- variación de la calidad ambiental exterior: Se recomienda revisar la variación de la calidad ambiental exterior a lo largo del día para identificar el mejor momento para realizar la ventilación natural. Se puede aprovechar los momentos en los que la calidad ambiental exterior sea óptima para promover una renovación efectiva del aire en el interior de las salas.

8.2. INTERVENCIÓN

TALLER 1

La propia ASPACE cuenta con una gran diversidad de talleres que pueden desarrollar la inserción laboral de las personas con parálisis cerebral. El caso estudiado es taller de habilidades manuales, donde se usa tornillería para el ensamblaje de componentes, el cual produce un gran nivel de TVOC. Se podría buscar otro taller del mismo estilo, que tienen o han realizado ya en la propia ASPACE, como de empaquetado o de fabricación de productos artesanales. Otros ejemplos que nos muestran serían taller de informática y tecnología, de habilidades sociales y comunicación, etc. Si se quiere continuar con el taller existente se tendría que adaptar la ventilación mecánica existente para resolver el problema o trasladarse a un espacio adecuado para este taller [35].

DORMITORIO

La implementación de la ventilación mecánica es una opción, pero debido a la altura de los pasillos de 2,50 y de los dormitorios de 2,70 es imposible realizarla. Por tanto, se plantea la ampliación de los dormitorios a 18m², mínimo exigido por normativa. Se tendría que saber antes de la realización si cumpliría la calidad ambiental interior, pero seguro que por lo menos mejora considerablemente. Tampoco supone una pérdida de camas para residentes debido a la planta -1, que no es ni sótano ni semisótano, esta practicante en desuso y se podría hacer ampliación ahí. Otra posibilidad es dejar un residente por cuarto, evitando las reformas y reduciendo las emisiones de CO₂ y TVOC a la mitad.

SALÓN-COMEDOR

El salón comedor no necesita ninguna intervención



09

CONCLUSIONES

9. CONCLUSIONES

El diseño actual de las residencias y edificios asistenciales presenta varias deficiencias en cuanto a la calidad ambiental interior, lo cual impacta directamente en la comodidad, el bienestar y la salud de los usuarios. Algunas de las deficiencias más destacadas son las siguientes:

- **Iluminación inadecuada:** Estos edificios carecen de un diseño que tenga en cuenta la importancia de una iluminación natural adecuada. La falta de luz natural y una iluminación artificial deficiente o mal distribuida pueden tener un efecto negativo en el estado de ánimo, la visión y el ritmo circadiano de los residentes.
- **Ruido excesivo:** En este caso, el problema principal es el ruido interior. El diseño no ha tenido en cuenta la necesidad de minimizar el ruido en espacios comunes como el comedor, el salón o los talleres, lo que provoca una transmisión de ruido entre las salas. Es importante tener en cuenta que las personas con parálisis cerebral pueden tener problemas de autogestión y ser especialmente sensibles al ruido.
- **Falta de espacios verdes y contacto con la naturaleza:** Aunque existe un taller basado en la botánica, el edificio carece de jardines o espacios verdes. La falta de contacto con la naturaleza y la ausencia de áreas al aire libre afectan negativamente el bienestar emocional y físico de los usuarios. La incorporación de áreas verdes puede proporcionar beneficios terapéuticos y mejorar la calidad de vida de los residentes.
- **Diseño y falta de privacidad:** El edificio, especialmente en la residencia, presenta una falta de privacidad para los residentes. La mayoría de las habitaciones son compartidas, a excepción de algunas camas temporales, lo que limita la privacidad individual. Es importante considerar la importancia de proporcionar espacios privados donde los residentes puedan tener intimidad y tranquilidad.

En este trabajo, nos hemos centrado principalmente en la calidad del aire y el confort térmico interior, descubriendo deficiencias importantes en los espacios, como el uso inadecuado de salas, habitaciones de dimensiones más pequeñas de lo recomendado, etc. Algunas características que afectan a la calidad del aire interior son:

Por tanto, podemos sacar las siguientes conclusiones del CO₂:

- La superficie de la sala y el volumen de la sala influyen en la capacidad de dilución y dispersión del CO₂. Una mayor superficie y volumen proporcionan más espacio para que el CO₂ se disperse, lo que puede ayudar a mantener niveles bajos. Entonces en una sala de alrededor de 65m², con una altura de 2,70m, una ocupación de 19/20 personas con ventilación mecánica se produce una adecuada renovación del aire. Por el contrario, un dormitorio para 2 personas de 12m², altura 2,70m y sin ventilación mecánica no cumple los límites establecidos.
- La densidad de personas por metro cuadrado también es importante, ya que una mayor concentración de ocupantes en un espacio limitado puede generar más CO₂ y elevar los niveles en el aire. Por tanto, para espacios comunes con una ocupación de 3,5m² por persona y ventilación mecánica cumple con los límites establecidos de CO₂, pero habría que comprobarlo con la ocupación máxima posible, que es de 2m² por persona.
- La ventilación mecánica, a través de sistemas de ventilación controlada, ayuda a eliminar el CO₂ y proporcionar un suministro constante de aire fresco, contando el salón-comedor y el taller con ella, teniendo una adecuada renovación del aire. La ventilación natural, mediante la apertura de ventanas y puertas, también permite la entrada de aire fresco y la salida de aire contaminado, observando claramente como se reducen de forma drástica el CO₂ cuando se produce la ventilación natural.
- La hermeticidad del espacio juega un papel crucial en la capacidad de renovación del aire. Si la sala no cuenta con ventilación mecánica y si con buena hermeticidad, como en el dormitorio, el CO₂ aumenta de forma progresiva hasta que se proceda a la ventilación natural.
- En conclusión, al considerar la superficie de la sala, el volumen de la sala, la densidad de personas, la ventilación mecánica, la ventilación natural y la hermeticidad, podemos establecer estrategias efectivas para mantener niveles adecuados de CO₂ en el aire interior.

Se concluye que el $PM_{2.5}$ está afectado por:

La entrada de aire fresco a través de la ventilación natural puede influir en la concentración de $PM_{2.5}$ en el interior. Una ventilación adecuada puede ayudar a reducir los niveles de partículas en suspensión si la calidad ambiental exterior es buena como sucede en el salón-comedor, pero si es mala, aumenta el valor de $PM_{2.5}$ como sucede en el dormitorio.

- La hermeticidad de un espacio juega un papel importante en la filtración de partículas. Un espacio con una buena hermeticidad puede limitar la entrada de partículas del exterior y mantener niveles más bajos de $PM_{2.5}$ en el interior.
- Los momentos específicos en los que se realiza la ventilación pueden afectar la concentración de $PM_{2.5}$. Por ejemplo, si se ventila durante las horas de mayor actividad en el exterior, como en la mañana, es posible que se introduzcan más partículas al interior, como se produce en el dormitorio.
- Algunas actividades pueden generar partículas finas en el aire, como el uso de productos de limpieza, la cocción, el fumar, entre otros. Estas actividades pueden aumentar la concentración de $PM_{2.5}$ en el interior si no hay una adecuada ventilación o control de emisiones, lo que nos sucede en el taller.
- La ubicación y el tamaño de las ventanas pueden influir en la entrada de partículas desde el exterior, debido en parte a la ubicación de las salas en relación con las fuentes de contaminación externa y la dirección del viento, que pueden afectar la entrada de partículas al interior. Si las salas están expuestas a fuentes de contaminación o si la dirección del viento lleva partículas hacia ellas, es posible que se registren niveles más altos de $PM_{2.5}$ en el interior. También sucede lo contrario, como en nuestro edificio, que la dirección del viento aleja el material particulado de la obra que tenemos en la parcela de al lado.

Para finalizar las conclusiones sobre la calidad ambiental interior podemos obtener las siguientes conclusiones del TVOC:

- La ventilación mecánica, mediante sistemas de ventilación controlada, puede ayudar a eliminar los compuestos orgánicos volátiles del aire interior al introducir aire fresco y eliminar el aire contaminado, como sucede en el salón-comedor, con índices de TVOC muy bajos. La ventilación natural, a través de la apertura de ventanas y puertas, también puede contribuir a la renovación del aire y reducir la concentración de TVOC, que se puede observar claramente en el dormitorio, momento en el que se ventila de forma natural los valores de TVOC se reducen de forma radical.
- La actividad y la tasa metabólica de las personas presentes en la sala también influyen en la emisión de compuestos orgánicos volátiles. Por ejemplo, la respiración y la transpiración humana generan estos compuestos y por tanto número de personas por metro cuadrado también es relevante, ya que una mayor densidad de ocupantes puede contribuir a un aumento en la concentración de TVOC. Con este trabajo hemos comprobado que con 3,5m² por persona se mantienen valores de TVOC por debajo de los límites establecido, pero que hay que tener en consideración la actividad que se desarrolla, teniendo que ser de baja emisividad.
- La superficie y el volumen de la sala pueden influir en la acumulación de compuestos orgánicos volátiles. Una mayor superficie y volumen pueden proporcionar más espacio para la emisión y acumulación de estos compuestos, siendo una prioridad en los espacios que no cuentan con ventilación natural, como son los dormitorios.
- El horario de limpieza y el uso de productos químicos también pueden ser factores importantes. Algunos productos de limpieza y conservación contienen compuestos orgánicos volátiles que pueden liberarse al aire durante su uso, produciendo los mayores picos que hemos podido observar durante el estudio en el salón-comedor y dormitorio.



10

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi familia y amigos por su inquebrantable apoyo a lo largo de mi trayectoria académica y la realización de esta carrera.

A mi familia, gracias por estar siempre a mi lado, brindándome su apoyo incondicional que ha sido mi fuerza para superar la carrera.

A mis amigos, gracias por su constante motivación y por ser mi red de apoyo en los momentos de sufrimiento, las largas noches sin dormir y los días de empalme a clase.



11

BIBLIOGRAFÍA

11. BIBLIOGRAFÍA

- [1] “Quién fue Vitruvio, el genial arquitecto militar que inspiró el famoso dibujo de Leonardo da Vinci - BBC News Mundo.” <https://www.bbc.com/mundo/noticias-62321557> (accessed Mar. 17, 2023).
- [2] “Recorrido histórico de la arquitectura hospitalaria: Parte 1.” <https://www.eneroarquitectura.com/un-recorrido-por-el-origen-y-la-historia-de-la-arquitectura-hospitalaria/> (accessed Apr. 18, 2023).
- [3] R. Ana, “Sanatorio Maritimo Oza Anuario Brigantino.” Accessed: Apr. 18, 2023. [Online]. Available: http://anuariobrigantino.betanzos.net/AB2014PDF/235_252_ana_rodriguez_sanatorio_maritimo_oza_Anuario_Brigantino.pdf
- [4] “Informes sobre el impacto del covid-19 en la gestión del SAAD: informes año 2021 - Instituto de Mayores y Servicios Sociales.” <https://imserso.es/en/el-imserso/documentacion/estadisticas/sistema-autonomia-atencion-dependencia-saad/covid-19-dependencia/informes-sobre-impacto-covid-19-gestion-saad-informes-ano-2021> (accessed Mar. 16, 2023).
- [5] “Informes sobre el impacto del covid-19 en la gestión del SAAD: año 2020 - Instituto de Mayores y Servicios Sociales.” <https://imserso.es/ca/el-imserso/documentacion/estadisticas/sistema-autonomia-atencion-dependencia-saad/covid-19-dependencia/informes-sobre-impacto-covid-19-gestion-saad-ano-2020> (accessed Mar. 16, 2023).
- [6] “Búsqueda - Instituto de Mayores y Servicios Sociales.” https://imserso.es/ca/busqueda?p_p_id=com_liferay_portal_search_web_search_results_portlet_SearchResultsPortlet_INSTANCE_109l4NnT2xV2&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_com_liferay_portal_search_web_search_results_portlet_SearchResultsPortlet_INSTANCE_109l4NnT2xV2_mvcPath=%2Fview_content.jsp&_com_liferay_portal_search_web_search_results_portlet_SearchResultsPortlet_INSTANCE_109l4NnT2xV2_assetEntryId=117490&_com_liferay_portal_search_web_search_results_portlet_SearchResultsPortlet_INSTANCE_109l4NnT2xV2_type=content&p_l_back_url=%2Fca%2Fbusqueda%3Fq%3Ddefuncion%2Bcovid (accessed Mar. 16, 2023).
- [7] P. Rodríguez odríguez and E. Gonzalo iménez, “COVID-19 en residencias de mayores: factores estructurales y experiencias que avalan un cambio de modelo en España,” *Gac Sanit*, vol. 36, no. 3, pp. 270-273, Sep. 2022, doi: 10.1016/J.GACETA.2021.09.005.
- [8] E. S. Rotarou, D. Sakellariou, E. J. Kakoullis, and N. Warren, “Disabled people in the time of COVID-19: identifying needs, promoting inclusivity,” *J Glob Health*, vol. 11, pp. 1-4, 2021, doi: 10.7189/JOGH.11.03007.

- [9] “La salud de nuestro hijo - - ASPACE.” <https://aspace.org/la-salud-de-nuestro-hijo> (accessed Mar. 16, 2023).
- [10] G. Ignacio Duarte, “SANATORIOS PARA TUBERCULOSOS: AUGES Y DECADENCIA,” *Revista Médica Clínica Las Condes*, vol. 26, no. 3, pp. 409-418, May 2015, doi: 10.1016/J.RMCLC.2015.06.018.
- [11] “The history of sanatoriums and surveillance | Wellcome Collection.” <https://wellcomecollection.org/articles/Y3UIvxAAAGXXTsFx> (accessed Jun. 14, 2023).
- [12] “EL DISEÑO INTEGRAL DEL SANATORIO: EL MOBILIARIO Y EL DETALLE.” <https://1library.co/article/dise%C3%B1o-integral-sanatorio-mobiliario-detalle.zgw54j8y> (accessed Jun. 14, 2023).
- [13] R. Praszkie, “Empathy, mirror neurons and SYNC,” *Mind and Society*, vol. 15, no. 1, pp. 1-25, Jun. 2016, doi: 10.1007/S11299-014-0160-X.
- [14] “EDITA Junta de Andalucía Consejería para la Igualdad y Bienestar Social Dirección General de Personas Mayores DEPÓSITO LEGAL SE-68608 DISEÑO Y MAQUETACIÓN IMPRIME Escadón impresores”.
- [15] “Acuerdo sobre Criterios comunes de acreditación y calidad de los centros y servicios del Sistema para la Autonomía y Atención a la Dependencia (SAAD)”.
- [16] M. Frontczak, R. V. Andersen, and P. Wargocki, “Questionnaire survey on factors influencing comfort with indoor environmental quality in Danish housing,” *Build Environ*, vol. 50, pp. 56-64, 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.10.012>.
- [17] I. Mujan, A. S. Anđelković, V. Munćan, M. Kljajić, and D. Ružić, “Influence of indoor environmental quality on human health and productivity - A review,” *J Clean Prod*, vol. 217, pp. 646-657, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.307>.
- [18] S. Vardoulakis et al., “Indoor exposure to selected air pollutants in the home environment: A systematic review,” *Int J Environ Res Public Health*, vol. 17, no. 23, pp. 1-24, Dec. 2020, doi: 10.3390/IJERPH17238972.
- [19] J. T. Carter, “Sick building syndrome [17],” *Lancet*, vol. 339, no. 8785, p. 126, 1992, doi: 10.1016/0140-6736(92)91037-9.

- [20] Y. Jiang, X.-J. Wu, and Y.-J. Guan, "Effect of ambient air pollutants and meteorological variables on COVID-19 incidence," *Infect Control Hosp Epidemiol*, vol. 41, no. 9, pp. 1011-1015, Sep. 2020, doi: 10.1017/ICE.2020.222).
- [21] Z. Wu et al., "Indoor environment in relation to recurrent childhood pneumonia in Southern China," *Build Environ*, vol. 172, Apr. 2020, doi: 10.1016/J.BUILDENV.2020.106727.
- [22] C. Linares and J. Díaz, "Efecto de las partículas de diámetro inferior a 2,5 micras (PM_{2,5}) sobre los ingresos hospitalarios en niños menores de 10 años en Madrid," *Gac Sanit*, vol. 23, no. 3, pp. 192-197, May 2009, doi: 10.1016/J.GACETA.2008.04.006.
- [23] A. Mendy et al., "Long-term exposure to fine particulate matter and hospitalization in COVID-19 patients," *Respir Med*, vol. 178, Mar. 2021, doi: 10.1016/J.RMED.2021.106313.
- [24] K. Thiankhaw, N. Chattipakorn, and S. C. Chattipakorn, "PM_{2.5} exposure in association with AD-related neuropathology and cognitive outcomes," *Environmental Pollution*, vol. 292, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.ENVPOL.2021.118320.
- [25] K. Neira-Zambrano, M. Trebilcock-Kelly, and J. C. Briede-Westermeyer, "Older Adults' Thermal Comfort in Nursing Homes: Exploratory Research in Three Case Studies," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 15, no. 4, Feb. 2023, doi: 10.3390/SU15043002.
- [26] "Qué es la Respiración (seres vivos): concepto, definición y tipos - Significados." <https://www.significados.com/respiracion/> (accessed Mar. 22, 2023).
- [27] "BOE-A-2007-15820 Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios." <https://www.boe.es/eli/es/rd/2007/07/20/1027/con> (accessed Mar. 22, 2023).
- [28] "De compuestos orgánicos volátiles." https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/act-emis/compuestos_organicos_volatiles.aspx (accessed Mar. 22, 2023).
- [29] "Material particulado - Instituto para la Salud Geoambiental." <https://www.saludgeoambiental.org/material-particulado/> (accessed Apr. 19, 2023).

- [30] J. Fernández-Agüera, S. Dominguez-Amarillo, M. Fornaciari, and F. Orlandi, “TVOCs and PM 2.5 in naturally ventilated homes: Three case studies in a mild climate,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 11, no. 22, Nov. 2019, doi: 10.3390/SU11226225.
- [31] “BOE-A-2007-15820 Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.” <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-15820> (accessed May 04, 2023).
- [32] “Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire.” <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/346062/9789240035461-spa.pdf?sequence=1> (accessed May 04, 2023).
- [33] M. José Berenguer Subils Licenciada en Ciencias Químicas Félix Bernal Domínguez, “NTP 549: El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior.”
- [34] “Conceptos básicos sobre el material particulado (PM, por sus siglas en inglés) | US EPA.” <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles> (accessed Jul. 04, 2023).
- [34] “PROYECTO DE INTEGRACIÓN LABORAL Apostando por el empleo en parálisis cerebral”, ASPACE. https://aspace.org/assets/uploads/publicaciones/48d28-06_apostando_por_empleo_paralisis_cerebral.pdf



A N E J O

I. DATOS. MEDICIONES INTERIORES, CAMPAÑA DE MEDICIÓN EXTERIOR Y DATOS CONFORT TÉRMICO EXTERIOR

Debido al gran número de páginas que tienen los anejos de datos, se ha creado un código QR donde podrá consultar o descargar los siguientes anejos:

- A. MEDICIONES INTERIORES.
 - A.1. MEDICIONES INTERIORES. TALLER 1.
 - A.2. MEDICIONES INTERIORES. DORMITORIO.
 - A.3. MEDICIONES INTERIORES. SALÓN-COMEDOR.
- B. CAMPAÑA DE MEDICIONES XETRERIORES.
- C. DATOS DE CONFORT TÉRMICO EXTERIOR.



ANEJOS

II. LISTADO DE FIGURAS

- Figura 1. Porcentaje de plazas en centros residenciales en España, según tipo y tamaño. Fuente: Abellán A, Aceituno P, Ramiro D, et al. Estadísticas sobre residencias: distribución de centros y plazas residenciales por provincia. Datos de septiembre de 2020. Madrid: Informes Envejecimiento en Red; 27. Pág. 10
- Figura 2. Logo ASPACE Andalucía. Fuente: página web oficial ASPECE Andalucía: [ASPACE](#) Pág. 11
- Figura 3. Sanatorio en West Midlands. Uno de los primeros sanatorios. Fuente: [The history of sanatoriums and surveillance | Wellcome Collection.](#) Pág. 15
- Figura 4. Un niño inválido en una silla de baño fuera de un chalet médico al aire libre. Fuente: [The history of sanatoriums and surveillance | Wellcome Collection](#) Pág. 15
- Figura 5. Sanatorio de Görbersdorf. Fuente: [Sanatorium G. - FRAGMENTS OF TIME \(fragments-of-time.com\)](#) Pág. 17
- Figura 6. Sanatorio de Cavadel. Fuente: [Sanatorium Clavadel 1958 Sanatorium Clavadel 1958 Photo d'actualité - Getty Images](#) Pág. 17
- Figura 7. Sanatorio de Bellevue. Fuente: [\(11\) Pinterest](#) Pág. 17
- Figura 8. Resumen normativas Andaluza de diseño residencias. Fuente: autoría propia. Pág. 18
- Figura 9. Las relaciones entrelazadas entre la salud ambiental y los impactos esperados en la salud humana. Fuente: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7661949/> y traducción propia. Pág. 22
- Figura 10. Comparación del material particulado con un pelo de cabello. Fuente: autoría propia. Pág. 26
- Figura 11. Esquema resumen de la calidad del aire y confort térmico. Fuente: autoría propia. Pág. 28
- Figura 12. Esquema de metodología. Fuente: autoría propia. Pág. 39
- Figura 13. Plano de localización del centro ASPACE en Dos Hermanas. Fuente: Google Earth. Pág. 41
- Figura 14. Plano de situación del centro ASPACE en Dos Hermanas. Fuente: Google Earth. Pág. 42
- Figura 15. Plano del edificio ASPACE en Dos Hermanas. Fuente: Google Earth. Pág. 43
- Figura 16. Foto del exterior. Entrada al centro de día. Fuente: autoría propia. Pág. 43
- Figura 17. Foto del exterior. Ventanas de los dormitorios. Fuente: autoría propia. Pág. 43
- Figura 18. Fotos del exterior. Entrada para los residentes Fuente: autoría propia. Pág. 43
- Figura 19. Planta del edificio de la asociación ASPACE. Fuente: Autoría propia. Pág. 44
- Figura 20. Detalles constructivos de los cerramientos. Fuente: autoría propia. Pág. 45
- Figura 21. Detalles constructivos de las particiones interiores. Fuente: autoría propia. Pág. 45
- Figura 22. Foto de la cubierta plana no transitable de grava. Fuente: autoría propia. Pág. 45
- Figura 23. Foto de la cubierta plana transitable de baldosa cerámica. Fuente: autoría propia. Pág. 45
- Figura 24. Plano del sistema de ventilación y climatización. Fuente: autoría propia. Pág. 46
- Figura 25. Fotografía interior del salón-comedor. Fuente: autoría propia. Pág. 47
- Figura 26. Fotografía interior del dormitorio. Fuente: autoría propia Pág. 47
- Figura 27. Fotografía interior de la climatización de dormitorio. Fuente: autoría propia. Pág. 47
- Figura 28. Fotografía interior del taller 1. Fuente: autoría propia. Pág. 48
- Figura 29. Fotografía interior del taller 1. Fuente: autoría propia. Pág. 49
- Figura 30. Imagen del multisensor “Awair Omni”. Fuente: [Air Quality Monitor for Business | Breathe Easy At Work \(getawair.com\)](#) Pág. 51
- Figura 31. Plano de ubicación del dispositivo de medición. Fuente: autoría propia. Pág. 52
- Figura 32. Medidor Aeroqual 500. Fuente: [aeroqual 500 - Bing images](#) Pág. 53
- Figura 33. Esquema de relación entre parámetros y ventilación. Fuente: autoría propia. Pág. 57
- Figura 34. Esquema de relación entre parámetros de diseño y parámetros de calidad del aire. Fuente: autoría propia. Pág. 98
- Figura 35. Dirección del viento. Fuente: autoría propia. Pág. 100

III. LISTADO DE GRÁFICAS*

Gráfica 1. Gráfica Taller 1 semana 1.	Pág. 68
Gráfica 2. Gráfica Taller 1 día 3.	Pág. 69
Gráfica 3. Gráfica Dormitorio semana 1.	Pág. 71
Gráfica 4. Gráfica Dormitorio día 2- día 3.	Pág. 72
Gráfica 5. Gráfica Salón-comedor semana 1.	Pág. 74
Gráfica 6. Gráfica Salón-comedor día 3.	Pág. 75
Gráfica 7. Gráfica Taller semana 4.	Pág. 77
Gráfica 8. Gráfica taller día 24.	Pág.78
Gráfica 9. Gráfica Dormitorio semana 4.	Pág.80
Gráfica 10. Gráfica Dormitorio día 23 - día 24.	Pág. 81
Gráfica 11. Gráfica Salón-comedor semana 4.	Pág. 83
Gráfica 12. Gráfica salón-comedor día 24.	Pág. 84
Gráfica13. Gráfica Taller 1 semana 7.	Pág. 86
Gráfica 14. Gráfica Taller 1 día 45.	Pág.87
Gráfica 15. Gráfica Dormitorio semana 7.	Pág. 89
Gráfica 16. Gráfica Dormitorio día 44 y día 45.	Pág. 90
Gráfica 17. Gráfica Salón-comedor semana 7.	Pág. 92
Gráfica 18. Gráfica Salón-comedor día 45.	Pág. 93

IV. LISTADO DE TABLAS*

Tabla 1. Características y márgenes de tolerancia del multisensor “Awair Omni”.	Pág. 51	Tabla 19. Dormitorio semana 7.	Pág. 91
Tabla 2. Tabla resumen del Taller 1 siete semanas.	Pág. 64	Tabla 20. Dormitorio día 44-45.	Pág. 91
Tabla 3. Tabla resumen del Dormitorio siete semanas.	Pág. 65	Tabla 21. Salón-comedor semana 7.	Pág.94
Tabla 4. Tabla resumen del Salón-comedor siete semanas.	Pág. 66	Tabla 22. Salón-comedor día 45.	Pág. 94
Tabla 5. Taller 1 semana 1.	Pág. 70	Tabla 23. CO ₂ (ppm).	Pág. 99
Tabla 6. Taller 1 día 3.	Pág. 70	Tabla 24. PM2.5 (µg/m ³):	Pág. 100
Tabla 7. Dormitorio semana 1.	Pág. 73	Tabla 25. TVOC (ppb).	Pág. 101
Tabla 8. Dormitorio día 2 - día 3	Pág. 73		
Tabla 9. Salón-comedor semana 1.	Pág. 76		
Tabla 10. Salón-comedor día 3.	Pág. 76		
Tabla 11. Taller 1 semana 4.	Pág. 79		
Tabla 12. Taller 1 día 24.	Pág. 79		
Tabla 13. Dormitorio semana 4.	Pág. 82		
Tabla 14. Dormitorio día 23 - día 24.	Pág. 82		
Tabla 15. Salón-comedor semana 4.	Pág. 85		
Tabla 16. Salón-comedor día 24.	Pág. 85		
Tabla 17. Taller 1 semana 7.	Pág. 88		
Tabla 18. Taller 1 día 45.	Pág. 88		

*FUENTE: TODO DE AUTORIOA PRÓPIA