



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

**ESTUDIO SOBRE LA EVOLUCIÓN DE LA
CALIDAD DEL AIRE INTERIOR (CAI) EN EL
SERVICIO DE ANATOMÍA PATOLÓGICA DEL
HOSPITAL UNIVERSITARIO RÍO HORTEGA
(HURH) DE VALLADOLID**

Autor:

González Merino, Marina

Tutores:

Arroyo Gómez, Yolanda

San José Alonso, Julio Francisco

Agradecimientos:

Me gustaría dar las gracias a mi familia, un pilar fundamental para alcanzar mis metas y completar mis estudios. Mi más profunda gratitud por confiar en mi en los momentos más difíciles, incluso cuando ni yo lo hacía.

A Fernando Espí por darme la oportunidad de realizar las prácticas y el proyecto en el Hospital Universitario Río Hortega de Valladolid, siendo sin duda determinante en mi crecimiento personal y profesional.

Al personal del hospital por su amabilidad y disposición siempre que les he necesitado.

Por último, no puedo pasar por alto el aporte de mis tutores Julio San José Alonso, por estos años de enseñanza y su cercanía con todos los alumnos y Yolanda Arroyo Gómez, por estar siempre disponible y brindarme tanta ayuda. Su dedicación y su motivación han sido sin duda fundamentales para la realización del proyecto.

Resumen:

En este trabajo se realiza un estudio de Calidad del Ambiente Interior en el Servicio de Anatomía Patológica del Hospital Universitario Río Hortega de Valladolid. El propósito es evaluar: el grado de exposición de sus trabajadores a contaminantes químicos y el estado de confort en el que trabajan. Se comienza por caracterizar el sistema de ventilación, para comprobar que cumple la normativa aplicada a este tipo de locales. Se realizan mediciones de: caudales de ventilación, confort (térmico, lumínico, acústico) y concentraciones de: partículas en suspensión y seis contaminantes químicos gaseosos. Se fijan unos valores máximos de cada parámetro y se evalúa el cumplimiento de las normativas vigentes. Se determina que hay una relación entre el número de personas y la concentración de CO₂, y entre la actividad que realizan y la concentración de Compuestos Orgánicos Volátiles. Se comprueba la importancia de trabajar dentro de las vitrinas extractoras de gases.

Palabras clave:

Calidad del Ambiente Interior, condiciones estándar, Anatomía patológica, contaminantes químicos, ventilación.

Abstract:

In this work, an Indoor Environmental Quality study is carried out in the Pathology Anatomy Department of the Río Hortega University Hospital in Valladolid. The purpose is to evaluate: the degree of exposure of its workers to chemical contaminants and the state of comfort in which they work. The first step was to characterize the ventilation system to check that it complies with the regulations applied to this type of premises. Measurements are made of: ventilation flow rates, comfort (thermal, lighting, acoustic) and concentrations of: suspended particles and six gaseous chemical pollutants. Maximum values are set for each parameter and compliance with current regulations is evaluated. It is determined that there is a relationship between the number of people and the concentration of CO₂, and between the activity they perform and the concentration of Volatile Organic Compounds. The importance of working inside the extractor hoods is proven.

Key words:

Indoor Environmental Quality, standard conditions, pathological anatomy, chemical contaminants, ventilation.

ÍNDICE:

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS:.....	9
1.1. Justificación:	9
1.2. Objetivos:	13
1.3. Planificación del estudio:.....	15
2. SERVICIO DE ANATOMÍA PATOLÓGICA DE HURH:.....	19
2.1. Descripción del área de Anatomía Patológica del HURH:.....	19
2.1.1. Distribución en planta:.....	19
2.1.2. Descripción del sistema de climatización del área:	20
2.1.3. Sistemas de ventilación presentes en el área:.....	23
3. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD SANITARIA DEL SERVICIO DE ANATOMÍA PATOLÓGICA:	29
3.1. Fases de preparación de muestras:	29
3.2. Principal equipamiento de la sala:.....	34
3.3. Productos más utilizados en su labor diaria:	36
3.3.1. Formol:.....	36
3.3.2. Ácido nítrico:.....	36
3.3.3. Ácido fórmico:.....	37
3.3.4. Alcohol etílico:.....	37
3.3.5. Tolueno:	38
3.3.6. Xileno:	38
3.3.7. Hematoxilina de Harris:	39
3.3.8. Eosina:	40
4. REQUERIMIENTOS AMBIENTALES POR NORMATIVA DEL SERVICIO DE ANATOMÍA PATOLÓGICA:.....	43
4.1. Valores límite de concentraciones de contaminantes en el aire:.....	47
5. METODOLOGÍA:.....	51
5.1. Equipos de medida:.....	51
5.1.1. Contador de partículas:	51
5.1.2. Balómetro:.....	52
5.1.3. Confort del ambiente:.....	54
5.1.4. Sonómetro:.....	56
5.1.5. Sonda de Calidad de Aire Interior:.....	58

5.2. Metodología de medida:	61
5.2.1. Toma de medidas previas:	61
5.2.2. Factores influyentes en la concentración de contaminantes gaseosos	64
6. RESULTADOS DE DETERMINACIÓN DE LA CAI DE LA SALA DE ANATOMÍA PATOLÓGICA.....	67
6.1. Caracterización de la sala de tallado:	67
6.2. Inspección visual y descripción de la UTA 11	69
6.3. Medidas de ventilación tomadas en la sala de tallado:.....	71
6.4. Medidas de concentración de partículas tomadas en la sala de tallado:.....	72
6.5. Medidas de confort y de concentraciones de contaminantes gaseosos en condiciones iniciales:	73
6.5.1 Confort térmico:.....	73
6.5.2. Confort sonoro y lumínico:.....	75
6.5.3. Concentración de contaminantes gaseosos en condiciones iniciales:	75
6.6. Medidas de concentraciones de contaminantes gaseosos durante la jornada laboral:.....	76
6.6.1. Resultados tomados el día 1:.....	77
6.6.2. Resultados tomados el día 2	87
6.6.3. Resultados de medidas de contaminantes gaseosos comparativa entre día 1 y día 2	97
7. ANÁLISIS DE RESULTADOS:.....	99
8. CONCLUSIONES:.....	101
9. BIBLIOGRAFÍA	103
ANEXO I.....	107
Riesgo Químico	107
Indicaciones de peligro.....	109

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS:

1.1. Justificación:

El presente Trabajo Fin de Grado (TFG) se ha desarrollado en el periodo de realización de las prácticas curriculares y se enmarca en un acuerdo de colaboración entre el Servicio de Mantenimiento del Hospital Universitario Río Hortega de Valladolid (“HURH”) y la Unidad de Investigación Consolidada de Castilla y León (UIC-053) Termotecnia del Departamento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica (IEF) de la Escuela de Ingenierías Industriales (EII) de la Universidad de Valladolid (UVa).

El HURH es el Hospital de Referencia del Área Oeste de Valladolid y es el eje principal de atención especializada en la red de salud de Castilla y León. El HURH tiene las funciones propias de todo hospital: a) sanitarias, b) formativas, c) investigadoras, para ello cuenta con alrededor de 2.600 trabajadores

Dispone de un total de 600 camas, con una superficie construida que abarca 127.621 m². Tiene 18 quirófanos, 6 salas de parto y 16 puestos de neonatología. También está dotado de un helipuerto en un anexo al complejo, para dar cabida a los helicópteros sanitarios.



Figura 1. Fachada principal del HURH

El diseño del HURH se basa en una distribución de bloques de no más de cuatro alturas interconectados, existiendo un anillo exterior de comunicaciones que permite diferentes accesos al centro. En el interior se diferencian perfectamente los pasillos de pacientes, personal y mercancías.

El HURH cuenta con cuatro Bloques de Hospitalización, que se distinguen en la estructura. Estos bloques se encuentran divididos de acuerdo con especialidades médicas, entre los que destacan Trasplante de medula ósea, Neonatología y trasplante hepático.

El HURH dispone de servicios de referencia para toda la comunidad de Castilla y León, como Cirugía Oncológica Peritoneal, Unidad de Trasplante Hepático y

Unidad de Quemados. Además, el centro dispone de tecnología de última generación en radiodiagnóstico.

En lo que respecta a la diversidad de servicios médicos ofrecidos, el Hospital Universitario Universitario Río Hortega cuenta con una extensa cartera que abarca aproximadamente 38 especialidades, garantizando que el hospital pueda atender a una amplia variedad de necesidades médicas. Entre las numerosas especialidades que abarca se encuentran Alergología, Cardiología, Cirugía General, Nefrología, Psiquiatría y Medicina Interna ¹.



Figura 2. Pasillo interior del HURH

Es importante tener en cuenta que los edificios de atención médica son complejas infraestructuras, cuyo ambiente interior está altamente influenciado por las condiciones de uso de los diferentes espacios. El estudio sobre la Calidad del Ambiente Interior (CAI) surge de la necesidad de velar por el personal y la salud de los pacientes, dada la elevada concentración de patógenos en los hospitales.

Los hospitales atienden a pacientes con sistemas inmunológicos debilitados, lo que les hace más susceptibles a infecciones y enfermedades. Una deficiente CAI no solo aumenta el riesgo de infecciones, sino que también puede contribuir a la propagación de enfermedades dentro del propio hospital.

El propósito fundamental de este estudio es llevar a cabo un minucioso análisis de la CAI en el servicio de Anatomía Patológica de HURH, concretamente en la sala de tallado.

El servicio de Anatomía Patológica de HURH se ubica en el Edificio Oeste de las instalaciones hospitalarias, en la planta 0 y ocupa una superficie de aproximadamente 1.300 metros cuadrados. El diseño y la disposición de esta planta del edificio se encuentran detallados en la figura 3, donde aparece una

visión general de la distribución de los espacios, destacando la ubicación de los laboratorios de tratamiento de muestras y la sala de tallado.

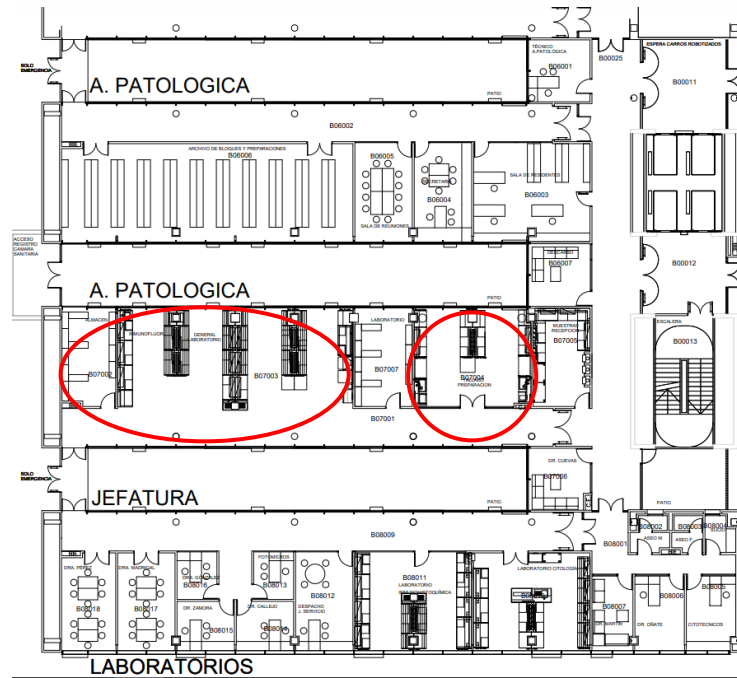


Figura 3. Planta del servicio de Anatomía Patológica

El estudio llevado a cabo implica la medición y evaluación de diversos parámetros asociados a la Calidad del Ambiente Interior. El estudio implica caracterizar: El local, equipos y mobiliario y los sistemas de ventilación. Después realizar una serie de medidas de agentes físicos, como son: Confort térmico, iluminación y acústica, además de la sobrepresión de los espacios objeto de estudio. El estudio se completará con un análisis de la calidad del aire interior, haciendo un seguimiento de la evolución de la concentración de seis contaminantes químicos gaseosos que pueden presentarse en el aire en una jornada de operación del servicio: O_3 , CO , CO_2 , $HCHO$, NO_x y $TVOCs$. Para llevar a cabo este proceso se elaborará una planificación cuidadosa para no inferir en el servicio, se seleccionarán los espacios del servicio a caracterizar y a estudiar y, para la toma de medidas, se emplearán los equipos del Grupo de Investigación Reconocido de la Universidad de Valladolid, Termotecnia (GIR Termotecnia). Para validar el estudio se tendrán en cuenta los valores de referencia que deben cumplir estas áreas de trabajo, según las normativas vigentes.

En la figura 4 se muestra un esquema de los parámetros que componen el proceso de determinación de la CAI en la sala de tallado del servicio de Anatomía Patológica, objeto de estudio.

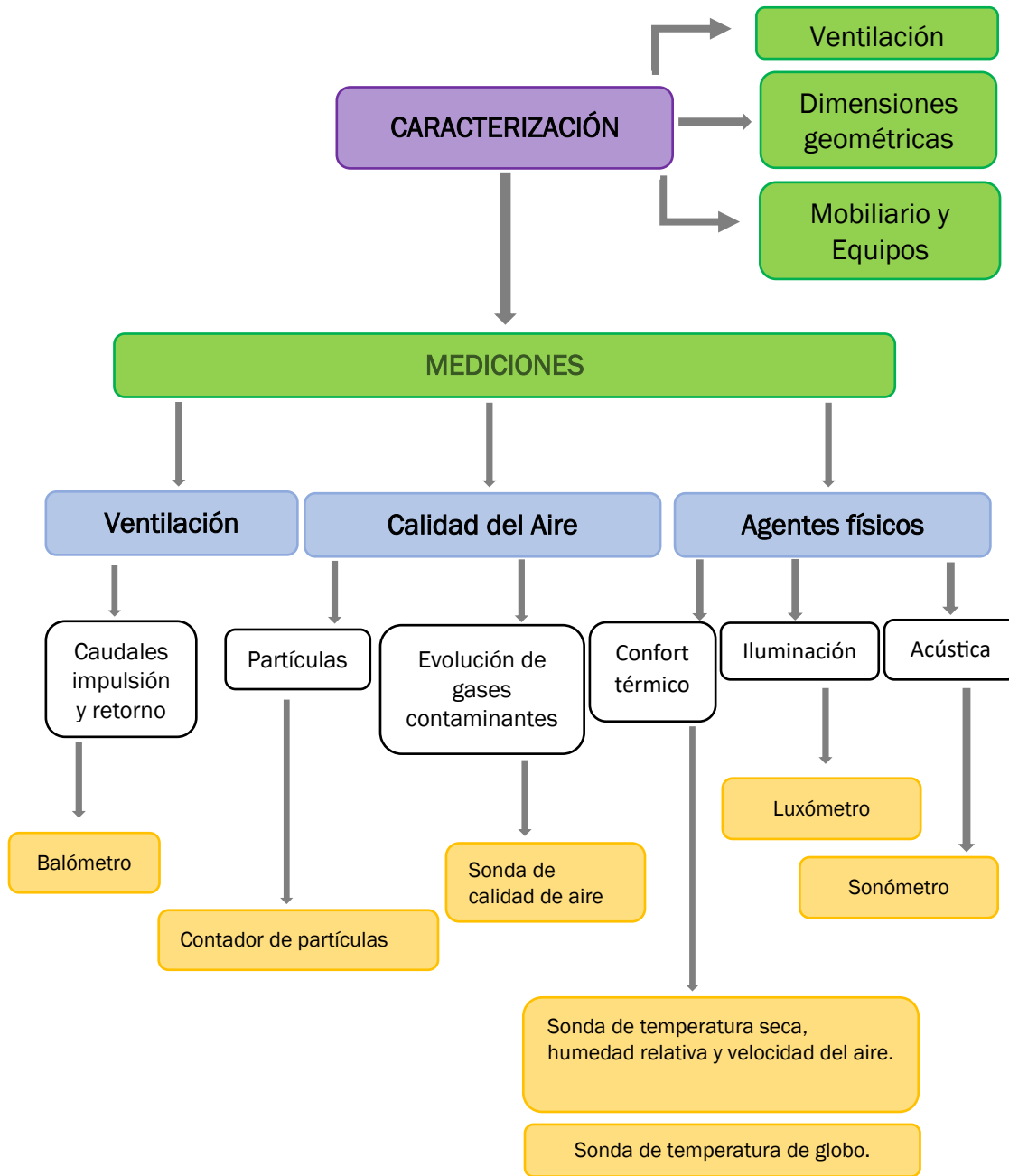


Figura 4. Parámetros de determinación de CAI de la sala de tallado.

1.2. Objetivos:

El objetivo de este TFG es realizar un análisis de la Calidad del Ambiente Interior en el Servicio de Anatomía Patológica del Hospital Universitario Río Hortega de Valladolid:

Para alcanzar dicho objetivo se plantean los siguientes subobjetivos:

- Recopilar información sobre las actividades que se realizan en el servicio de Anatomía Patológica: estudiar y familiarizarse con los procedimientos llevados a cabo en este campo de la medicina.
- Investigar las distintas sustancias químicas utilizadas en el laboratorio y comprender sus posibles efectos adversos en la salud de los empleados.
- Adquirir conocimientos sobre los sistemas de climatización y ventilación presentes en el área de estudio.
- Revisar la normativa sobre Calidad de Ambiente Interior que debe alcanzar el Servicio de Anatomía Patológica.
- Hacer una selección de los espacios del Servicio a caracterizar y a estudiar, mediante visitas a la instalación.
- Elaborar una planificación cuidadosa para no interferir en la actividad del servicio.
- Aprender el uso de los equipos e instrumental de medida especializado.
- Medir los diversos parámetros asociados a la calidad del ambiente interior, englobando: análisis de los sistemas de ventilación, los agentes físicos de confort, la presencia de contaminantes químicos en el aire y la monitorización de partículas en suspensión.
- Evaluar las medidas de seguridad efectuadas por el Servicio de Medicina Preventiva y, en su caso, proponer recomendaciones sobre cómo mejorar la Calidad Ambiental.

1.3. Planificación del estudio:

A continuación, se detallan las fases y tareas planeadas para llevar a cabo en este trabajo fin de grado.

1º FASE: TRABAJOS PREVIOS.

1. Toma de contacto con las instalaciones:

La primera etapa consistió en adquirir conocimientos de las instalaciones del Hospital Universitario Río Hortega, en cuanto a: elementos que lo componen, operaciones de mantenimiento, requerimientos, componentes de la climatización, sistemas de control, regulación y alarmas. Se trata de un hospital de amplias dimensiones por lo que ha implicado una elevada necesidad de tiempo conocer las diferentes áreas y exigencias de estas instalaciones. Para ello se ha contado con la ayuda del personal de mantenimiento.

También se adquirió conocimientos del funcionamiento del sistema de control SCADA, que recopila datos visibles en el ordenador, tomados en tiempo real, tales como temperaturas de funcionamiento, caudales de aire y presiones, entre otros.

2. Selección del servicio objeto de estudio:

El servicio de Anatomía Patológica es un servicio que utiliza de forma sistemática multitud de compuestos químicos para preparar las muestras que luego estudian los médicos patólogos, por lo que es un servicio donde la CAI se ve muy influenciada por la actividad que desarrolla. Además, se trata de un servicio que funciona de forma continua en el hospital.

a) Visita al servicio de Anatomía Patológica del HURH y comprensión de esta rama de la medicina:

Se lleva a cabo una visita con el personal especializado en Anatomía Patológica, con el objetivo de recopilar las actividades que realizan, su alcance, y las razones por las que se enfrentan diariamente a diversos contaminantes químicos.

Se recopiló información sobre: el número de personas que trabajan en el área a diario, horarios, y magnitud del volumen de muestras analizadas; las técnicas de tratamiento y análisis realizadas por los

técnicos y patólogos del hospital, prestando especial atención a las tareas y a la ubicación de las personas que las realizan.

b) Estudio de los requerimientos normativos del servicio de Anatomía Patológica:

Se ha llevado a cabo una revisión de toda la normativa relacionada con la Calidad de Aire Interior (CAI) en entornos hospitalarios, las medidas de prevención de riesgos laborales en relación con la exposición diaria de los trabajadores a productos químicos perjudiciales y se han consultado guías relacionadas con la salud en el trabajo.

2º FASE: OBJETO DEL ESTUDIO.

a) Selección de los espacios a estudiar:

La selección de los espacios para el muestreo se basó principalmente en las necesidades del hospital. Se llevaron a cabo visitas sucesivas al área de interés con el fin de comprender las características de la sala, sus dimensiones y los sistemas de ventilación presentes en ella.

b) Puesta a punto y funcionamiento de los equipos de medida:

Se dedicó tiempo al estudio de los manuales de los equipos de medida para su puesta a punto y manejo posterior en los distintos puntos de medición.

3º FASE: TOMA DE DATOS.

a) Programación del proceso de medida:

En esta etapa, se tomaron decisiones importantes para planificar la medición de los parámetros implicados en la CAI de la sala objeto de estudio. Algunas de las decisiones clave que se tomaron incluyen:

- Definir el proceso a seguir para llevar a cabo las mediciones.
- Determinar el horario más adecuado para comenzar las mediciones.
- Identificar los puntos más representativos donde debe medirse.

b) Toma de medidas:

Esta etapa involucró realizar medidas a primera hora de la mañana para establecer las condiciones iniciales antes del comienzo de la actividad y posteriormente registrar la concentración de los gases presentes a lo largo de toda una mañana trabajando. Para estudiar la evolución de la concentración de los contaminantes durante el primer turno de jornada laboral. El proceso se efectuó dos días consecutivos, en igualdad de actividad, con objeto de obtener datos comparables.

Es importante llevar un registro preciso de todas las mediciones y los procedimientos utilizados para garantizar la calidad de los datos y facilitar el análisis posterior.

4º FASE: ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS.

c) Tratamiento de datos:

Se dedicó un periodo específico al procesamiento de los datos. Este proceso incluyó la descarga de la información y la organización en una hoja de cálculo de Excel.

d) Interpretación de datos y conclusiones:

Para facilitar la interpretación de los datos se ha recurrido a funciones estadísticas de la herramienta Excel, Así como a utilizar diferentes gráficos para observar las tendencias de las concentraciones de los contaminantes. Una vez analizados todos los datos de las mediciones efectuadas, se obtienen las conclusiones pertinentes acordes con los objetivos planteados.

La mayoría de las actividades realizadas en el marco de este trabajo de fin de grado se llevaron a cabo durante un período de prácticas curriculares en el Servicio de Mantenimiento del HURH. Esto permitió dedicar un considerable número de horas: a la exploración en profundidad del área objeto de estudio, a comprender la organización de las diferentes secciones y a familiarizarse con los procedimientos de los distintos trabajadores.

En la tabla 1 se muestra en cronograma de las fases del estudio.

Tabla 1. Cronograma de fases

Semana Fase	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1°)											
2°)											
3°)											
4°)											

2. SERVICIO DE ANATOMÍA PATOLÓGICA DE HURH:

2.1. Descripción del área de Anatomía Patológica del HURH:

2.1.1. Distribución en planta:

En el laboratorio de Anatomía Patológica del HURH se analizan unas 20.000 muestras anuales procedentes de biopsias de pacientes. Trabajan alrededor de 30 personas de los cuales, 14 son técnicos de laboratorio y 9 patólogos, además del personal administrativo.

La actividad en el laboratorio de Anatomía Patológica es constante y abarca una jornada completa, con turnos tanto por la mañana como por la tarde. Es importante señalar que la mayor afluencia de trabajadores y el pico de actividad se concentran en las horas matutinas trabajando al día unas 10 personas en total, de las cuales 2 técnicos y 2 patólogos estarán en la sala de tallado y 6 serán técnicos ubicados en la sala de procesamiento de muestras.

Las salas del Servicio de Anatomía Patológica se distribuyen según se muestra en la figura 5 y se compone de las siguientes salas:

- *Sala de recepción de muestras:* Es el lugar donde se reciben las muestras médicas del hospital, se registran y se etiquetan con el nombre del paciente y la fecha de origen. Además, esta sala dispone de armarios de seguridad para almacenar muestras quirúrgicas conservadas en formol.
- *Almacén de productos químicos:* Es el lugar donde se guardan los productos químicos con los que se trabaja en el área. Debe de tener una ventilación adecuada, un número de renovaciones de aire superior al de otras salas para evitar acumulación de gases y vapores potencialmente peligrosos y encontrarse en depresión respecto a los locales contiguos.
- *Sala de tallado:* Se realiza la preparación inicial de las muestras antes de su análisis microscópico, aquí se cortan las muestras en secciones menores y se fijan. El trabajo en esta sala requiere una gran precisión y cuidado para garantizar la calidad de los diagnósticos médicos. Además del cumplimiento de normativas estrictas de seguridad para evitar la exposición del personal a sustancias que pudieran resultar peligrosas para su salud.

- **Sala de procesamiento de muestras:** Esta es la sala más amplia del área en la que se procesan las muestras preparadas en una serie de etapas que incluyen deshidratación, aclarado, inclusión en parafina y tinción. Para agilizar y estandarizar estos procesos, la sala cuenta con procesadores automáticos.

De todas las salas presentes se ha escogido como escenario de estudio la sala de tallado, fundamentalmente debido al riesgo potencial de exposición a sustancias tóxicas.



Figura 5. Área de Servicio de Anatomía Patológica

2.1.2. Descripción del sistema de climatización del área:

El HURH, en lo que respecta a su sistema de climatización, se divide en numerosas zonas de gran tamaño. En cada una de estas áreas, se emplean Unidades de Tratamiento de Aire (UTAs) para mantener la CAI. El HURH alberga aproximadamente 200 UTAs. Las condiciones de operación se supervisan y regulan a través del sistema de control y regulación SCADA del hospital, que es una aplicación de software que automatiza la gestión de procesos, brindando a los técnicos de mantenimiento información detallada para el control y supervisión de la climatización, el saneamiento de agua, la seguridad o la administración de la energía. Esta aplicación permite la monitorización y la realización de ajustes en la instalación para gestionar el edificio. La figura 6 muestra la distribución de las áreas en las que se ubican las UTAs:



Figura 6. Pantalla principal del sistema control y regulación SCADA del HURH

Las Unidades de Tratamiento de Aire (UTAs) desempeñan un papel crucial en garantizar la calidad del ambiente interior, al ser la calefacción, ventilación y refrigeración componentes fundamentales para cumplir con los estándares de seguridad y confort para las personas que ocupan estos espacios. Estas unidades operan mediante un sistema de ventilación mecánica que gestiona el suministro de aire exterior filtrado en la cantidad necesaria y el ajuste de las condiciones térmicas y de humedad. Es fundamental resaltar que la introducción de aire exterior conlleva un consumo adicional de energía, el cual se reduce al utilizar recuperadores de calor que recuperan del aire extraído energía para pretratar el aire impulsado ².

Los componentes principales de una UTA son:

- Filtros: Responsables de retener las partículas en suspensión y purificar el aire antes de que ingrese al espacio interior. La elección del tipo de filtro depende de la calidad del aire que se debe lograr.
- Humectador: Encargado de controlar y mantener los niveles adecuados de humedad relativa en el aire suministrado al interior de la sala.
- Batería de frío: Permite disminuir la temperatura y humedad del aire a impulsar en el local. Regula mediante la apertura o cierre de las válvulas de frío, controlando el flujo de agua fría a través de la batería de frío. Esto se programa en función de la temperatura requerida.

- Bateria de calor: Permite incrementar la temperatura y humedad del aire a impulsar en el local. Similar a la batería de frío, esta se controla mediante válvulas de calor para ajustar el flujo de agua caliente a través del intercambiador, manteniendo la temperatura deseada.
- Bateria de recuperación: Ayuda a aprovechar la energía térmica del aire de extracción para precalentar o preenfriar el aire fresco entrante.
- Ventilador de impulsión y de extracción: Dos ventiladores, uno encargado de impulsar el aire tratado hacia el espacio interior y otro de extraer el aire, son esenciales para la circulación eficiente del flujo de aire a través del sistema. Su regulación permite alcanzar la sobrepresión o depresión del local ³.

Estos componentes trabajan en conjunto para garantizar un ambiente interior adecuado a las necesidades del servicio.

La UTA correspondiente a la sala de tallado es la UTA 11 que se muestra en la figura 7:

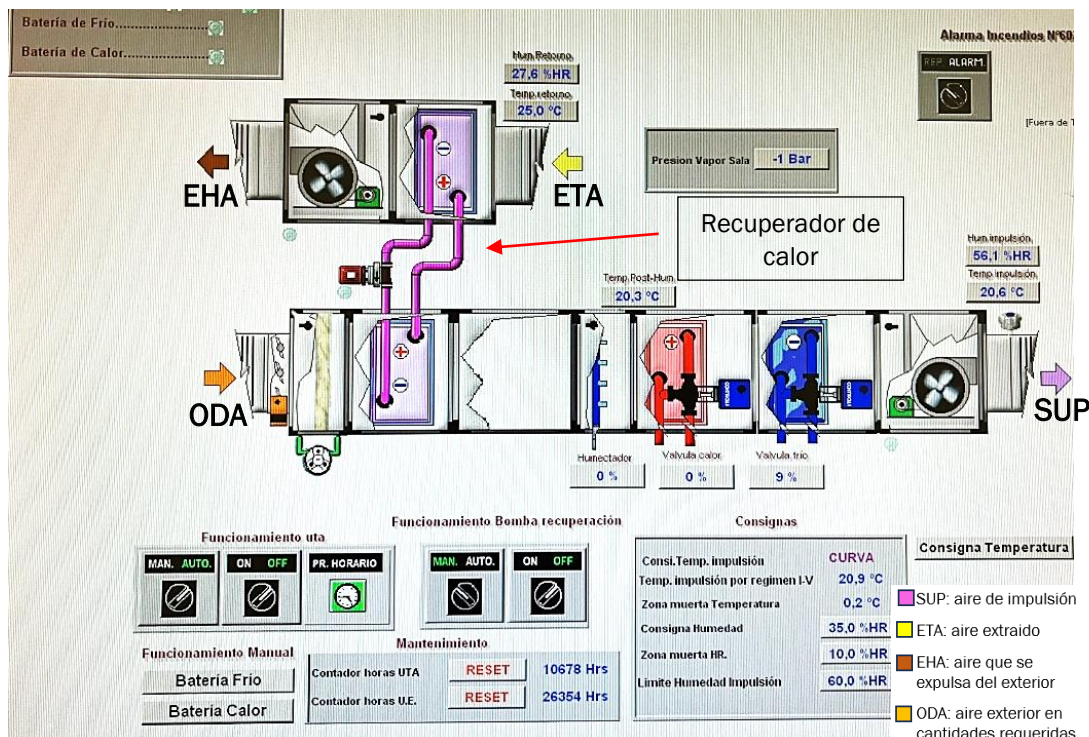


Figura 7. Esquema UTA11 en el SCADA 963 correspondiente a la sala de tallado

Se trata de una UTA 100% aire exterior con doble batería de recuperación para evitar bypass entre el aire de impulsión y de extracción, tal y como se observa en la figura 7. Este proceso de recuperación de energía ayuda significativamente a reducir el consumo de energía en calefacción o refrigeración.

La disposición de los ventiladores en la UTA garantiza la total prevención de la transmisión de partículas en el caso de que se produzca una fuga en las uniones, paredes, recuperador, puertas, u otros componentes. Esto se logra manteniendo siempre una sobrepresión en el aire de impulsión con respecto al aire exterior a la UTA. Esto significa que, en cualquier circunstancia, el aire limpio no se contamina con el aire existente en el hospital ⁴.

La regulación de la temperatura, como se mencionó previamente, se lleva a cabo mediante la apertura y cierre de las electroválvulas de calor y frío. Esto se logra mediante un lazo de control del tipo PI.

Este lazo de control PI combina la acción proporcional y la integral, para mantener la temperatura dentro del rango deseado donde se compara continuamente la temperatura ambiente y la temperatura deseada establecida como referencia.

La operación de cada UTA se ajusta de manera automática con una programación para que funcione las 24 horas. Además, cada UTA tiene su propio horario de funcionamiento programado de manera independiente.

Respecto a la presión relativa que se debe mantener en la sala de tallado en relación con las salas contiguas, se requiere un diferencial de presión negativo, lo que significa que la presión en la sala es inferior a la de las zonas adyacentes. De esta manera, se evita que el aire se desplace hacia las salas colindantes cuando se abra una puerta ².

2.1.3. Sistemas de ventilación presentes en el área:

Según el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, el término "ventilación" se refiere al proceso de suministrar o extraer aire de un área, espacio o edificio, ya sea de manera natural o a través de sistemas mecánicos. Desde una perspectiva de prevención, la ventilación se considera uno de los métodos de protección colectiva destinados a resguardar la salud de los trabajadores. Usualmente, se identifican dos tipos principales de ventilación: la ventilación por **extracción localizada** y la **ventilación general**, que se aplican en

función del tipo de emisión de contaminantes que se tenga: contaminación base o contaminación puntual.

En el primer caso, la ventilación por extracción localizada, aplicada para contaminación puntual, tiene como finalidad eliminar sustancias contaminantes donde se emiten, evitando así su difusión en el entorno. Por otro lado, la ventilación general, aplicada para contaminación base, busca reducir los niveles de contaminación en un espacio para que alcancen niveles aceptables. En cualquier sistema de ventilación, es fundamental asegurar que el aire extraído sea reemplazado de manera adecuada ⁵.

En cuanto a la **ventilación localizada** la sala cuenta con:

- Cuatro campanas de extracción de gases GT-LAB modelo MT-1, con filtro adsorbente, que atrapa contaminantes químicos tóxicos, dispuestas en cada puesto de trabajo dentro de la sala de tallado. Su propósito es confinar la operación tanto como sea posible, evitando la dispersión de contaminantes en la sala.

Los filtros empleados en estas campanas son de permanganato de potasio (KMnO_4), los cuales operan mediante un mecanismo de fijación química cuando los vapores de formol interactúan con la superficie activa del adsorbente. Estos filtros también son eficaces para la eliminación efectiva de otros compuestos orgánicos volátiles (COVs) olorosos de bajo peso molecular, como por ejemplo alcoholes de cadena hidrocarbonada corta⁶. Entre ellos, etanol, ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) y ácido fórmico, (HCOOH) como ejemplos de compuestos utilizados en la Sala de tallado objeto de estudio.



Figura 8. Campana de extracción de gases de Sala de tallado

La extracción de los gases se lleva a cabo mediante los pequeños orificios circulares que extraen los gases mediante un flujo laminar. Se encuentran estratégicamente ubicados en la pared lateral de la campana, como se observa en la figura 8. Estos orificios conectan a una serie de conductos donde se ubica el filtro. El aire una vez filtrado es transportado hacia el exterior del edificio de manera segura, no contaminante.

El correcto funcionamiento de las campanas extractoras se puede supervisar por medio del sistema de control y regulación SCADA 963 mencionado con anterioridad.

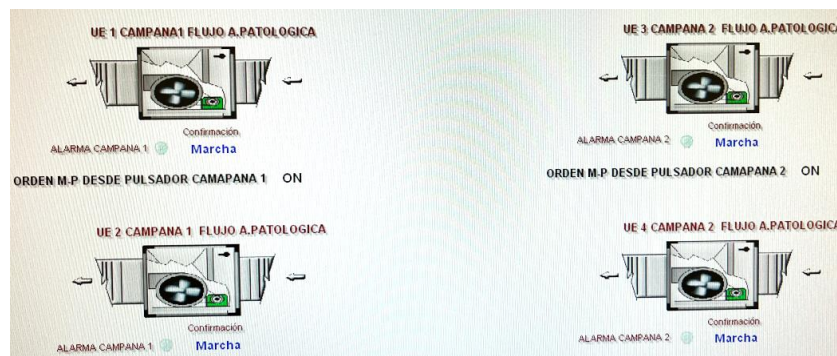


Figura 9. Pantalla del SCADA 963 de campanas extractoras en la sala de tallado

Respecto a la **ventilación general** se emplea un sistema mecánico por mezcla de doble ventilador, la impulsión partirá de la UTA donde los conductos serán independientes a los de la extracción, incluyendo los siguientes componentes:

- Cuatro difusores rotacionales de impulsión de aire TROX, de 600 x 600 mm y 12 ranuras cada uno. Estos difusores se emplean en sistemas de ventilación y aire acondicionado para dirigir el flujo de aire de manera controlada, evitando corrientes de aire intensas y desequilibrios en la temperatura y humedad del ambiente.



Figura 10. Difusor rotacional impulsión sala de tallado

- Dos rejillas de extracción de aire, que funciona como un elemento terminal para la extracción controlada del aire.

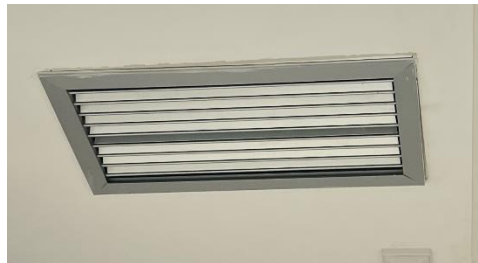


Figura 11. Rejilla de extracción sala de tallado

Seguidamente, en la figura 12, se presenta la instalación integral de ventilación que se encuentra en el área de anatomía patológica.

3. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD SANITARIA DEL SERVICIO DE ANATOMÍA PATOLÓGICA:

La Anatomía Patológica, como disciplina fundamental en el campo de la medicina, se dedica al estudio profundo de las causas, consecuencias y alcance de las enfermedades a través del análisis de las alteraciones estructurales que estas provocan en las células y tejidos del organismo ⁷. Además, esta rama de la medicina se enfoca en examinar las respuestas de los tejidos a diferentes tratamientos médicos ⁸.

El estudio propuesto en este trabajo de fin de grado, surge como resultado de la importancia crucial que desempeña la Anatomía Patológica en el ámbito médico y de la salud. En los entornos hospitalarios y clínicos, este servicio desempeña un papel esencial al procesar muestras biológicas procedentes de procedimientos médicos como biopsias, endoscopias, citologías o autopsias. Estas muestras, en su mayoría, consisten en fragmentos mínimos de tejidos o células aisladas, que posteriormente son sometidos a una minuciosa interpretación y diagnóstico por parte de un patólogo ⁹. Este análisis es capaz de identificar una amplia gama de lesiones, incluyendo las de naturaleza inflamatoria, infecciosa, degenerativa y, especialmente, casos de cáncer. En el caso de las autopsias sirve para determinar las causas subyacentes de la muerte de un individuo.

3.1. Fases de preparación de muestras:

Un punto crítico en estos laboratorios es la preparación de las muestras. Dado que la mayoría de los tejidos son extremadamente delicados y requieren ser seccionados en láminas sumamente finas para su examen bajo el microscopio, es necesario llevar a cabo procedimientos técnicos específicos ¹⁰

Para preparar las muestras para su posterior análisis en el microscopio, se llevan a cabo una serie de etapas, que se realizan, principalmente, en dos salas del servicio de anatomía patológica: Sala de Tallado y Sala de Procesamiento de muestras.

A continuación, se describen las fases que se hacen en cada una de las salas:

En la **sala de tallado** un patólogo supervisará y coordinará el trabajo, en todo momento, asesorando y proporcionando orientación al personal técnico. Las actividades, realizadas en esta sala son las siguientes:

- **Recibimiento de muestras:** Se reciben las muestras de biopsias ya inmersas en formol (agente fijador), identificadas en su recipiente correspondiente y etiquetadas.
- **Fijación:** Los tejidos se someten a un proceso de fijación utilizando agentes químicos como el formol, que detiene los procesos de descomposición y preserva la estructura morfológica de células y tejidos. El uso del formol se debe a su capacidad de penetración y difusión, lo que permite una adecuada fijación de las muestras y facilita la tinción posterior de los componentes celulares y tisulares ¹¹.
- **Descalcificación:** Cuando hay minerales (o tejido óseo) en los tejidos, es muy difícil obtener buenas secciones finas. En estos casos el proceso histológico debe incluir un paso en el que se eliminan tales minerales mediante ácido fórmico y nítrico. Los tejidos se lavan con agua y se sumergen en la solución descalcificadora ¹¹.
- **Inspección macroscópica y corte:** El proceso de evaluación macroscópica se inicia con la observación y descripción de las anomalías identificadas. Se registran las dimensiones y las características de las lesiones, y se seleccionan las áreas más relevantes de dichas lesiones para el análisis microscópico. Si son piezas demasiado grandes se harán cortes para facilitar la penetración del fijador.
- **Tallado de muestras:** Se procede al seccionado de la muestra en fragmentos de pequeño espesor (generalmente no superando los 3-5 mm de grosor). Una vez es tallada la muestra se coloca en su casete correspondiente.
- **Impresión y etiquetado de muestras:** Mediante una impresora de casetes se imprime el código del paciente y se introduce cada muestra en los casetes, cada una de ellas en el correspondiente al código de identificación asignado. Estos casetes, se sumergen en una bandeja con formol y se deja que continúen el proceso de fijación. Además, sirven como medio de transporte y procesamiento de muestras. El técnico comprueba si tiene la cantidad adecuada de fijador y si esta correctamente etiquetada.
- **Escaneado de casetes:**
Los técnicos posteriormente sacarán cada casete de la bandeja y **escanearán el código** de modo que se lleve un registro exhaustivo de cada uno en el ordenador.

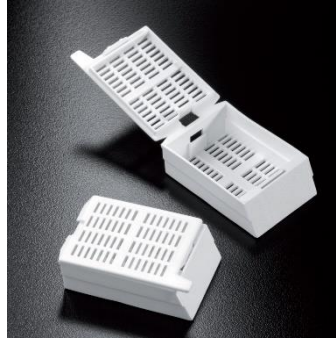


Figura 13. Casetes utilizados en histología

- **Tratamiento de una muestra urgente:** Se trata de una actividad paralela realizada en la sala, que consiste en agilizar el procesamiento de las muestras cuando se necesita un diagnóstico urgente de una muestra intraoperatoria (de un paciente que se encuentra en ese momento en el quirófano). Hay un equipo que congela las muestras para facilitar el corte con un criostato, capaz de seccionar muestras congeladas.

En la **Sala de procesamiento de muestras**, se realizan las etapas que se indican a continuación:

- **Deshidratación:** Aunque los tejidos fijados adquieren cierta consistencia, esta no es suficiente para obtener cortes extremadamente delgados, del orden de micrómetros a nanómetros. Por lo tanto, en un segundo paso, es necesario embeber el tejido en una sustancia de inclusión, comúnmente parafina. Debido a la naturaleza no hidrosoluble de la parafina, es esencial eliminar el agua de los tejidos. Para lograrlo, primero se realiza un proceso de deshidratación en el cual el agua se reemplaza por **etanol**, en sucesivos baños.
- **Aclaramiento:** Antes de llevar a cabo la inclusión en parafina, se efectúa un aclaramiento con un agente clarificador como es el **xileno** o **tolueno**, ya que es necesario sustituir el alcohol con sustancias capaces de mezclarse con él y disolver la parafina ¹¹.
- **Inclusión:** Se utiliza un molde previamente relleno con **parafina** fundida donde se coloca el tejido de estudio. La inclusión en parafina se hace a elevada temperatura para que sea eficiente, posteriormente se enfría y solidifica para obtener bloques que contienen las muestras de tejido.


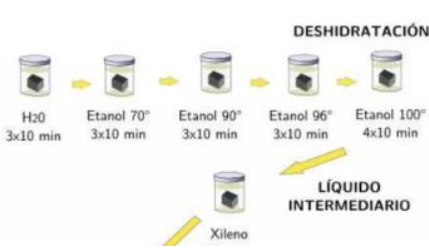
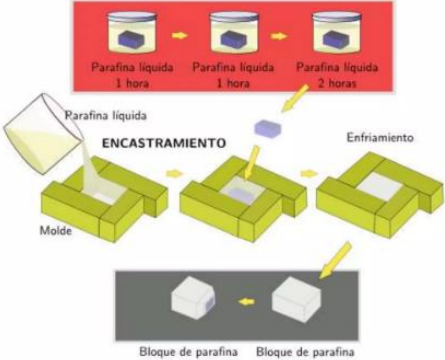
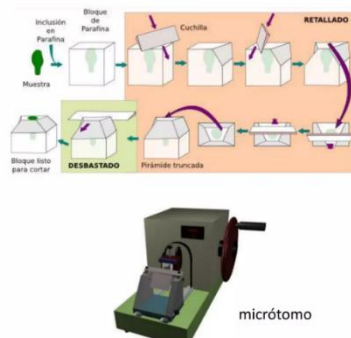
- **Microtomía:** Se utiliza un microtomo para conseguir cortar los bloques de muestra en secciones del orden de micras, pudiendo ajustar el grosor del corte. Así, con un movimiento de avance, el técnico realiza cortes en el bloque de parafina obteniendo secciones delgadas que posteriormente se colocan en el portaobjetos para su análisis en el microscopio ¹².
- **Tinción:** Se lleva a cabo para preparar adecuadamente las muestras antes de ser examinadas al microscopio, mediante una máquina teñidora automática. El equipo derrite la parafina y se realiza la tinción de las muestras (mediante sustancias como **Eosina** y **Hematoxilina de Harris**). El proporcionar color a las estructuras que constituyen un tejido o un órgano se hace con la finalidad de distinguirlas entre sí y facilitar su observación ¹³.

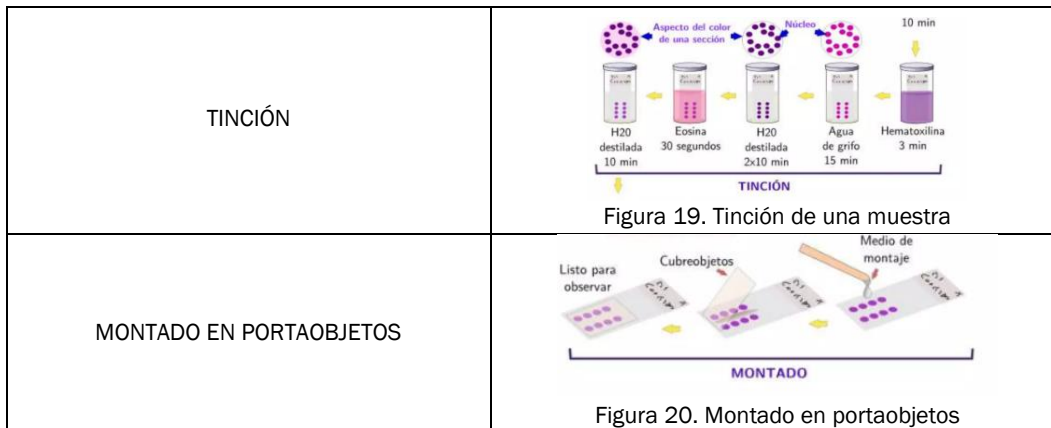
En este momento la muestra ya está preparada para ser examinada al microscopio por un patólogo.



Figura 14. Portaobjetos de histología tinción

Tabla 2. Esquema de las etapas de tratamiento de una muestra de una biopsia

SALA DE TALLADO	
<p style="text-align: center;">FIJACIÓN</p>	<p style="text-align: center;">FIJACIÓN</p>  <p style="text-align: center;">Figura 15. Proceso de fijación.</p>
<p style="text-align: center;">SALA DE PROCESAMIENTO DE MUESTRAS</p>	
<p style="text-align: center;">DESHIDRATACIÓN Y ACLARAMIENTO</p>	<p style="text-align: center;">DESHIDRATACIÓN</p>  <p style="text-align: center;">Figura 16. Proceso de deshidratación y aclaramiento</p>
<p style="text-align: center;">INCLUSIÓN</p>	 <p style="text-align: center;">Figura 17. Proceso de inclusión</p>
<p style="text-align: center;">MICROTOMÍA O CORTE</p>	 <p style="text-align: center;">Figura 18. Corte mediante micrótopo</p>



3.2. Principal equipamiento de la sala:

A continuación, se describen los equipos que se utilizan en la sala de tallado:

Equipo Presto CHILL: Se trata de un sistema de preparación rápida de muestras, es automático y reduce el tiempo de congelación a 60 segundos. Utiliza gas helio para congelar ¹⁴.



Figura 21. Equipo presto CHILL ubicado en la sala de tallado del HURH

Criostato: Es un equipo utilizado para obtener cortes de tejidos o muestras congeladas que no se hayan fijado previamente por métodos químicos. Es decir, es un instrumento con el fin de obtener secciones de tejidos a partir de material congelado y así conseguir grosores micrométricos para su observación al microscopio¹⁵.



Figura 22. Criostato ubicado en la sala de tallado del HURH

Estos dos aparatos solo se usan cuando se necesita un diagnóstico urgente de una muestra intraoperatoria de un paciente en quirófano en ese mismo momento. Se consiguen secciones de muestra en muy poco tiempo, en un proceso que en condiciones normales duraría, aproximadamente, un día y medio.

Impresora de casetes de histología: Estas impresoras están diseñadas para imprimir etiquetas y datos en los casetes de histología, que son pequeñas cajas o contenedores (figura 13) utilizados para contener muestras de tejido procesadas. Las etiquetas en los casetes son importantes para identificar y rastrear las muestras de tejido.



Figura 23. Impresora de casetes de histología ubicada en la sala de tallado del HURH

3.3. Productos más utilizados en su labor diaria:

Es importante destacar que muchas de las actividades que se realizan en las salas de Anatomía Patológica involucran la manipulación de sustancias químicas, que pueden generar niveles significativos de contaminación en el ambiente. Estos productos pueden representar un riesgo para la salud de las personas que trabajan en dichas salas, si no cuentan con una ventilación general adecuada y extracciones localizadas eficientes.

En este sentido, es crucial mantener las medidas de seguridad e implantar protocolos rigurosos en los laboratorios de Anatomía Patológica para proteger la salud de quienes trabajan en ellos y contribuir así a la prevención de riesgos laborales.

A continuación, se describen las sustancias químicas más usadas, ordenadas según la sala donde se utilizan.

SALA DE TALLADO:

3.3.1. Formol:

El formol es una disolución, de olor fuerte e incolora, de formaldehído (HCHO) en agua, estabilizada con metanol (CH₃OH). En el ámbito sanitario se utilizan habitualmente disoluciones con aproximadamente un 40% de formaldehído y entre 8 % y 12 % de metanol en volumen.

Principalmente se usa como fijador y conservante del tejido en la aplicación de técnicas histológicas.

Por su temperatura de ebullición (97 °C) es un compuesto orgánico volátil (COV). Puede tener un impacto en la salud humana de manera directa. Resulta tóxico por ingestión, contacto con la piel e inhalación, pudiendo provocar quemaduras, lesiones, reacciones alérgicas e incluso cáncer. Para su manipulación se recomienda llevar guantes y prendas de protección, así como no respirar los vapores ¹⁶.

3.3.2. Ácido nítrico:

El ácido nítrico (HNO₃) es un ácido fuerte y corrosivo, es líquido a temperatura ambiente en condiciones normales de presión. Tiene un olor irritante característico y puede emitir vapores nocivos. Tiene una temperatura de ebullición de 101 °C.

En histología, se usa como agente descalcificante, para eliminar las sales de calcio de los tejidos antes de su procesamiento. El ácido nítrico disuelve las sales de calcio, permitiendo una mejor penetración de los reactivos de fijación y facilitando la realización de cortes histológicos finos. La concentración de ácido nítrico utilizada en histología generalmente varía entre el 2% y el 5%, aunque la concentración específica puede depender del tipo de tejido y de los requisitos del estudio.

El ácido nítrico concentrado puede causar quemaduras graves en la piel y en los ojos. El contacto directo con la piel puede resultar en irritación, enrojecimiento y lesiones. La inhalación de vapores o aerosoles de ácido nítrico puede irritar las vías respiratorias y causar dificultades respiratorias, tos y otros problemas respiratorios ¹⁷.

3.3.3. Ácido fórmico:

El ácido fórmico HCOOH , es el ácido carboxílico más simple. Se trata de un líquido, incoloro, de olor irritante, Por su temperatura de ebullición ($100.7\text{ }^{\circ}\text{C}$) es un compuesto orgánico volátil (COV).

En histología, se usa como agente descalcificante, es más agresivo en comparación con algunos otros agentes descalcificantes, y su uso puede afectar la morfología tisular si no se controla cuidadosamente. Se utiliza en concentraciones que van del 5% al 10%.

El ácido fórmico es altamente corrosivo para la piel, los ojos y las membranas mucosas. El contacto directo puede causar irritación, quemaduras y lesiones cutáneas graves. Los vapores de ácido fórmico pueden irritar las vías respiratorias, causando problemas respiratorios, tos y molestias.

Es inflamable y puede formar mezclas explosivas con el aire. Además, puede liberar gases tóxicos cuando se calienta ¹⁸.

SALA DE PROCESAMIENTO DE MUESTRAS

3.3.4. Alcohol etílico:

El alcohol etílico es un líquido incoloro, de olor agradable. Por su temperatura de ebullición ($78,4\text{ }^{\circ}\text{C}$) pertenece al grupo de compuestos orgánicos volátiles (COVs).

En el ámbito de la histología, el alcohol etílico desempeña un papel esencial en los procesos de fijación y deshidratación de muestras biológicas. La

concentración de alcohol etílico puede variar durante distintas etapas del proceso histológico, adaptándose a las necesidades específicas de cada paso.

Al ser inhalado, el alcohol etílico puede provocar irritación del tracto respiratorio. En caso de ingestión, también puede causar irritación del tracto digestivo. La inhalación o ingesta excesiva puede conducir a la depresión del sistema nervioso central y ocasionar daños en los pulmones, hígado y riñones. El contacto directo con los ojos puede resultar en irritación severa.

Además, el alcohol etílico es altamente inflamable, por lo que se debe mantener alejado de cualquier fuente de ignición ¹⁹.

3.3.5. Tolueno:

El tolueno ($C_6H_5CH_3$) también denominado como metilbenceno, es un líquido volátil incoloro de olor característico. Se trata de un compuesto orgánico volátil con una temperatura de ebullición de 110 °C.

En histología se emplea para el arrastre del agua de los tejidos, previo a su tratamiento con parafina. Su exposición puede ocasionar mareos, somnolencia y narcosis, con la posibilidad de causar daños en el sistema nervioso central después de exposiciones prolongadas o repetidas por inhalación. Se recomienda mantenerlo alejado del calor y de fuentes de ignición, ya que sus vapores tienen el potencial de formar mezclas explosivas con el aire. Además, su liberación al medio ambiente debe evitarse debido a que constituye un residuo peligroso que puede afectar tanto al medio ambiente como a los organismos acuáticos ²⁰.

3.3.6. Xileno:

El xileno, también conocido como xilol o dimetilbenceno ($C_6H_4(CH_3)_2$), es en realidad una mezcla de tres compuestos isómeros: orto (1,2-), meta (1,3-) y para (1,4)-xileno. Es un líquido incoloro e inflamable, con un aroma característico diferente al tolueno. Se trata de un compuesto orgánico volátil con una temperatura de ebullición de 139,1 °C.

En histología, desempeñan el papel de líquido intermediario o "aclarante" en la etapa previa al baño e impregnación en parafina.

Los xilenos poseen propiedades nocivas, presentando un riesgo sustancial de exposición por inhalación. Esta exposición puede provocar irritación en la nariz,

la garganta y los pulmones, acompañada de dolor en el pecho y dificultad para respirar. Los efectos a corto plazo incluyen mareos, dolor de cabeza y vómitos, mientras que la exposición prolongada puede resultar en insomnio, temblores, deterioro de la concentración y pérdida de memoria a corto plazo ²¹.

3.3.7. Hematoxilina de Harris:

La Hematoxilina de Harris $C_{16}H_{14}O_6$ es un colorante utilizado en histología y citología para teñir núcleos celulares y otras estructuras celulares básicas.

El método supone la aplicación de la tinción de hematoxilina que, por ser catiónica o básica, tiñe estructuras ácidas (basófilas) en tonos azul y púrpura, como por ejemplo los núcleos celulares.

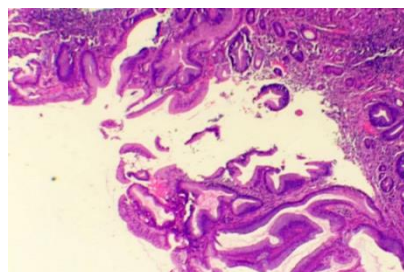
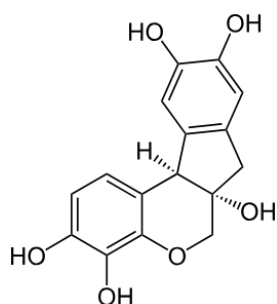


Figura 24. Estructura de la Hematoxilina de Harris

Figura 25. Tinción con hematoxilina

El producto no contiene sustancias con Valores Límite Ambientales de Exposición, ya que no es un compuesto volátil, que se libere al medio ambiente durante su uso en técnicas de tinción histológica. Aunque la hematoxilina en sí misma no es considerada altamente tóxica, su ingestión o inhalación puede causar efectos adversos.

Puede causar irritación en la piel y los ojos. El contacto directo con la piel puede resultar en enrojecimiento, irritación e incluso dermatitis, especialmente con exposiciones prolongadas o repetidas ²².

3.3.8. Eosina:

La eosina $C_{20}H_8Br_4O_5$ es un colorante utilizado en histología y microbiología para teñir tejidos biológicos y células, se utiliza en combinación con hematoxilina en la tinción. Se trata de una sustancia química que pertenece al grupo de las xantinas, y es conocida por su capacidad para unirse a estructuras básicas (acidófilos), como por ejemplo estructuras citoplasmáticas, colágeno y y fibras musculares, en tonos de color rosa.

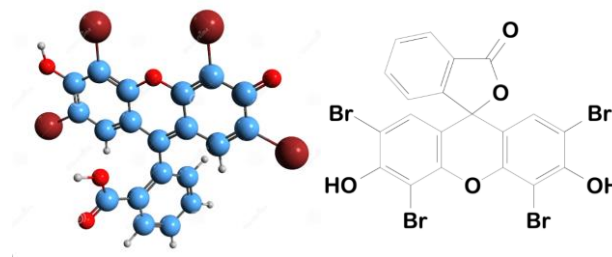


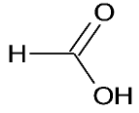


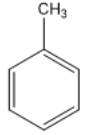

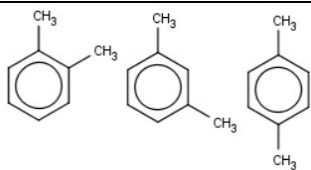

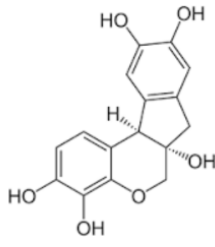

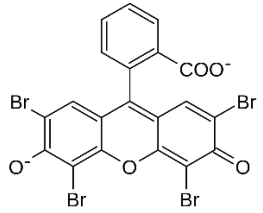



Figura 26. Estructura de la eosina

Es esencial tener precauciones al manipular la eosina, especialmente en forma de polvo, ya que la inhalación puede causar irritación de las vías respiratorias. Además, se ha observado que la exposición prolongada puede provocar lesiones oculares graves e irritación ocular. Asimismo, existe la posibilidad de sensibilización respiratoria o cutánea, lo que podría desencadenar reacciones alérgicas en la piel ²³.

En la tabla 2, se muestran la estructura de cada compuesto, la temperatura de ebullición (como medida del grado de volatilidad) y la toxicidad.

Tabla 3. Estructura y toxicidad de los compuestos utilizados en el Servicio de Anatomía Patológica

Compuesto	Tb (°C)	Riesgo químico ^a	Indicaciones de peligro (H) ^a
Sala de Tallado			
Formol (HCHO, 40% aq.)	97		350-341-301-311-331-314-317
Ácido nítrico (HNO ₃)	101		272-314
 Ácido fórmico (HCOOH)	100,7		314
Sala de Procesamiento de muestras			
Alcohol etílico (CH ₃ CH ₂ OH)	78,4		225
 Tolueno (C ₆ H ₅ CH ₃)	110		225-361d-304-373-315-336
 Xilenos (C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂)	139,1		226-332-312-315
 Hematoxilina de Harris	---		319
 Eosina	---		319

^aSignificado (Ver anexo I)

4. REQUERIMIENTOS AMBIENTALES POR NORMATIVA DEL SERVICIO DE ANATOMÍA PATOLÓGICA:

En este apartado se recopilan los requerimientos ambientales de los diferentes locales que componen el servicio de Anatomía Patológica, según las normativas vigentes. En cada caso se han tomado como criterios de validación los valores más restrictivos.

En la tabla 4 se incluyen las normas de referencia junto con las abreviaturas asignadas para simplificar las tablas 5, 6 y 7.

Tabla 4. Normas de referencia utilizadas relativas a la calidad de aire en hospitales

ABREVIATURAS	NORMA DE REFERENCIA
V	UNE 17134:2020
A	ASHRAE 170:2021
D	DIN 1946-4
E	UNE 100713:2005
ES	EsSalud
R	RITE
M	Mezcla de varias normas
H	HTM 0301:2021

Fuente: DTIE 1.08 Calidad de aire en hospitales ²

Estas especificaciones se encuentran descritas en el Anexo A ubicado en la norma UNE 17134:2020 “Validación y cualificación de salas de ambiente controlado en hospitales” ²⁴.

Estas recomendaciones, que incluyen la caracterización de la calidad del ambiente de cada área y los parámetros relacionados con el confort térmico, iluminación y acústica se recogen en las tablas 5, 6 y 7 que se muestran a continuación.

Tabla 5. Requerimientos de los diferentes locales que compone un servicio de Anatomía Patológica.

ÁREA FUNCIONAL	ZONA	RECINTO	NIVEL DE RIESGO	CLASE LOCAL	CALIDAD AIRE ISO 14644 ²⁵	RANGO TEMPERATURA OPERATIVA [°C]	RANGO HUMEDAD RELATIVA [%]	PRESIÓN DIFERENCIAL [Pa]	MONITORIZACIÓN MÍNIMA	RENOVACIONES AIRE MIN
ANATOMÍA PATOLÓGICA		Recepción de muestras	NR	NR	NR	20-26	40-60	-10	T,HR,PD	10
		Almacenaje de muestras	NR	NR	NR	20-26	40-60	-10	T,HR,PD	10
		Procesamiento de muestras, pesado, lavado	NR	NR	NR	20-26	40-60	-15	T,HR,PD	15
		Mesa de tallado	NR (2)	NR	ISO 9 (1)	20-26	40-60	-15	T,HR,PD (3)	15
		Espacio para cassetes	NR	NR	NR	20-26	40-60	-10	T,HR,PD	10
		Almacén de productos químicos	NR	NR	NR	20-26	40-60	-10	T,HR,PD	10
		Sala de microscopios	NR	NR	NR	20-26	40-60	-10	T,HR,PD	10
		Sala de necropsias/autopsias	NR	NR	NR	20-26	40-60	-15	T,HR,PD	12

Fuente: DTIE 1.08 Calidad de aire en hospitales ²

(1) Al no estar referido a ninguna, se ha tomado la ISO 9.

(2) "NR" significa que el local no requiere de una clasificación de riesgo hospitalaria, siempre que consideremos el local en su área funcional y zona

(3) "T" medida de la temperatura seca del aire

"HR" medida a través de sensor de la humedad relativa del aire

"PD" medida de la presión diferencial mediante los sensores que registran presiones a ambos lados de un cerramiento del local estudiado

Tabla 6. Requerimientos de los diferentes locales que compone un servicio de Anatomía Patológica 2,25

ÁREA FUNCIONAL	ZONA	RECINTO	VENTILACIÓN AIRE EXTERIOR REN/H MIN	TAE/ EXTR	RECIRCULACIÓN DE AIRE EN RECINTO (u.t)	EXPULSIÓN COMPLETA DEL AIRE	NIVEL DE FILTRACIÓN IMPULSIÓN	NIVEL DE EXTRACCIÓN ESPECIAL	PRESIÓN SONORA MÁXIMA [dBA]	SEGURIDAD ELEVADA UTAs
ANATOMÍA PATOLÓGICA		Recepción de muestras	10	TAE	NO	SI	eMP1 80	HEPA 13	40	No
		Almacenaje de muestras	10	TAE	NO	SI	eMP1 80	HEPA 13	40	No
		Procesamiento de muestras, pesado, lavado	15	TAE	NO	SI	eMP1 80	HEPA 13	40	No
		Mesa de tallado	15	TAE (4)	NO	SI	eMP1 80	HEPA 13	40	No
		Espacio para casetes	10	TAE	NO	SI	eMP1 80	HEPA 13	40	No
		Almacén de productos químicos	10	TAE	NO	SI	eMP1 80	HEPA 13	40	No
		Sala de microscopios	10	TAE	NO	SI	eMP1 80	HEPA 13	40	No
		Sala de necropsias/autopsias	12	TAE	NO	SI	eMP1 80	HEPA 13	40	No

Fuente: DTIE 1.08 Calidad de aire en hospitales 2

(1) "TAE" significa que no se permite la recirculación de aire y por tanto las Renovaciones de Aire Mínimas y la Ventilación Aire Exterior coinciden

Tabla 7. Requerimientos de los diferentes locales que compone un servicio de Anatomía Patológica ^{2,25}.

ÁREA FUNCIONAL	ZONA	RECINTO	SUMINISTRO EMERGENCIA AL SISTEMA	NORMA REFERENCIAL	NIVEL ILUMINACIÓN[LUX]	POSICIÓN MEDIDA ILUMINACIÓN	REGULACIÓN ILUMINACIÓN	IP ILUMINACIÓN	UGR/IRC
ANATOMÍA PATOLÓGICA		Recepción de muestras	Si	V	500	Mesa	NR	20	19/80
		Almacenaje de muestras	Si	V	500	Mesa	NR	20	22/80
		Procesamiento de muestras, pesado, lavado	Si	V	500	Mesa	NR	44	19/90
		Mesa de tallado	Si	V	500	Mesa	Nivel	44	19/90
		Espacio para casetes	Si	V	300	Mesa	NR	44	19/80
		Almacén de productos químicos	Si	V	300	Mesa	NR	44	19/80
		Sala de microscopios	Si	V	500	Mesa	Nivel	20	19/90
		Sala de necropsias/autopsias	Si	V	500/5000	Mesa	Nivel	Sala Blanca	19/90

Fuente: DTIE 1.08 Calidad de aire en hospitales ²

4.1. Valores límite de concentraciones de contaminantes en el aire:

La exposición a ciertos agentes químicos puede producir en el ser humano alteraciones que conllevan patologías de carácter transitorio o permanente, es por ello, que los diferentes organismos públicos que velan por la salud de los trabajadores, establecen normas y/o, recomendaciones de límites de exposición para diferentes compuestos químicos.

La normativa que regula la concentración de gases contaminantes en ambientes interiores, en España, la desarrolla el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2023, Ministerio de Trabajo y Economía Social.

El INSST fija dos tipos de Valores Límite Ambiental (VLA): de Exposición Diaria (VLA-ED), aplicable a una exposición diaria de 8 horas y 40 horas semanales y de Exposición de Corta Duración (VLA-EC), aplicable a una exposición de 15 minutos como máximo y no más de cuatro veces en una jornada laboral con un intervalo de una hora entre exposiciones ²⁶.

En la tabla 8 se presentan los códigos internacionales (CE y CAS) asignados a cada sustancia objeto de estudio, el nombre químico y los valores límite.

Tabla 8. Valores Límite Ambientales según el INSST

Nº CE	Nº CAS	AGENTE QUÍMICO	VALORES LÍMITE	
			VLA-ED ppm	VLA-EC ppm
200-001-8	50-00-0	Formaldehído	0,3	0,6
231-714-2	7697-37-2	Ácido nítrico	-	1
200-579-1	64-18-6	Ácido fórmico	5	-
200-578-6	64-17-5	Etol	-	1000
203-625-9	108-88-3	Tolueno	50	100
215-535-7	1330-20-7	Xilenos	50	100
233-069-2	10028-15-6	Ozono	0,1	-
211-128-3	630-08-0	Monóxido de carbono	20	100
204-696-9	124-38-9	Dióxido de carbono	1200*	-
233-272-6	10102-44-0	Dióxido de nitrógeno	0,5	1

Fuente: Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España ²⁶

*Según la normativa UNE EN 13779:2004

Tal y como se ha indicado en la descripción de los compuestos utilizados en el servicio de Anatomía Patológica, muchos de ellos son compuestos orgánicos volátiles (COV, de baja temperatura de ebullición). En este estudio, y como se verá más adelante, el equipo de medida detecta la concentración total de los COVs. En este sentido, y a pesar de que existen numerosas moléculas orgánicas volátiles con potenciales riesgos para la salud, incluso a concentraciones mínimas, no se ha establecido todavía un procedimiento

estandarizado para delimitar la concentración total de COV (TCOV) en ambientes interiores. En este sentido, el INSHT fija unos valores de TCOV evaluando el impacto sensorial, estableciendo los datos de referencia recogidos en la tabla 9:

Tabla 9. Concentraciones límite de COV según el INSST

RANGO TCOV	RANGO DE EXPOSICIÓN	EFFECTOS SECUNDARIOS
$< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Confort	No disminuye el confort
$< 200 - 3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Multi-factorial	Irritación; Olores; Posible disconfort
$3000 - 25000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Disconfort	Alto disconfort; Olores; Dolor de cabeza
$25000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Tóxico	Posibles efectos neurotóxicos; Peligrosidad para la salud

Fuente: Calidad de aire interior: compuestos orgánicos volátiles²

En este estudio se escogerá como valor límite el correspondiente a la situación de confort, siendo una concentración menor de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

$$(\text{COV}) < 200 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ (280 ppb)}$$

Es importante tener en cuenta que los Valores Límite de Aceptación (VLA) se determinan para sustancias químicas individuales y no para sus combinaciones. No obstante, cuando en el entorno coexisten diversas sustancias (HCHO, ácido fórmico, tolueno, xilenos) que tienen efectos sumatorios sobre los órganos o sistemas del cuerpo, es crucial evaluar su efecto conjunto. Siguiendo esta premisa, para la aceptación o no de los valores obtenidos, se realizará el siguiente cálculo:

$$\sum_{i=1}^n \frac{E_i}{VLA_i} \leq 1$$

E_i : Exposición a los distintos agentes contaminantes presentes

VLA_i : Límites de cada contaminante

Si el resultado es mayor de 1, se habrá superado el Valor Límite de Aceptación para la mezcla.

Este método es aplicable tanto a la Exposición Diaria como a la Exposición de Corta Duración.

Los efectos aditivos, significan la suma de los efectos individuales de cada sustancia química contaminante, cuando se encuentran mezclados. Esto

quiere decir que, si cada uno de estos compuestos tiene un efecto tóxico o nocivo por separado, la exposición a una mezcla de ellos puede aumentar el riesgo de los efectos adversos, Esto puede depender de la concentración de cada compuesto, la ventilación, la duración de la exposición, las vías de exposición y la susceptibilidad individual ²⁷.

5. METODOLOGÍA:

En esta sección, en primer lugar, se describen los equipos de medida y posteriormente, la metodología llevada a cabo para la toma de medidas.

5.1. Equipos de medida:

En este trabajo fin de grado se han empleado instrumentos de alta precisión para determinar los valores de: concentración de partículas, caudales de aire, sobrepresión, confort (térmico, lumínico y acústico), Así como, las concentraciones de los gases contaminantes en la Sala de Tallado.

Los equipos han sido fabricados conforme a estándares y directrices ampliamente reconocidas, asegurando su habilidad para ofrecer mediciones confiables. A continuación, se detallan cada uno de estos equipos.

5.1.1. Contador de partículas:

Este instrumento se ha utilizado para obtener la concentración de partículas de diferentes tamaños en la sala, presentando datos tanto de conteo acumulativo como diferencial de partículas. El contador de partículas HANDHELD 3016 destaca por su notable sensibilidad, ya que es capaz de detectar partículas de tamaño tan reducido como 0,3 micras hasta 10 micras, todo ello con un flujo de 0,1 CFM (2,83 litros por minuto). El dispositivo permite medir hasta seis canales de tamaño de partículas simultáneamente, junto con información sobre la humedad relativa y la temperatura.

En su funcionamiento, el instrumento hace uso de una fuente de luz basada en diodo láser. Las partículas dispersan la luz generada por este láser, y un sistema óptico de recolección enfoca la luz resultante hacia un fotodiodo, que convierte las ráfagas de luz en impulsos eléctricos. La amplitud de estos impulsos eléctricos se traduce en una medida del tamaño de las partículas, y los impulsos se cuentan y presentan como recuentos de partículas en el canal de tamaño correspondiente ²⁸. Sus detalles técnicos, se muestran en la tabla 10.



Figura 27 Contador de partículas EL HANDHELD 3016

Tabla 10. Detalles técnicos contador de partículas HANDHELD 3016

PARÁMETROS	
TAMAÑO DE PARTÍCULA	0'3, 0'5, 1'0, 3'0, 5'0, 10'0 μm
VELOCIDAD DE FLUJO	0,1 CFM (2,83 LPM)
NIVEL O PARTÍCULAS	<1 conteo/5 min, según ISO 21501-4 Anexo C
FUENTE DE LÁSER	Láser diodo
LÍMITE DE CONCENTRACIÓN	8,000,000 partículas/ $\text{pie}^3 \pm 10\%$
REGISTROS DE ALMACENAMIENTO DE DATOS	Hasta 3000 registros de muestra, incluyendo partículas y datos ambientales, ubicación y hora
SENSORES AMBIENTALES	Sonda Temperatura: 32-122 °F (0-50 °C) ± 1 °F
	Sonda Humedad relativa: 15-90 % ± 2 %
SALIDA DE MUESTRA	Filtro interno HEPA (>99,997% $\pm 3 \mu\text{m}$)
CALIBRACIÓN	Cumple norma ISO 21501-4 Acreditado por la norma ISO 17025
NORMATIVA	ISO-14644-1, EU GMP

Fuente: elaboración propia a partir de la ficha técnica del fabricante ²⁸

5.1.2. Balómetro:

El balómetro es un instrumento utilizado para medir el caudal de aire en sistemas de ventilación y climatización. Su función principal es evaluar el rendimiento de los sistemas de aire acondicionado, calefacción y ventilación, así como identificar posibles problemas relacionados con el flujo de aire. Se ha utilizado para caracterizar los caudales de ventilación y evaluar si son los adecuados.

El balómetro Testo 420 es un dispositivo electrónico avanzada diseñada para llevar a cabo mediciones de caudal volumétrico y mediciones con tubo de Pitot en los difusores de salida de aire. Este instrumento trabaja siguiendo la norma DIN EN ISO 9001 En situaciones en las que se tiene que medir el caudal que sale por difusores rotacionales donde el aire causa turbulencias que impiden realizar una medición adecuada, este dispositivo demuestra ser especialmente valioso. Tiene una capacidad para reducir significativamente los errores debido a la presencia de un estabilizador de caudal integrado, que desempeña un papel crucial en la regulación de los remolinos de aire, convirtiéndolos en una corriente prácticamente uniforme y estable, siendo más fácil de medir con precisión.

Además de su capacidad para la medición de caudal volumétrico, el Testo 420 ofrece la posibilidad de medir otros parámetros esenciales para la evaluación y el control de la calidad del aire. Entre estos se incluyen la velocidad del aire, la presión absoluta, la temperatura y la humedad relativa ²⁹. Sus detalles técnicos se muestran en la tabla 11.



Figura 28. Medición con balómetro Testo 420.

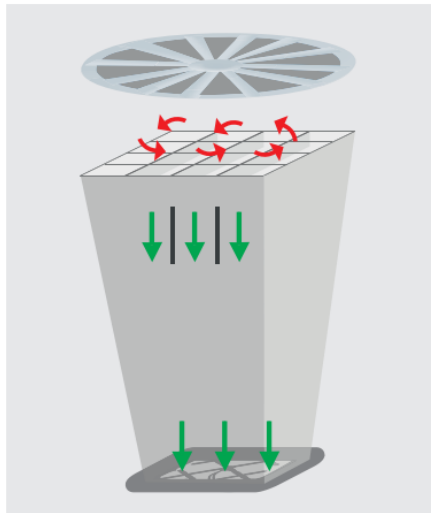


Figura 29. Principio de funcionamiento del estabilizador de caudal.

Tabla 11. Detalles técnicos del balómetro Testo 420.

	RANGO	EXACTITUD ± 1 DÍGITO	RESOLUCIÓN
CAUDAL VOLUMÉTRICO	50 hasta 4000 m ³ /h	$\pm 3\%$ del volumen medido +12 m ³ /h a 22 °C 1013 hPa (85 hasta 3500 m ³ /h)	1 m ³ /h
NTC	-20 hasta +70 °C	$\pm 0,5$ °C (0 hasta +70 °C) $\pm 0,8$ °C (-20 hasta +0 °C)	0,1 °C
SENSOR DE HUMEDAD CAPACITIVO	0 hasta 100% HR	$\pm 1,8$ %HR + 3 % del valor medido a 25 °C (5 hasta 80 %HR)	0,1% RH
SENSOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL	-120 hasta + 120 Pa	$\pm 2\%$ del valor medido +0,5 Pa a 22°C, 1013 hPa	0,001 Pa
SENSOR DE PRESIÓN ABSOLUTA	+700 hasta +1100 hPa	± 3 hPa	0,1 hPa
VELOCIDAD DE FLUJO	0 a 14 m/s	Sin datos precisos por tratarse de parámetros calculados	0,01 m/s

Fuente: elaboración propia a partir de la ficha técnica del fabricante ²⁹

5.1.3. Confort del ambiente:

En el estudio se ha utilizado el Equipo de medida Instrumento multifunción Testo 435-2 y 435-1. Este dispositivo resulta especialmente idóneo para el análisis del confort térmico en entornos ambientales. Su capacidad para evaluar la calidad térmica del aire permite determinar si los sistemas de calefacción o aire acondicionado operan de manera eficiente desde una perspectiva energética, o si requieren ajustes que pueden llevarse a cabo con la ayuda del Testo multifunción 435.

Para evaluar la calidad del aire, el equipo dispone de sondas que miden la temperatura ambiente, la humedad relativa y la temperatura del globo para evaluar el calor radiante. Este tipo de termómetro tiene una esfera o globo expuesto al ambiente y contiene un sensor interno para medir la temperatura de ese globo. Dado que el globo simula la absorción y emisión de calor de manera similar a la piel humana, su temperatura proporciona una evaluación más precisa de las condiciones térmicas en comparación con mediciones convencionales del aire.

Dispone a su vez de diferentes sondas para conectar al equipo, las cuales permiten medir parámetros como la presión absoluta, velocidad del aire o lux.

Los resultados obtenidos se ajustan a los estándares de la norma EN-UNE-ISO 7730³⁰.

La información detallada sobre las especificaciones técnicas del equipo se encuentra en la tabla 12.

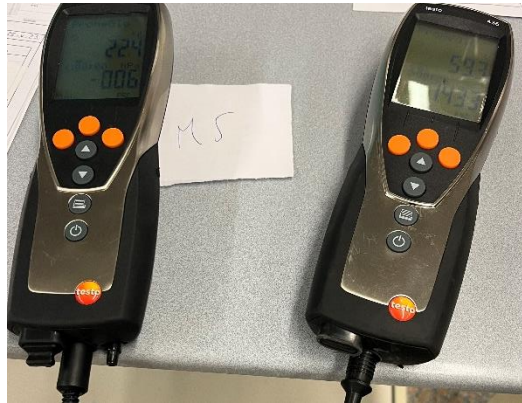


Figura 30. Instrumento multifunción Testo 435.



Figura 31. Sonda de temperatura Instrumento multifunción Testo 435.

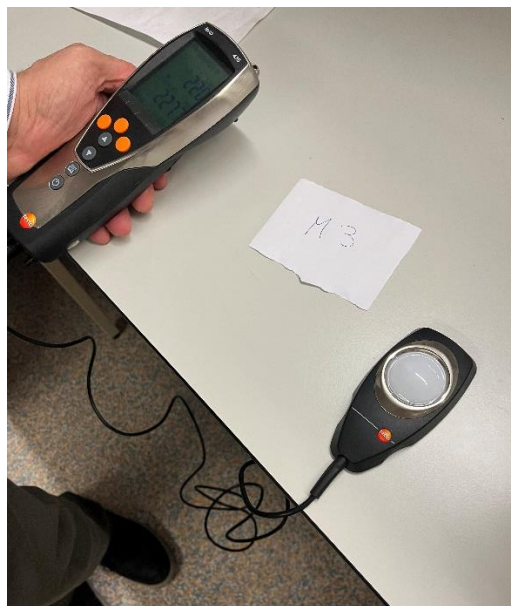


Figura 32. Luxómetro digital modelo Testo 435.

Tabla 12. Detalles equipo multifunción Testo 435

SONDAS	RANGO	PRECISIÓN
Sonda térmica con medición integrada de temperatura y humedad, con varilla telescópica Ø 12 mm	-20 a 70 °C 0 a 100% HR 0 a 20 m/s	± 0,3 °C ± 2% HR ± 0,03 ± 4%
Termómetro de globo (sonda TP tipo K) Ø 150 mm	0 a 120 °C	Clase 1
Sonda interna de presión diferencial	0 a 25 hPa	± 0,02 (0 a 2 hPa) ± 1% (>2 hPa)
Sonda Lux	0 a 100.000 lux 0 a 300 Hz	Exactitud según DIN 13032-1: F1 = 6% F2 = 5%

Fuente: elaboración propia a partir de la ficha técnica del fabricante ³⁰

5.1.4. Sonómetro:

Un sonómetro es un dispositivo utilizado para medir el nivel de presión sonora o el volumen de sonido en un entorno específico. Este instrumento cuantifica la intensidad del sonido en decibelios (dB) y se utiliza en diversas aplicaciones para evaluar y controlar el ruido ambiental. Se ha utilizado para evaluar el confort sonoro en cuanto a la ventilación.

El sonómetro ISO-TECH modelo SLM-1352A se destaca por su capacidad para medir el ruido en diversos campos, incluyendo la industria, la salud, la seguridad y la protección del medio ambiente. La percepción del sonido por parte de los seres humanos no solo depende del nivel de presión sonora, sino también de la frecuencia. En el caso de sonidos de frecuencias extremadamente altas o bajas, la percepción de su intensidad es menor en comparación con sonidos de igual nivel en el rango de frecuencias intermedias. Este dispositivo aborda este efecto utilizando la ponderación de frecuencia tipo A, lo que resulta en mediciones que se asemejan al nivel de sonido percibido por las personas. El sonómetro está equipado con un micrófono modelo MC-21 (con una capacitancia de 27 pF) y un preamplificador de micrófono modelo AP-21 ³¹. Cumple con la normativa UNE-EN 61672-1 sobre electroacústica y especificaciones de sonómetros. Los detalles técnicos del dispositivo se detallan en la tabla 10.

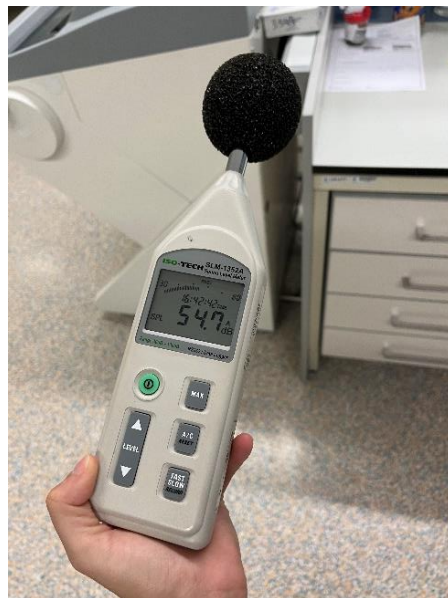


Figura 33. Sonómetro ISO-TECH modelo SLM-1352A

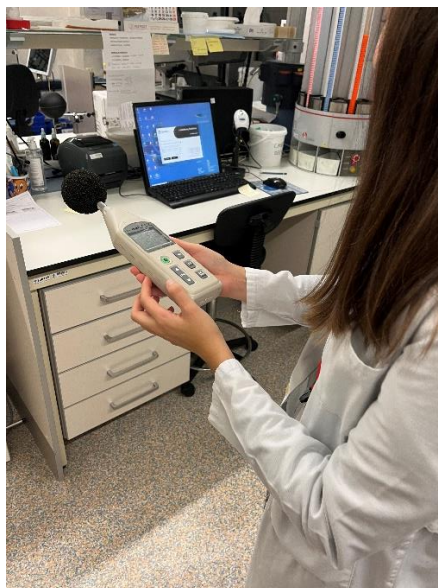


Figura 34. Medición con sonómetro ISO-TECH modelo SLM-1352

Tabla 13. Detalles técnicos sonómetro ISO-TECH modelo SLM-135A

PARÁMETROS	
RANGOS DE MEDIDA (dB)	Bajo: 30-80
	Medio: 50-100
	Alto: 80-130
	Auto: 30-130
RANGO DINÁMICO (dB)	50
PRECISIÓN (dB)	±1,4
RESOLUCIÓN (dB)	0,1
RANGO DE FRECUENCIAS (Hz)	31,5-8000

Fuente: elaboración propia a partir de la ficha técnica del fabricante ³¹

5.1.5. Sonda de Calidad de Aire Interior:

Este dispositivo se ha utilizado para medir la concentración y la evolución de 6 contaminantes gaseosos.

El modelo DirectSense II es una sonda de monitoreo de aire inteligente que captura los datos de 8 sensores inteligentes mediante la conexión con un Smartphone, que sirve como pantalla. La sonda mide una variedad de parámetros, incluyendo temperatura, humedad relativa, compuestos orgánicos volátiles totales (TCOV) mediante un sensor PID, dióxido de carbono (CO₂) por medio de un sensor NDIR, así como monóxido de carbono (CO), ozono (O₃),

dióxido de nitrógeno (NO_2) y formaldehído (HCHO) mediante sensores electroquímicos ³².

A continuación, se describe el funcionamiento de los diferentes sensores que componen la sonda:

- El sensor NDIR (Infrarrojo No Dispersivo) opera mediante el principio de absorción de energía de compuestos específicos a una longitud de onda, generalmente en el espectro infrarrojo.
- El sensor PID (detección de fotoionización) utiliza la capacidad de la radiación ultravioleta para ionizar los VOC presentes, generando una corriente iónica que se mide y convierte en una señal eléctrica para determinar la concentración de compuestos orgánicos volátiles en el entorno.
- Los sensores electroquímicos identifican la presencia de gas al generar una pequeña carga eléctrica a través de una reacción química entre dos electrodos. Esta carga se visualiza en el transmisor, y la intensidad de la señal es directamente proporcional a la concentración del gas detectado.



Figura 35. Sonda DirectSense II



Figura 36. Sensores Sonda DirectSense II

Tabla 14. Detalles técnicos contador de Sonda de Calidad de Aire interior DirectSense II

	SENSOR	RANGO	PRECISIÓN	TIEMPO DE RESPUESTA (s)
HR(%)	Capacitivo	0-100	$\pm 2\%$ (HR<80%)	inmediato
			$\pm 3\%$ (HR<80%)	
T(°C)	PT100	-25, +70	$\pm 0,3$	Inmediato
CO (ppm)	Electroquímico	0 a 500	± 1	<30
CO ₂ (ppm)	NDIR	0-10000	± 35 (35-2000)	<20
			$\pm 3\%$ (>2000)	
TCOV (ppb)	PID	0-20000	± 5	<8
O ₃ (ppm)	Electroquímico	0-1	<0,02	<60
NO ₂ (ppm)	Electroquímico	0-20	<0,02	<80
HCHO (ppm)	Electroquímico	0-1	<0,01	<80

Fuente: elaboración propia a partir de la ficha técnica del fabricante ³³

5.2. Metodología de medida:

En este apartado se describe la metodología utilizada para realizar el seguimiento de todos los parámetros medidos en la Sala de Tallado del Servicio de Anatomía Patológica del HURH.

5.2.1. Toma de medidas previas:

Para medir correctamente los valores de las concentraciones de los diferentes contaminantes han sido necesarias pruebas previas para familiarizarse con los aparatos de medida, observar tiempos de respuesta, ubicación de equipos, tiempos de monitoreo de los distintos contaminantes, y poder así establecer la metodología de medida más adecuada.

Para ello se comenzó realizando mediciones en 2 días distintos a lo largo de una mañana durante una jornada de trabajo. Se dividió el área de la sala en izquierda y derecha, el primer día se ubicó la Sonda de Calidad de Aire a la izquierda y el segundo a la derecha, ambos días justo debajo de la rejilla de extracción correspondiente.

Se tomaron medidas el 26 de octubre y se repitieron el 30 de octubre, obteniéndose los siguientes resultados:

Medidas de TVOC:

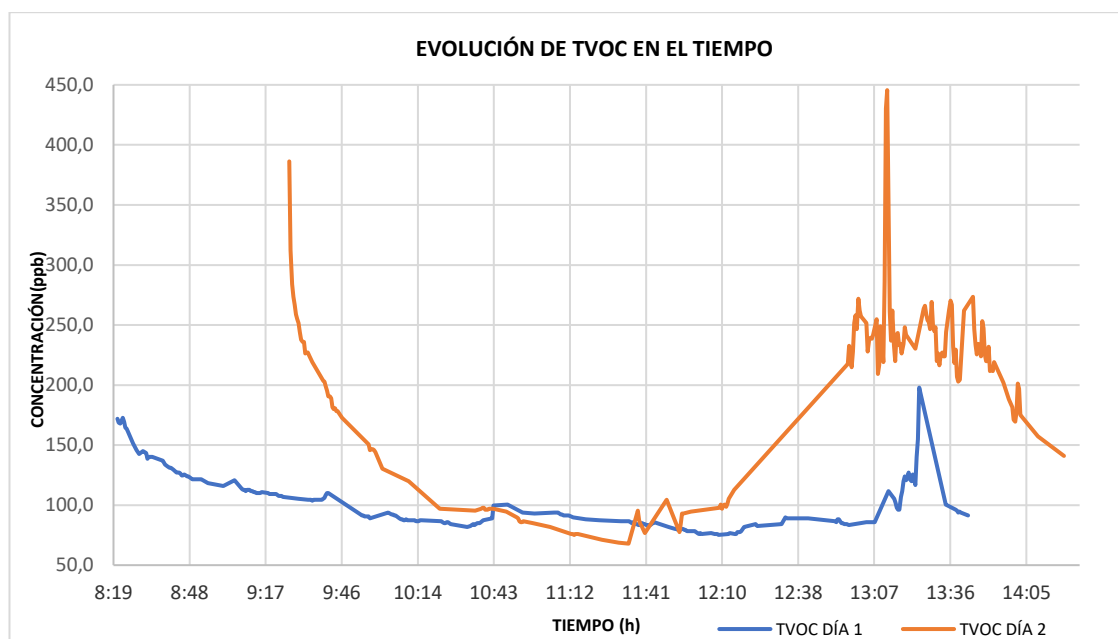


Figura 37. Pruebas previas de la evolución de concentración de TVOC

Medidas de CO:

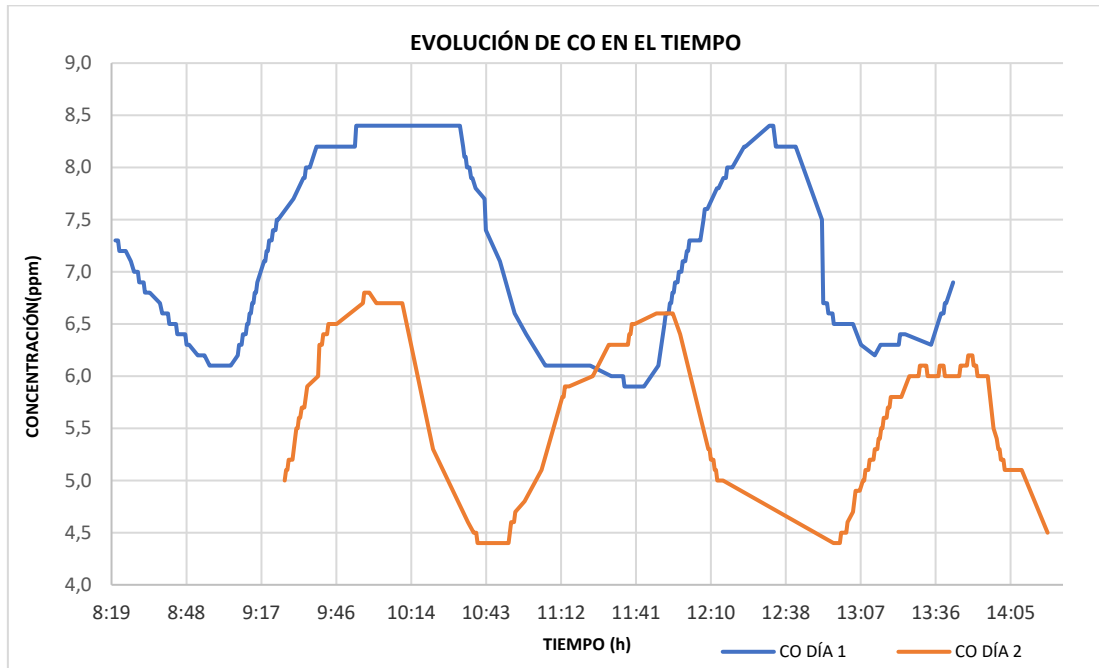


Figura 38. Pruebas previas de la evolución de concentración de CO

Medidas de CO₂:

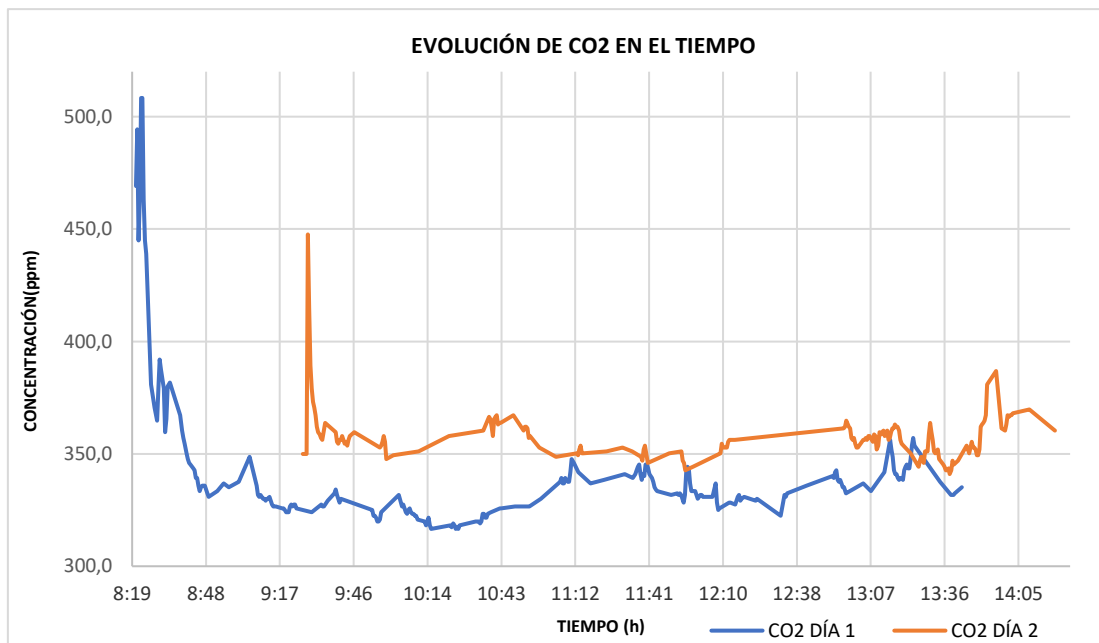


Figura 39. Pruebas previas de la evolución de concentración de CO₂

Medidas de O₃:

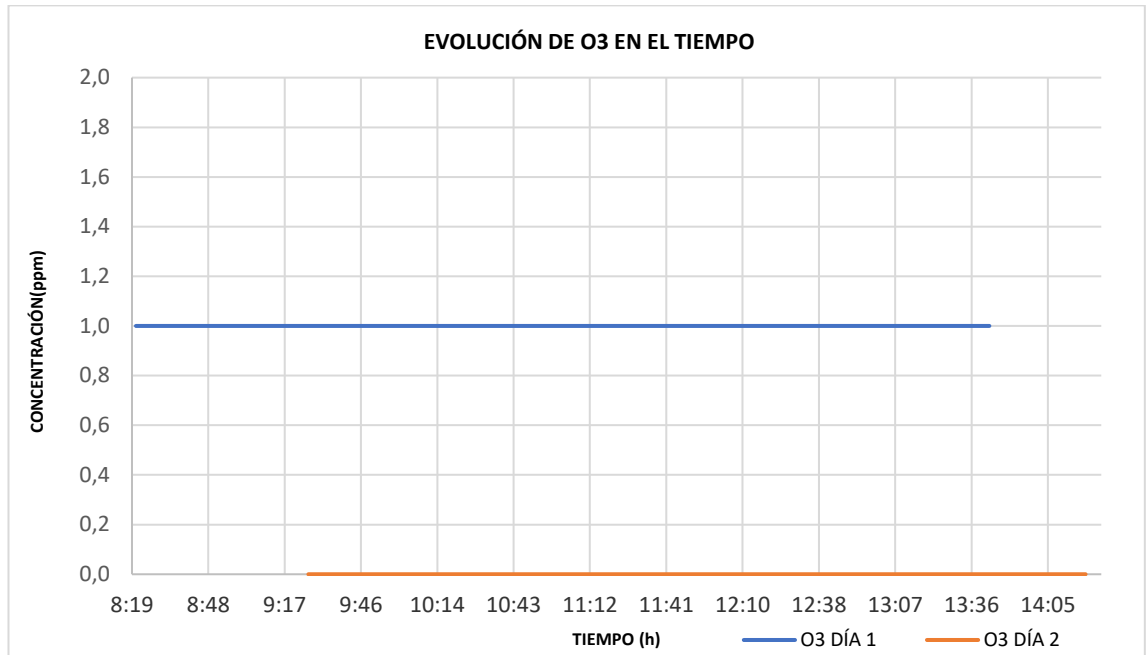


Figura 40. Pruebas previas de la evolución de concentración de O₃

Medidas de HCHO:

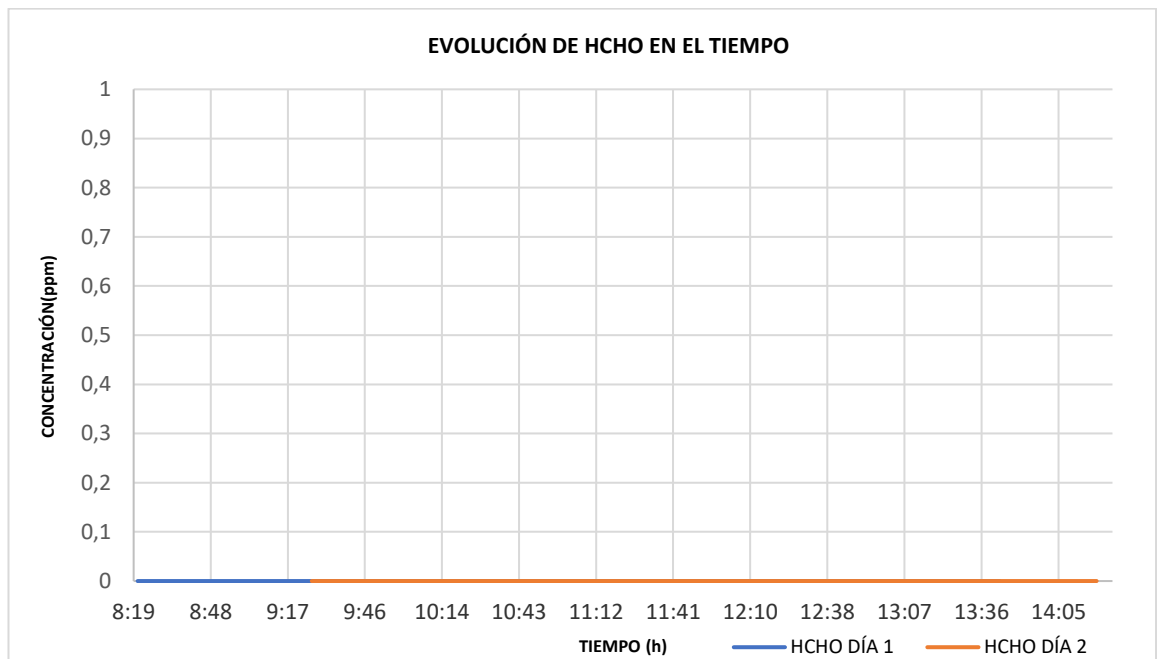


Figura 41. Pruebas previas de la evolución de concentración de HCHO

Medidas de NO₂:

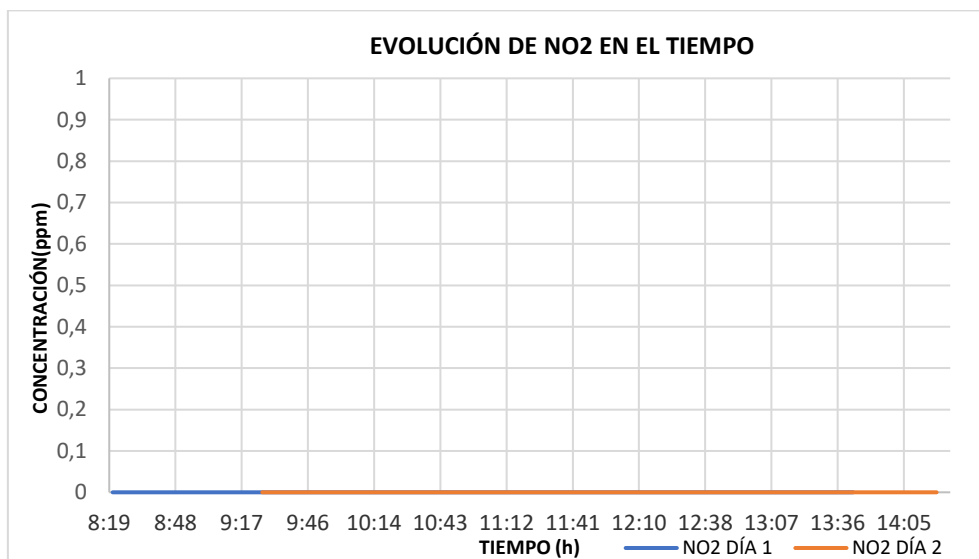


Figura 42. Pruebas previas de la evolución de concentración de NO₂

Una vez estudiados los resultados se llegó a diferentes conclusiones:

- La necesidad de realizar las medidas en el mismo intervalo de tiempo, tomando los valores medios de concentración cada 15 minutos y bajo las mismas condiciones ambos días.
- La importancia de medir a ambos lados de la sala en cada una de las extracciones.
- La necesidad de establecer los posibles factores que afectan a la medida de la concentración de los contaminantes gaseosos.
- Los valores de concentración de NO₂, HCHO y O₃ no van a ser relevantes en el estudio de la evolución de los contaminantes.

5.2.2. Factores influyentes en la concentración de contaminantes gaseosos

Para poder estudiar detalladamente y comprender la evolución de los contaminantes se tomó la decisión de permanecer en la sala mientras el instrumento tomaba las medidas, anotando todos los factores que pudieran ser influyentes en los valores de concentración de los gases estudiados.

Los factores influyentes son los siguientes:

- La **ubicación** de los diferentes puestos de trabajo en la sala numerados siguiendo el esquema:

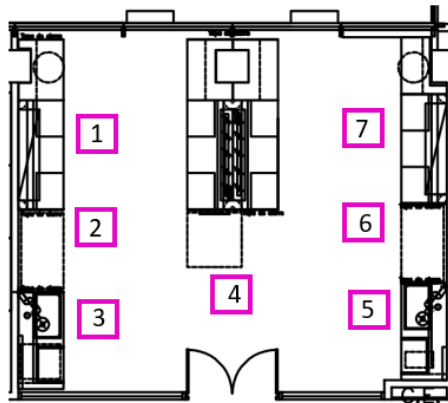


Figura 43. Esquema de ubicaciones de trabajo sala de tallado

- La **actividad** realizada por el personal, definiendo las más relevantes:

- A. Recepción de muestras
- B. Descalcificación
- C. Corte de muestras o inspección
- D. Lavado de muestras
- E. Tallado de muestras
- F. Registro y etiquetado de muestras
- G. Impresión de casetes
- H. Colocación de muestras en casete
- I. Inmersión de casetes en formol
- J. Actividad indefinida
- K. Escaneado de casetes

Todas las actividades se encuentran descritas en el capítulo 3

- El **estado de la campana** de extracción de gases:

Encendida: ON

Apagada: OFF

- El número de personas en cada franja de tiempo, asociadas cada una a su actividad y ubicación correspondiente:

PERSONA 1

PERSONA 5

PERSONA 2

PERSONA 6

PERSONA 3

PERSONA 7

PERSONA 4

PERSONA 8

Todos los factores se organizan como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 15. Organización de factores influyentes en la concentración de los contaminantes gaseosos

DÍA 1		8:15:00	8:30:00	8:45:00	9:00:00	9:15:00	9:30:00	9:45:00	10:00:00	10:15:00	10:30:00	10:45:00	11:00:00	11:15:00
ESTADO CAMPANA IZQUIERDA														
ESTADO CAMPANA DERECHA														
PERSONA	UBICACIÓN													
	ACTIVIDAD													

Con base en esta tabla, mediante una observación minuciosa, se anotaron factores y valores de concentraciones de gases contaminantes, cada 15 min, desde las 8:15 hasta las 14:30, en dos días de funcionamiento habitual de la Sala de Tallado de Anatomía Patológica del HURH, objeto de estudio de este TFG. De esta manera se recopiló toda la información relevante para posteriormente hacer un análisis detallado de los resultados obtenidos y establecer posibles relaciones entre los distintos factores.

6. RESULTADOS DE DETERMINACIÓN DE LA CAI DE LA SALA DE ANATOMÍA PATOLÓGICA

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos de los parámetros que permiten establecer la Calidad de Ambiente Interior de la Sala objeto de estudio, siguiendo las directrices indicadas en la figura 4 de este TFG.

6.1. Caracterización de la sala de tallado:

En primer lugar, se muestra un plano de la Sala objeto de estudio:

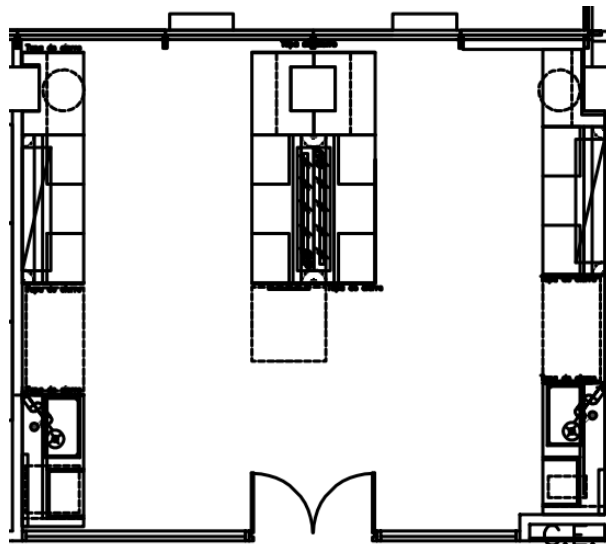



Figura 44. Planta de la Sala de Tallado

A continuación, se presenta una tabla que recoge la caracterización de la sala de tallado, en la que se describen los datos del área, sus dimensiones, materiales y observaciones pertinentes.

Tabla 16. Caracterización de la sala de tallado del HURH

Estado: Sin ocupación		Fecha y hora: 26/10/2023 (7:45 am)			
Ubicación: Planta baja		Capacidad (puestos): 6 - 8			
 <p>Figura 45. Sala de tallado del HURH</p>		Largo	Ancho	Alto	Volumen
		5,992	7,021	2,714	114,178
		Ventanas			
		Exteriores		Interior	
		Superficie (m ²)	4,306 x 2,9	Superficie (m ²)	2 ventanas 0,68 x 1,959
		Tipo	Acrilado	Tipo	Aluminio practicable
		Observaciones: Hay una cristalera que abarca casi todo el muro, donde están incrustadas dos puertas abatibles (ventanas)			
		Puertas			
		Número	Superficie (m ²)	Tipo	Apertura
		1	2,94	Madera	Abatible
Observaciones: Puerta de dos hojas una fija de 0,72 m					
Acabado de las paredes:		Pintura plástica sobre enlucido de yeso.			
Acabado de techos:		Pintura plástica sobre falso techo de escayola.			
Acabado Suelo:		Linóleo.			
Mobiliario (tipo y cantidad):		3 mesas de formica (madera) fijas con tres cajones. 2 mesas móviles de formica (madera), con ruedas. Dos fregaderos de acero inoxidable sobre mueble de formica (madera). Dos campanas extractoras, con filtro adsorbente.			
Equipos:		Ordenador, 1 criostato, un equipo "presto CHILL", dos impresoras para sellar el número de registro de biopsia en placas de plástico.			

6.2. Inspección visual y descripción de la UTA 11



Figura 46. Ventilador de impulsión, válvulas de calor y batería



Figura 47. Humectador, válvula de frío y sistema de filtrado



Figura 48. Conductos de ventilación

La sala tiene un sistema de aire exterior tratado, difundido por 4 difusores rotacionales. El aire exterior se toma y se trata mediante un climatizador ubicado en la caseta B11 en la azotea del edificio del nivel 2. El aire impulsado

es tratado mediante una unidad de tratamiento de aire a las condiciones requeridas. Se compone de dos ventiladores de la marca AIRVENT. La UTA consta de un humectador con su correspondiente lanza de vapor para asegurar las condiciones de humedad exigidas.

Consta de un intercambiador de calor con batería de recuperación. Además, posee una batería de calor y batería de frío con sus correspondientes válvulas.

Respecto al sistema de filtrado, está compuesto por los filtros F7, F9 y G4.

6.3. Medidas de ventilación tomadas en la sala de tallado:

En la tabla 17 se muestran los resultados de la medición de caudales de ventilación tomados en la sala; extracciones, impulsiones y sobrepresión, ubicados en los puntos indicados en el esquema adjunto a continuación:

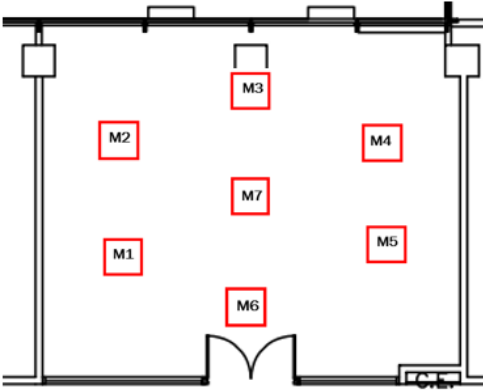
Tabla 17. Resultados de medidas de caudales de ventilación de la sala de tallado

Sistema de climatización independiente		Sistema de ventilación independiente				Sistema de climatización y ventilación integrados				
Si		No				Si				
<p>El diagrama muestra un plano de una sala de tallado con un techo y paredes. En el techo hay cuatro difusores etiquetados como I1, I2, I3 e I4. En las paredes hay dos rejillas etiquetadas como E1 y E2. A la izquierda del diagrama hay una leyenda: un círculo azul con 'I1' y el texto 'IMPULSIÓN (DIFUSORES)', y un cuadrado verde con 'E1' y el texto 'EXTRACCIÓN (REJILLAS)'. El diagrama también muestra una puerta en la parte inferior y algunos detalles de la estructura del techo.</p>										
Impulsión de aire: tipo, dimensiones y caudal (Difusor)										
(I1)	(I2)	(I3)	(I4)						Total	
600x600 mm	600x600 mm	600x600 mm	600x600 mm						(m³/h)	
(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	Sin las campanas encendidas						
141	140	90	153	Con las campanas encendidas					524	
170	163	100	168						601	
Extracción de aire: tipo, dimensiones y caudal (Rejilla)										
(E1)	(E2)								Total	
(m³/h)	(m³/h)								(m³/h)	
No medido	No medido									
Caudal de ventilación requerido				(m³/h)	1142	Cumple:	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input checked="" type="checkbox"/>
Sobrepresión con campanas apagadas con el exterior				(Pa)						3
Sobrepresión con campanas encendidas con el exterior				(Pa)						-2

6.4. Medidas de concentración de partículas tomadas en la sala de tallado:

En la tabla 18 presentada a continuación se recogen los datos tomados de concentración de partículas en la sala previamente a la jornada, medidos siguiendo el esquema adjunto:

Tabla 18. Resultados de medidas de concentración de partículas en la sala de tallado sin actividad.

Superficie local: 42,07 (m ²)		Número de medidas: $\sqrt{S} = 7$				
						
Partículas (p/m ³)						
	0,3 (µm)	0,5 (µm)	1,0 (µm)	3,0 (µm)	5,0 (µm)	10 (µm)
M1	6.171.591,1*	3.822.459,5	1.995.984,9	505.352,9	163.860,1	31.076,9
M2	1.483.216,0	346.790,0	116.891,5	23.660,8	6.003,5	353,1
M3	1.622.355,8	388.108,2	139.846,1	31.783,2	9.181,8	2.472,0
M4	1.456.376,8	306.884,4	103.472,0	16.597,9	3.531,5	1.059,4
M5	1.475.446,8	305.118,7	89.699,3	16.597,9	4.590,9	1.765,7
M6	1.451.785,9	314.653,7	94.643,3	16.597,9	5.650,3	1.059,4
M7	1.496.988,7	311.475,4	100.646,8	14.479,0	2.825,2	1.412,6
Media	2165394,4	827.927,1	377.312,0	89.295,7	27.949,0	5.599,9
Máximo	6171591,1	3.822.459,5	1.995.984,9	505.352,9	163.860,1	31.076,9
Mínimo	1451785,9	305.118,7	89.699,3	14.479,0	2.825,2	353,1
Desviación media	1767512,7	1320804,3	713.963,8	183.562,7	59.966,5	11.253,6

*esta medida se hace justo detrás de la puerta de entrada

6.5. Medidas de confort y de concentraciones de contaminantes gaseosos en condiciones iniciales:

Se tomaron valores de parámetros de confort y de concentraciones de contaminantes en las condiciones iniciales de la Sala, previas a la jornada de trabajo, para conocer los valores de partida (a tiempo 0), antes de que la sala fuese ocupada por el personal sanitario.

6.5.1 Confort térmico:

Para analizar el confort térmico, se han tomado datos en los 7 puntos de la sala, indicados en la tabla 18. En cada punto se determinan los parámetros de temperatura seca, humedad relativa, temperatura de globo y velocidad del aire. Mediante el Instrumento multifunción Testo 435-2 y 435-1 (figuras 30-31).

En la tabla 19 se muestran los valores obtenidos.

Tabla 19. Resultados de medidas de variables asociadas al confort térmico

Confort Térmico									
Parámetros	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	MEDIA	DESVIACIÓN
T seca (°C)	22,8	23,3	23,6	23,6	23,6	23,6	23,8	23,5	0,31
Humedad (%)	55,8	54,6	54,7	54,8	55,2	55,5	54,9	55,1	0,41
T Globo(°C)	23,8	24	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2	24,1	0,15
Velocidad (m/s)	0,06	0,04	0,12	0,02	0,05	0,06	0,02	0,05	0,03

Con el fin de determinar si las condiciones de confort térmico cumplen con la normativa vigente, se calculan el voto medio estimado (PMV) y el porcentaje estimado de insatisfechos (PDD) según la norma ISO 7730,

El PMV refleja el valor medio de los votos emitidos por un grupo de personas respecto a una escala de 7 niveles, desde +3 Muy caluroso a -3 Frío. Este índice permite comprobar si un ambiente satisface los criterios de confort. A partir del PMV se obtiene el PPD, índice que establece el porcentaje de personas insatisfechas para cada valor de PMV³⁴. En la figura 50 se muestran los valores de ambos parámetros y la sensación térmica.

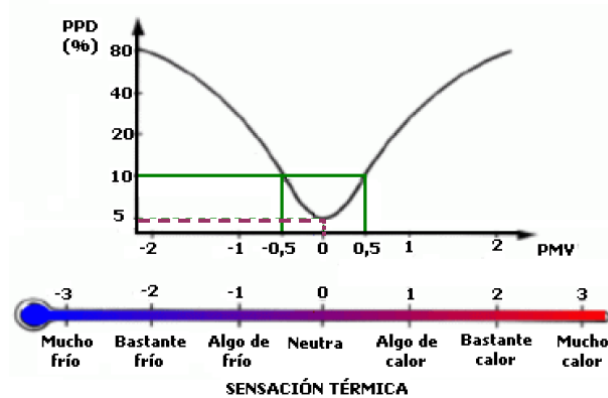


Figura 50. Evaluación del bienestar térmico en función del PPD y del PMV

Para su cálculo se utilizan fórmulas complejas, por lo que se ha empleado el software Comsoft 3 de TESTO, que utiliza una hoja de cálculo Excel (figura 44) donde se definen las variables consideradas en la determinación de PMV y PPD.

VARIABLES
Resistencia térmica de la ropa
Actividad del trabajo
Trabajo exterior
Temperatura del aire*
Temperatura de globo*
Velocidad del aire*
Humedad relativa*
Diámetro termómetro de globo

Figura 49. Variables usadas para el cálculo de PMV y PPD

Los valores asumidos para las dos primeras variables se establecen teniendo en cuenta los anexos de la norma UNE EN ISO 7730, en el anexo E, se muestra la estimación de la resistencia térmica de distintos tipos de ropa. En este caso se eligió una resistencia de 0,9 clo, correspondiente a la vestimenta llevada en la sala.

En el Anexo A, se incluye una tabla resumen de la producción de energía metabólica en función de la actividad de trabajo. Se escogió un valor de 1,6 met, correspondiente a una actividad ligera, de pie, propia de laboratorio o industria ligera.

A continuación, se presentan en la tabla 20 los valores de PMV y PPD para determinar el confort térmico en la Sala de Tallado estudiada.

Tabla 20. Resultados de parámetros PMV y PPD

Confort Térmico									
Parámetros	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	MEDIA	DESVIACIÓN
Clo	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	—
Met	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	—
PMV	0,80	0,86	0,83	0,93	0,93	0,93	0,93	0,88	0,06
PPD (%)	18,39	20,50	19,56	23,23	23,31	23,38	23,07	21,63	2,10

Una vez calculados PMV y PPD, se ha determinado que la sensación térmica general es de **“ligeramente caluroso”**.

6.5.2. Confort sonoro y lumínico:

Se tomaron datos de nivel sonoro y de iluminación para evaluar el confort acústico y lumínico en la sala. Las mediciones se realizaron en los puntos indicados en el esquema de la tabla 17.

En la tabla 21 se muestran los resultados obtenidos. Ninguno de los dos parámetros cumple con los valores máximos permitidos. El nivel sonoro debe estar por debajo de 40 dB y la los valores de iluminación deben ser de 500 Lux.

Tabla 21. Resultados de medidas de confort acústico y lumínico

Confort acústico				
	I1	I2	I3	I4
N.Sonoro(dBA)	52	44	56	56
Confort lumínico				
	I1	I2	I3	I4
Iluminación(Lux)	218	204	319	317

6.5.3. Concentración de contaminantes gaseosos en condiciones iniciales:

Se tomaron medidas de concentración de contaminantes gaseosos en diferentes puntos de la sala antes de comenzar la jornada, para determinar las condiciones iniciales en el ambiente.

En la tabla 22, se muestran los valores medios de la concentración de cada gas, medidos por la sonda de calidad de aire (figura 35) en cada punto establecido, según lo dispuesto en la tabla 18.

Tabla 22. Resultados de medidas de concentración de contaminantes

Contaminantes gaseosos									
Gases	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	MEDIA	DESVIACIÓN
CO ₂ (ppm)	444,6	382,0	469,6	395,0	419,5	437,2	435,4	426,18	27,77
CO(ppm)	4,7	5,9	6,3	6,6	6,7	6,9	7,1	6,314	0,75
HCHO(ppb)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO ₂ (ppm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O ₃ (ppm)	1,0	1,0	1,0	1,0	1	1	1	1	0
VOC(ppb)	253,9	202,6	202,4	188,8	190,9	274,3	189,6	214,64	32,19

6.6. Medidas de concentraciones de contaminantes gaseosos durante la jornada laboral:

En este apartado se muestran las concentraciones de contaminantes gaseosos medidos durante dos jornadas laborales, a pleno funcionamiento. Así mismo, se anotan las actividades (A-K) que realiza el personal sanitario, el número de personas y su ubicación, tal y como se definió en el capítulo de metodología.

6.6.1. Resultados tomados el día 1:

Factores influyentes en la concentración de contaminantes gaseosos

En la tabla 23 se muestran los factores anotados durante la primera jornada de trabajo estudiada, en intervalos de 15 min.

Tabla 23. Factores potencialmente influyentes en la concentración de los contaminantes (8:15-11:15)

DÍA 1		8:15:00	8:30:00	8:45:00	9:00:00	9:15:00	9:30:00	9:45:00	10:00:00 (2)	10:15:00 (2)	10:30:00 (2)	10:45:00	11:00:00	11:15:00
ESTADO CAMPANA IZQUIERDA		OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON (1)	ON (1)	ON (1)	ON	ON	ON	ON
ESTADO CAMPANA DERECHA		ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
PERSONA 1	UBICACIÓN	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	2
	ACTIVIDAD	FG	FG	HI	J	HI	HI	HI	HI	HI	HI	F	J	EHI
PERSONA 2	UBICACIÓN		7	7	7	7	7	7	7	7	7	1	ENTRA/SALE	
	ACTIVIDAD		FG	J	J	J	J	HI	HI	FG	FG	K		
PERSONA 3	UBICACIÓN		ENTRA/SALE	ENTRA/SALE	3		7		7		4	ENTRA/SALE		
	ACTIVIDAD				J	J	J	J	J	EHI	J			
PERSONA 4	UBICACIÓN		ENTRA/SALE	ENTRA/SALE	5	ENTRA/SALE	ENTRA/SALE	2	5	1	2			
	ACTIVIDAD				A				C	DC	I	EHI		
PERSONA 5	UBICACIÓN		ENTRA/SALE	ENTRA/SALE		ENTRA/SALE	ENTRA/SALE	ENTRA/SALE	2	ENTRA/SALE	1			
	ACTIVIDAD								C			J		
PERSONA 6	UBICACIÓN		ENTRA/SALE				ENTRA/SALE		6	ENTRA/SALE	ENTRA/SALE			
	ACTIVIDAD								C					
PERSONA 7	UBICACIÓN								ENTRA/SALE					
	ACTIVIDAD													
PERSONA 8	UBICACIÓN								ENTRA/SALE					
	ACTIVIDAD													

- OBSERVACIONES:

- (1) La campana estaba encendida, pero el cristal se encontró subido.
- (2) Los botes de formol con los que han trabajado han permanecido abiertos.
- (3) No ha habido casi actividad debido a fallos en el sistema operativo.

- (4) Han dejado la muestra encima de la mesa previamente inmersa en formol y han abandonado el puesto.
- (5) Tras el escaneo de casetes han dejado la bandeja de formol sin tapar y la han movido por la sala.

Tabla 24. Factores potencialmente influyentes en la concentración de los contaminantes (11:30-14:15)

DÍA 1		11:30:00	11:45:00	12:00:00	12:15:00	12:30:00 (3)	12:45:00 (3)	13:00:00 (3)	13:15:00	13:30:00	13:45:00	14:00:00	14:15:00
ESTADO CAMPANA IZQUIERDA		ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
ESTADO CAMPANA DERECHA		ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
PERSONA 1	UBICACIÓN	2	2	2	2			7	7	7	7		
	ACTIVIDAD	C	CD	CD	CD		J	J	HI	HI	HI	J	J
PERSONA 2	UBICACIÓN			1	1			7	7	7			2
	ACTIVIDAD	ENTRA/SALE	ENTRA/SALE	K	K		ENTRA/SALE	ENTRA/SALE	FG	FG	FG	ENTRA/SALE	EHI
PERSONA 3	UBICACIÓN		7					1	1	6			
	ACTIVIDAD	ENTRA/SALE	J	J			ENTRA SALE	C	C	C	ENTRA/SALE	ENTRA/SALE	
PERSONA 4	UBICACIÓN			ENTRA SALE					5	1			
	ACTIVIDAD							ENTRA/SALE	J	K	ENTRA/SALE		
PERSONA 5	UBICACIÓN								5	6			
	ACTIVIDAD							ENTRA/SALE	J	J			
PERSONA 6	UBICACIÓN								6				
	ACTIVIDAD								C				
PERSONA 7	UBICACIÓN												
	ACTIVIDAD								ENTRA/SALE				
PERSONA 8	UBICACIÓN												
	ACTIVIDAD												

Resultados de CO₂:

En la figura 51 se muestran todos los datos de la concentración de CO₂ registrados desde las 8:15 hasta las 14:30 segundo a segundo.

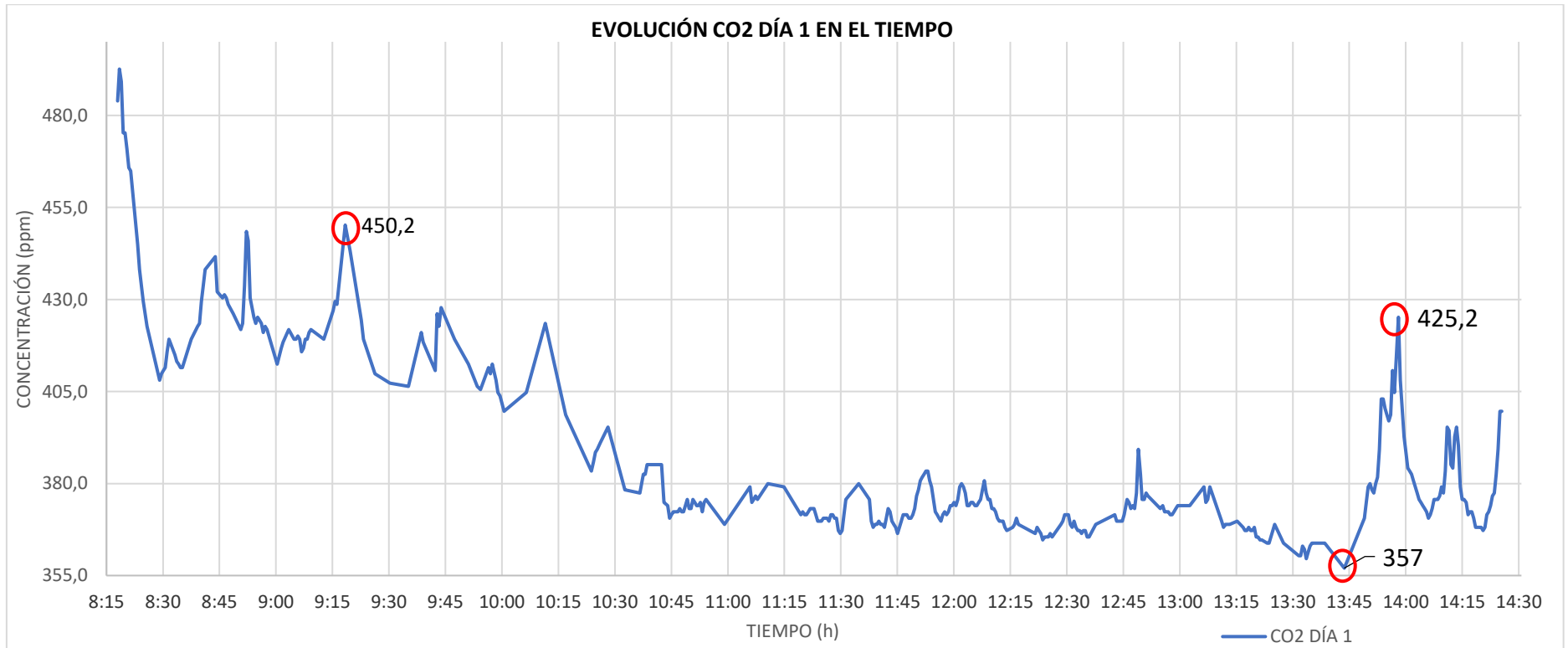


Figura 51. Gráfica completa de la evolución de la concentración del CO₂ del día 1

En la figura 52 se muestran los valores medios de concentración de CO₂ en intervalos de 15 minutos.

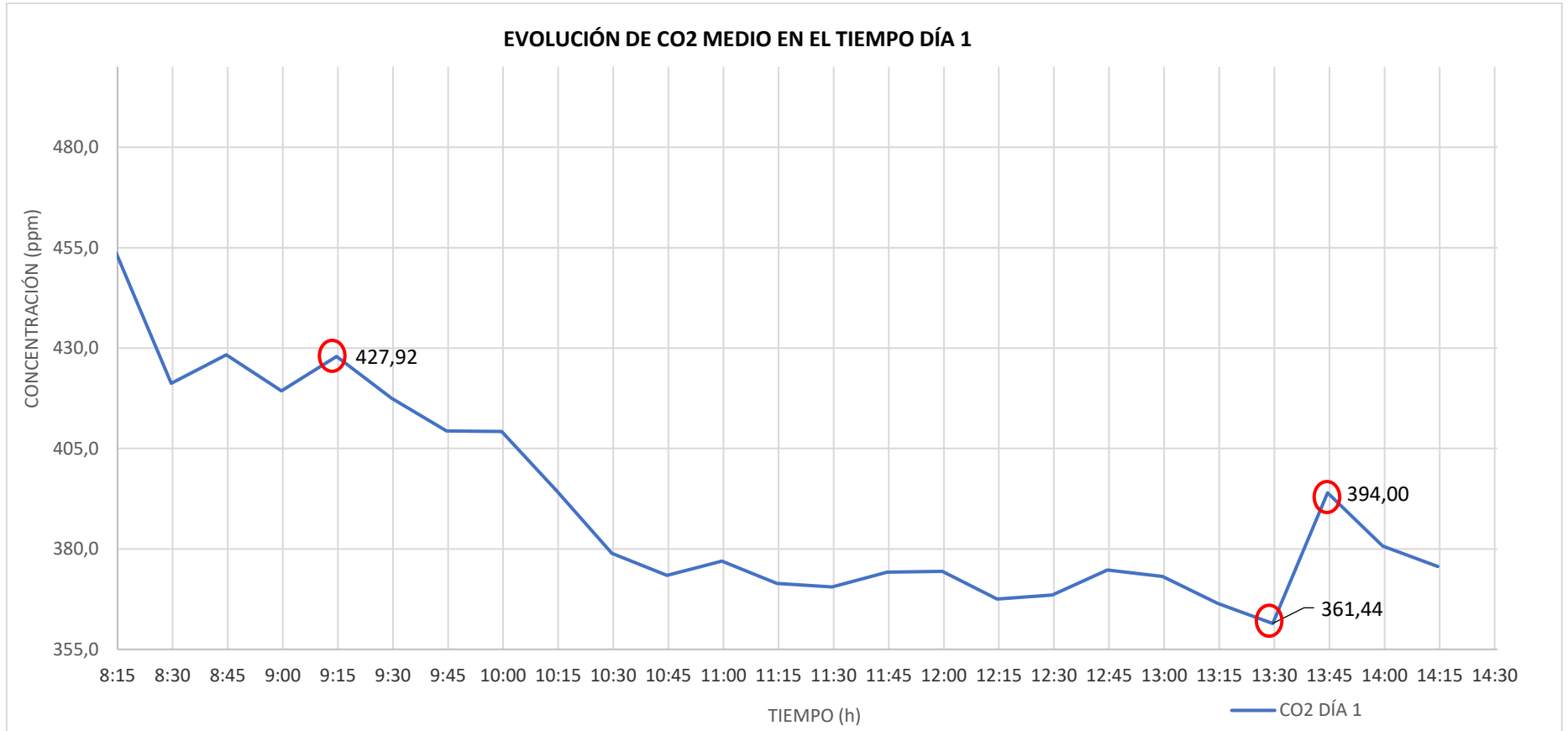


Figura 52. Gráfica de la evolución de la concentración media del CO₂ del día 1

En la Tabla 25 se muestran los ocupantes en la Sala de Tallado en cada intervalo de tiempo y la concentración media de CO₂

Tabla 25. Factores potencialmente influyentes en la concentración de CO₂ en la sala

	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15
CONCENTRACIÓN MEDIA (ppm)	453,7	421,3	428,3	419,4	427,9	417,6	409,4	409,3	394,5	378,9	373,4	377,0	371,4	370,5	374,2	374,4	367,5	368,6	374,7	373,2	366,5	361,4	394,0	380,7	375,6
personas/sala	1	2	2	4	3	3	4	6	4	5	2	1	1	1	2	3	2	0	1	1	3	6	5	1	2
Estado Campana izq	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
Estado Campana derecha	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
ACTIVIDADES REALIZADAS	FG	FG	HI	J	HI	HI	HI	HI	HI	HI	F	J	EHI	C	CD	CD	CD		J	J	HI	HI	HI	J	EHI
		FG	J	J	J	J	HI	HI	FG	FG	K				J	K	K				FG	FG	FG		
				J	J	J	J	J	EHI	EHI						J						C	C	C	
				A			C	DC	I	J													K		
								C	J														K		
								C																	

En la figura 53 se muestra la relación número de ocupantes/concentración de CO₂

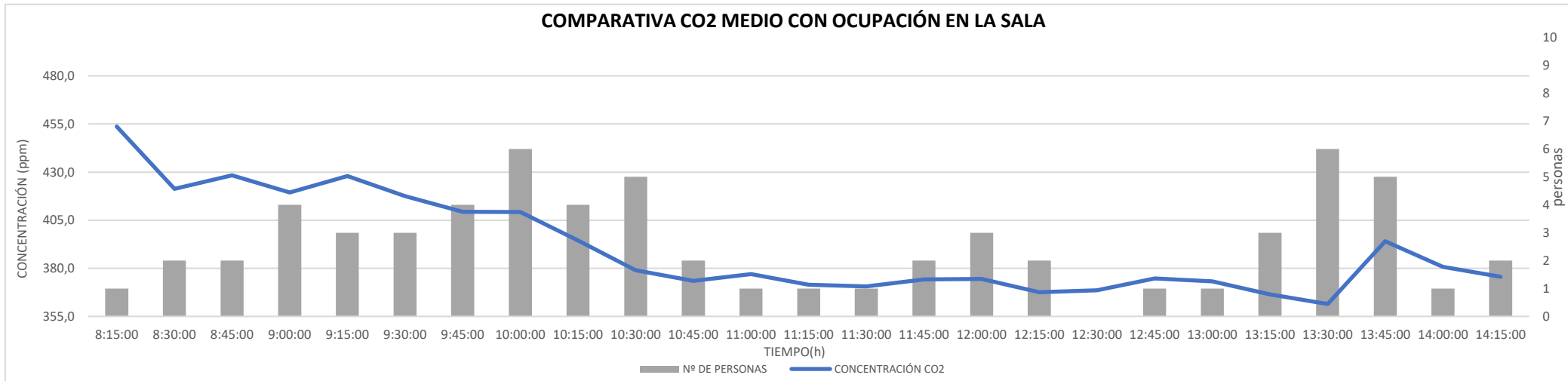


Figura 53. Gráfica comparativa número de ocupantes/concentración

Resultados de TVOC:

En la figura 54 se muestran todos los datos de la concentración de TVOC registrados desde las 8:15 hasta las 14:30 segundo a segundo.

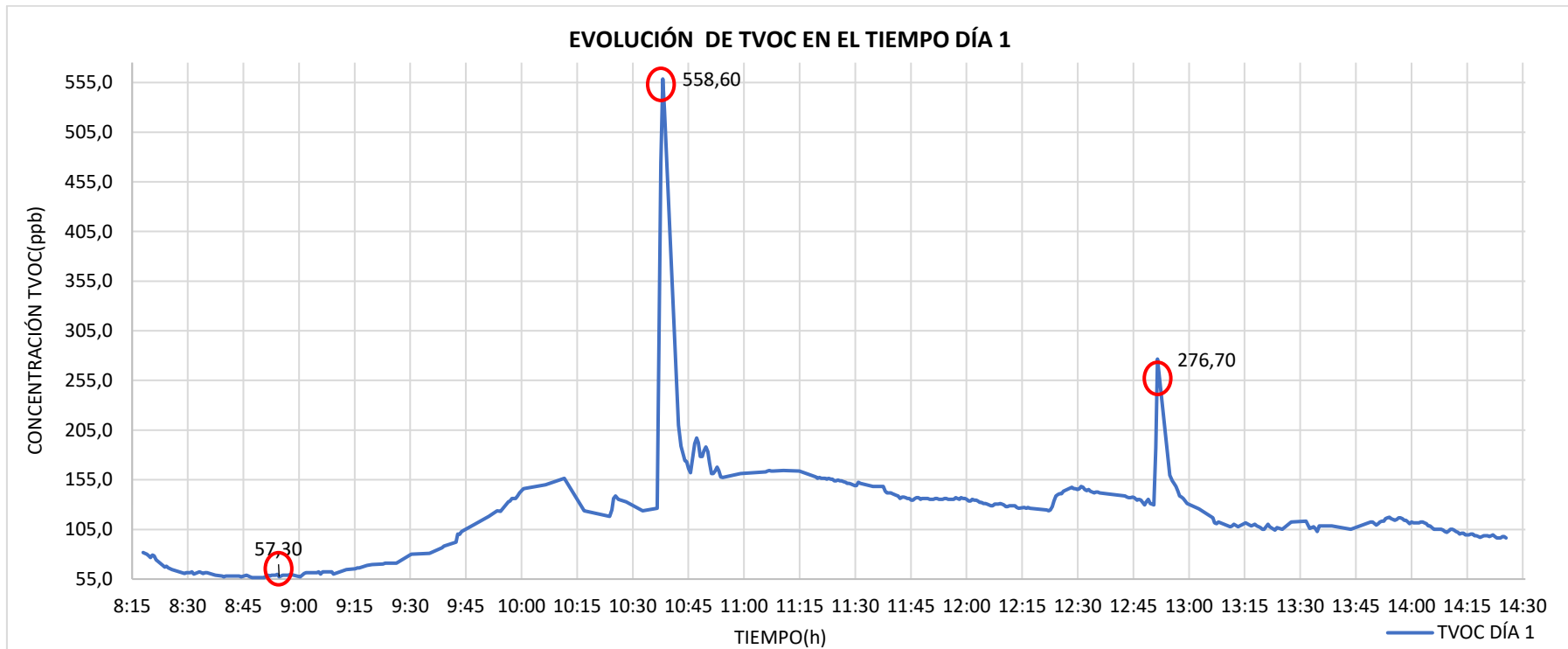


Figura 54. Gráfica completa de la evolución de la concentración del TVOC del día 1

En la figura 55 se muestran los valores medios de concentración de TVOC en intervalos de 15 minutos.

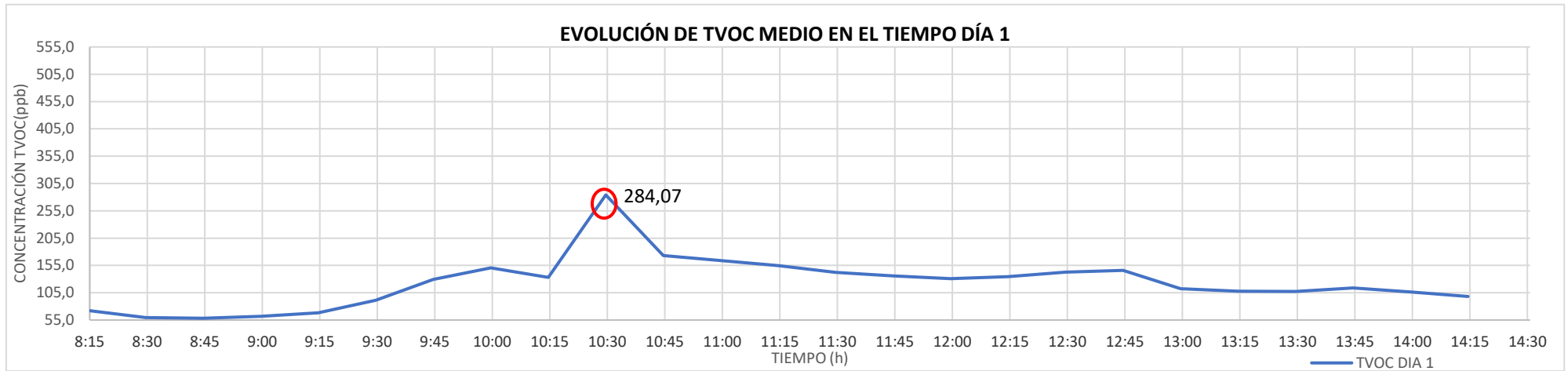


Figura 55. Gráfica de la evolución de la concentración media del TVOC del día 1

En la Tabla 26 se recogen los ocupantes en la Sala de Tallado en cada intervalo de tiempo y su concentración media de CO₂

Tabla 26. Factores influyentes en la concentración de TVOC en la sala

	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	
CONCENTRACIÓN MEDIA (ppb)	72,4	59,8	58,3	61,9	68,1	91,4	129,5	150,7	133,3	284,1	173,1	163,8	154,9	142,4	135,8	130,8	134,5	142,6	145,8	112,4	108,0	107,5	113,9	106,4	98,3	
personas/sala	1	2	2	4	3	3	4	6	4	5	2	1	1	1	2	3	2	0	1	1	3	6	5	1	2	
Estado Campana izq	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON*	ON*	ON*	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
Estado Campana derecha	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
ACTIVIDADES REALIZADAS	FG	FG	HI	J	HI	HI	HI	HI	HI	HI	F	J	EHI	C	CD	CD	CD		J	J	HI	HI	HI	J	EHI	
		FG	J	J	J	J	HI	HI	FG	FG	K				J	K	K				FG	FG	FG			
			J	J	J	J	J	J	EHI	EHI						J						C	C	C		
			A				C	DC	I	J													K	K		
							C	C	J																	
							C	C																		

Resultados de CO:

En la figura 56 se muestran todos los datos de la concentración de CO registrados desde las 8:15 hasta las 14:30 segundo a segundo.

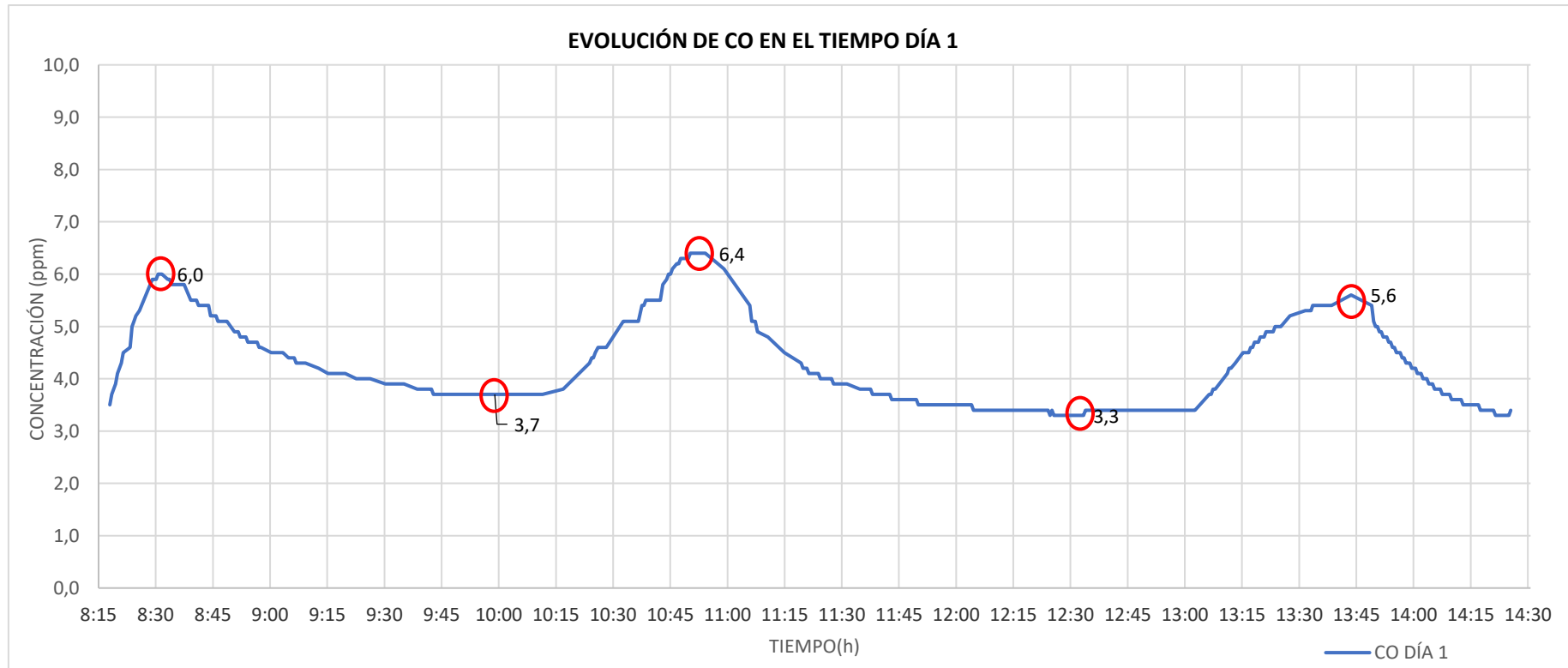


Figura 56. Gráfica completa de la evolución de la concentración del CO del día 1

En la figura 57 se muestran los valores medios de concentración de CO en intervalos de 15 minutos.

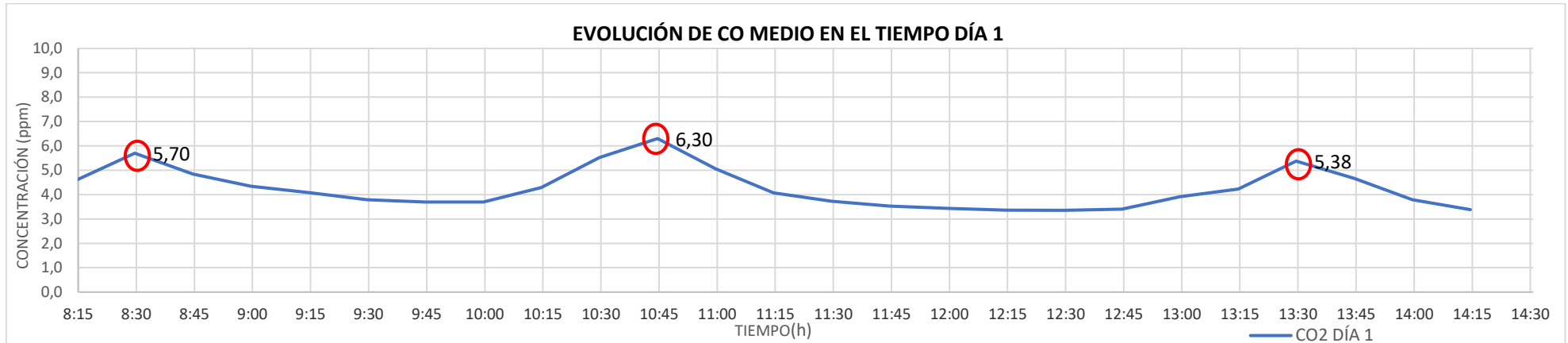


Figura 57. Gráfica de la evolución de la concentración media del CO del día 1

En la Tabla 27 se muestran los ocupantes en la Sala de Tallado en cada intervalo de tiempo y la concentración media de CO

Tabla 27. Factores influyentes en la concentración de CO en la sala

	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	
CONCENTRACIÓN MEDIA (ppm)	4,6	5,70	4,85	4,34	4,08	3,79	3,70	3,70	4,29	5,52	6,30	5,07	4,07	3,73	3,53	3,43	3,36	3,36	3,40	3,91	4,23	5,38	4,67	3,79	3,39	
personas/sala	1	2	2	4	3	3	4	6	4	5	2	1	1	1	2	3	2	0	1	1	3	6	5	1	2	
Estado Campana izq	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON*	ON*	ON*	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
Estado Campana derecha	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
ACTIVIDADES REALIZADAS	FG	FG	HI	J	HI	HI	HI	HI	HI	HI	F	J	EHI	C	CD	CD	CD		J	J	HI	HI	HI	J	EHI	
		FG	J	J	J	J	HI	HI	FG	FG	K				J	K	K				FG	FG	FG			
				J	J	J	J	J	EHI	EHI						J					C	C	C			
				A			C	DC	I	J													K			
								C	J														K			

6.6.2. Resultados tomados el día 2

Factores influyentes en la concentración de contaminantes gaseosos

En la tabla 28 se muestran los factores anotados durante la segunda jornada de trabajo, en intervalos de 15 min.

Tabla 28. Factores potencialmente influyentes en la concentración de los contaminantes (8:15-11:15)

DÍA 2		8:15:00	8:30:00	8:45:00	9:00:00	9:15:00	9:30:00	9:45:00	10:00:00	10:15:00	10:30:00	10:45:00	11:00:00	11:15:00
ESTADO CAMPANA IZQUIERDA		ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
ESTADO CAMPANA DERECHA		ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
PERSONA 1	UBICACIÓN	7	2	7	6	2 (2)	2 (4)	7	7	7	7	7	7(4)	7
	ACTIVIDAD	C	EHI	C	HI	EHI	CD	CHI	EHI	C	FG	FG	C	C
PERSONA 2	UBICACIÓN	2	1	2	7 (2)	6	7	6		6	7		ENTRA/SALE	ENTRA/SALE
	ACTIVIDAD	C	EHI	C	C	HI	CD	CHI	J	C	C	J		
PERSONA 3	UBICACIÓN	1	6		7	7	6	7	6	7	1	1	ENTRA/SALE	ENTRA/SALE
	ACTIVIDAD	C	HI	J	FG	CD	CD	FG	EHI	FG	K	K		
PERSONA 4	UBICACIÓN	6	ENTRA/SALE	6	2	7	4			2 (4)	6	7(4)		
	ACTIVIDAD	HI		HI	EHI	FG	J	J	J	C	C			
PERSONA 5	UBICACIÓN		ENTRA/SALE	1		ENTRA/SALE	1	ENTRA/SALE	2	ENTRA/SALE	4			
	ACTIVIDAD			EHI		C	HI		J					
PERSONA 6	UBICACIÓN					ENTRA/SALE	4		ENTRA/SALE	ENTRA/SALE				
	ACTIVIDAD						J							
PERSONA 7	UBICACIÓN								ENTRA/SALE	5A				
PERSONA 8	UBICACIÓN													
	ACTIVIDAD													

- OBSERVACIONES:

- (1) La campana estaba encendida, pero el cristal se encontró subido.
- (2) Los botes de formol con los que han trabajado han permanecido abiertos.
- (3) No ha habido casi actividad debido a fallos en el sistema operativo.

(4) Han dejado la muestra encima de la mesa previamente inmersa en formol y han abandonado el puesto.

(5) Tras el escaneo de casetes han dejado la bandeja de formol sin tapar y la han movido por la sala.

Tabla 29. Factores potencialmente influyentes en la concentración de los contaminantes (11:30-14:15)

DÍA 2		11:30:00	11:45:00	12:00:00	12:15:00	12:30:00	12:45:00	13:00:00	13:15:00	13:30:00	13:45:00	14:00:00	14:15:00
ESTADO CAMPANA IZQUIERDA		ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
ESTADO CAMPANA DERECHA		ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
PERSONA 1	UBICACIÓN	7	7	7	1	7	7	6	6	7	7	7	(5)
	ACTIVIDAD	C	C	CE	K	CE	CE	J	EHI	FG	FG	C	J
PERSONA 2	UBICACIÓN	2	2	2	2	2	2	7	7	7 (4)	7	1 (5)	ENTRA/SALE
	ACTIVIDAD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CE	CE		C	K	
PERSONA 3	UBICACIÓN		1	7	7 (4)		6	6	6			ENTRA/SALE	
	ACTIVIDAD		J	G	C	J	CD	CE	J	J	J		
PERSONA 4	UBICACIÓN		ENTRA/SALE		7	2	2	6			7	ENTRA/SALE	
	ACTIVIDAD			J	FG	J	J	J		J	J		
PERSONA 5	UBICACIÓN		ENTRA/SALE	2		ENTRA/SALE	6	ENTRA/SALE		ENTRA/SALE	2		
	ACTIVIDAD			J			J		EHI				
PERSONA 6	UBICACIÓN						3	ENTRA/SALE		ENTRA/SALE			
	ACTIVIDAD						J						
PERSONA 7	UBICACIÓN										ENTRA/SALE		
	ACTIVIDAD									J			
PERSONA 8	UBICACIÓN							ENTRA/SALE					
	ACTIVIDAD												

Resultados de CO₂:

En la figura 58 se muestran todos los datos de la concentración de CO₂ registrados desde las 8:15 hasta las 14:30 segundo a segundo.

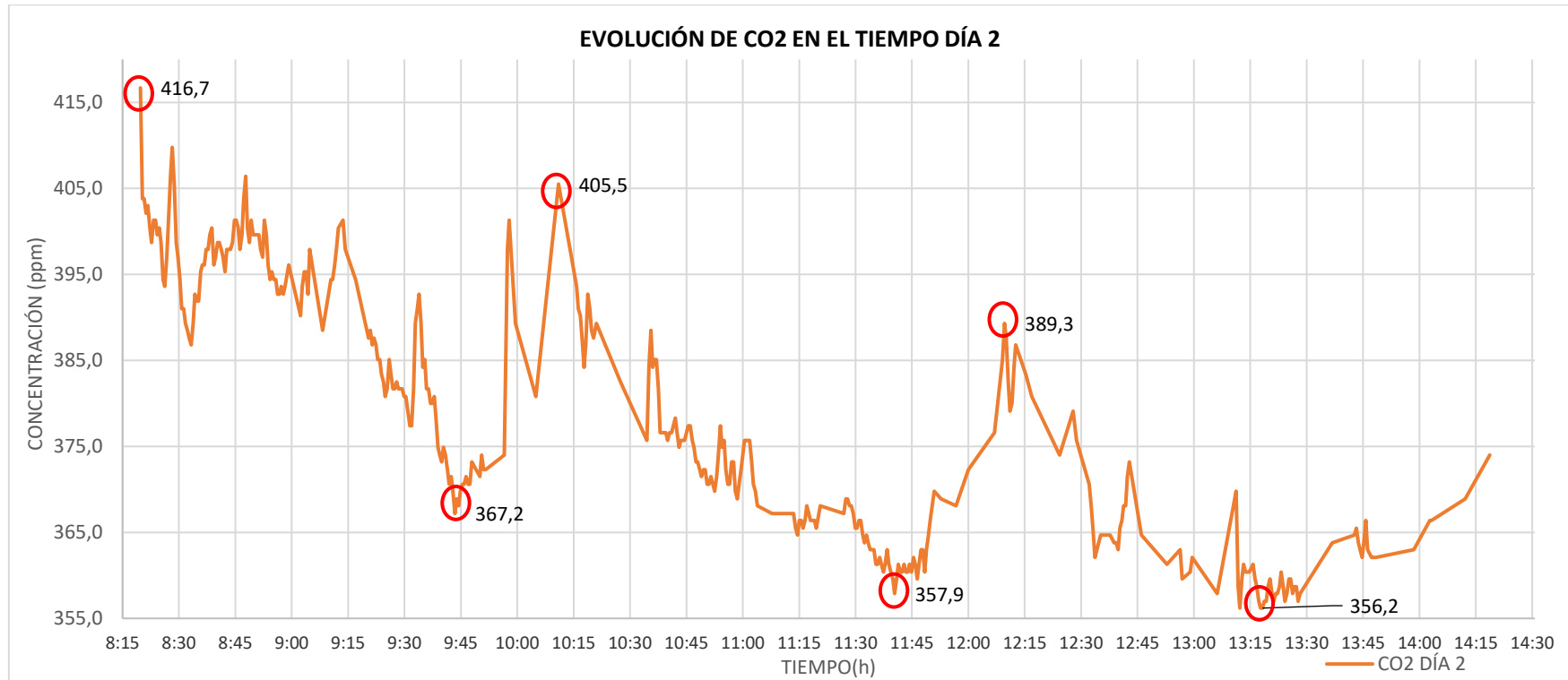


Figura 58. Gráfica completa de la evolución de la concentración del CO₂ del día 2

En la figura 59 se muestran los valores medios de concentración de CO₂ en intervalos de 15 minutos.

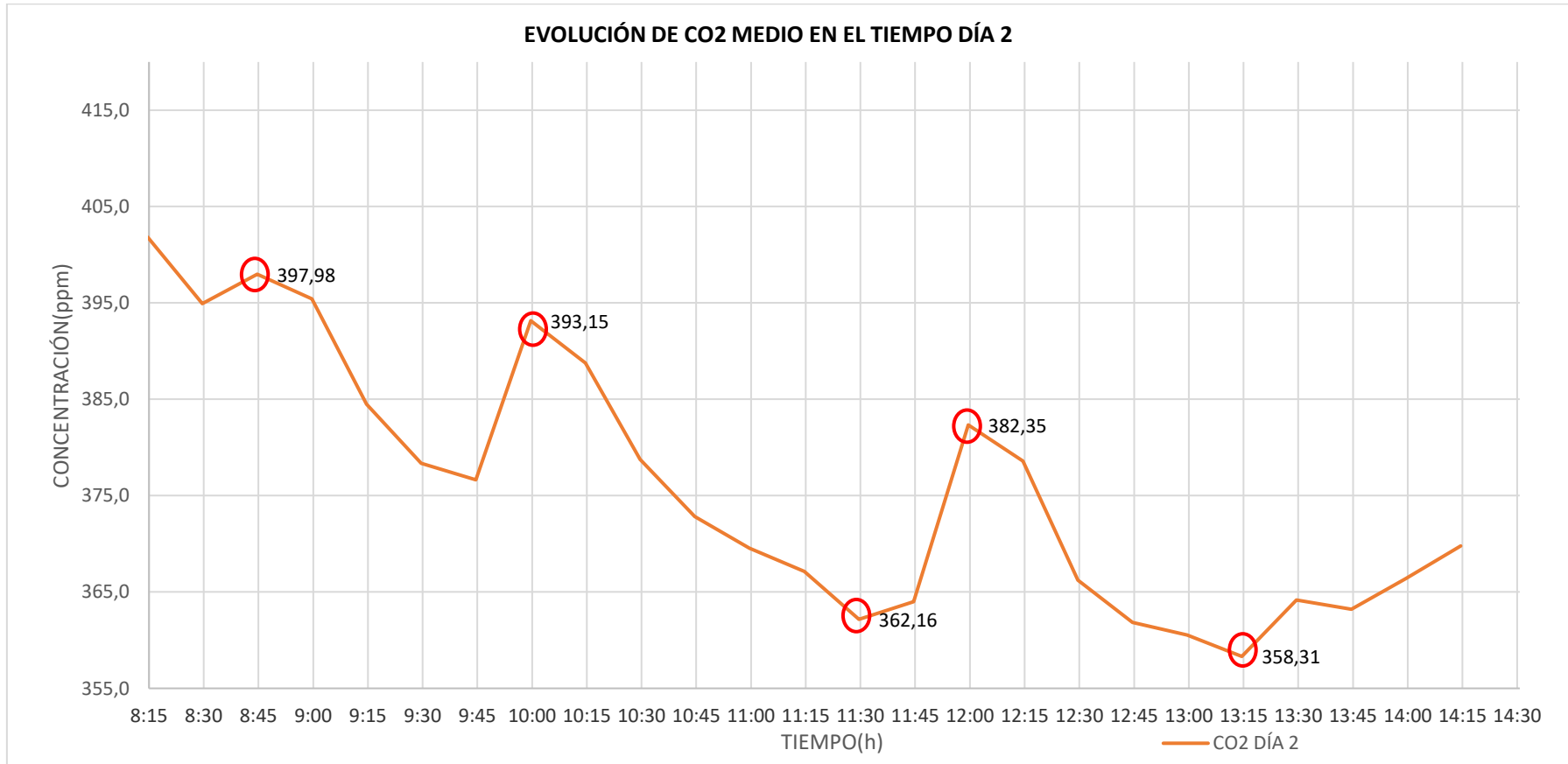


Figura 59. Gráfica de la evolución de la concentración media del CO₂ del día 2

En la Tabla 30 se muestra en número de ocupantes en la Sala de Tallado en cada intervalo de tiempo y la concentración media de CO₂.

Tabla 30. Factores influyentes en la concentración de CO₂ en la sala

	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	
CONCENTRACIÓN MEDIA (ppm)	401,8	394,9	398,0	395,4	384,5	378,4	376,6	393,2	388,8	378,8	372,8	369,5	367,1	362,2	364,0	382,4	378,6	366,2	361,9	360,5	358,3	364,2	363,2	366,4	369,8	
personas/sala	4	3	5	4	4	6	4	5	5	5	4	1	1	2	3	5	4	4	7	4	3	4	5	2	1	
Estado Campana izq	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
Estado Campana derecha	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
ACTIVIDADES REALIZADAS	C	EHI	C	HI	EHI	CD	CHI	EHI	C	FG	FG	C	C	C	C	CE	K	CE	J	J	HI	HI	HI	J	EHI	
	C	EHI	C	C	HI	CD	CHI	J	C	C	J			CD	CD	CD	CD	CD			FG	FG	FG		J	
	C	HI	J	FG	CD	CD	FG	EHI	C	K	K				J	G	FG	J			C	C	C			
	HI		HI	EHI	FG	J	J	J	FG	C						J	C	J				J	K			
			EHI			C		HI	C	J							FG					J	J			
						J			A													C				

En la figura 60 se muestra la relación número de ocupantes/concentración de CO₂

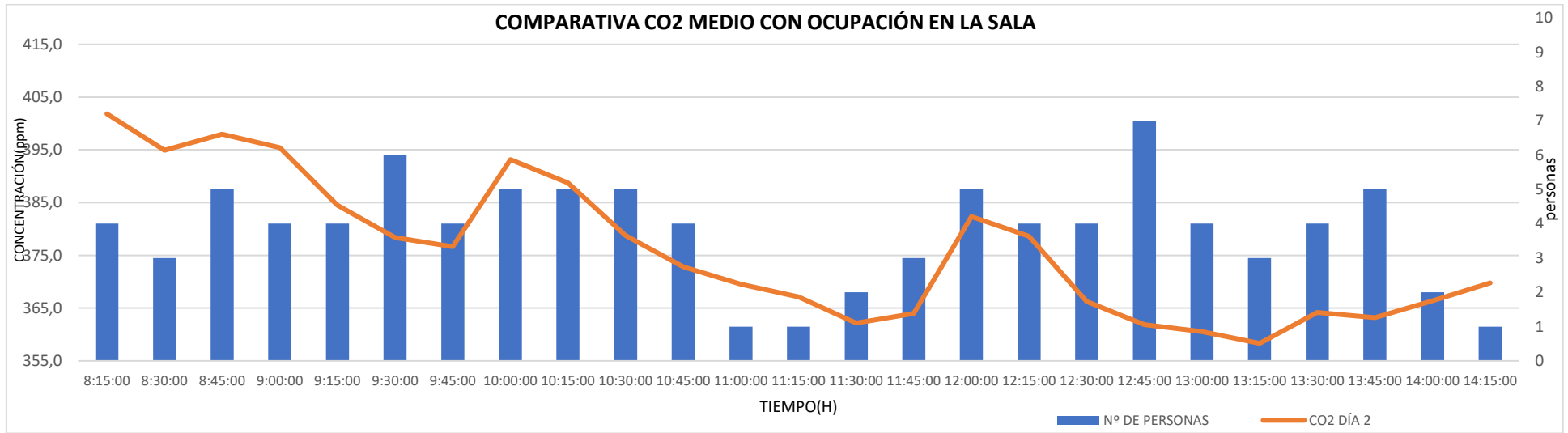


Figura 60. Gráfica comparativa número de ocupantes/concentración

Resultados de TVOC:

En la figura 61 se muestran los datos de la concentración de TVOC registrados desde las 8:15 hasta las 14:30 segundo a segundo.

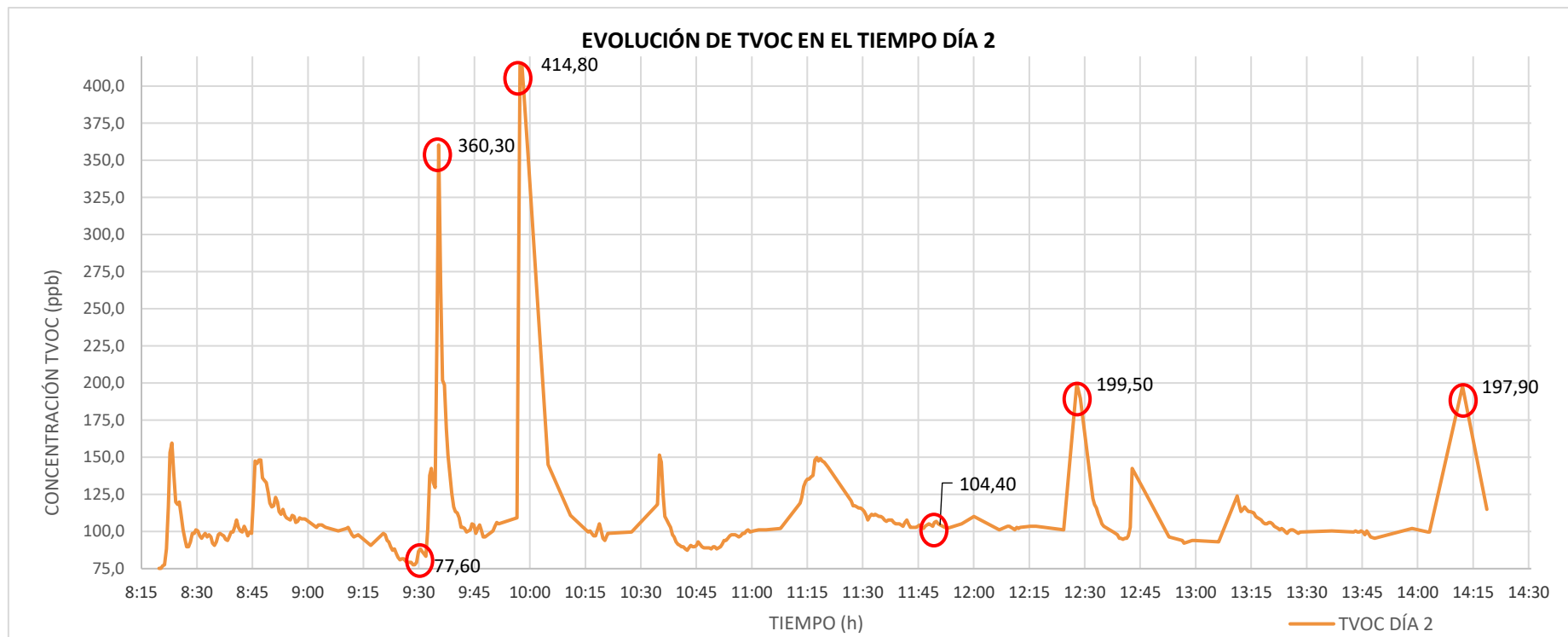


Figura 61. Gráfica completa de la evolución de la concentración del TVOC del día 2

En la figura 62 se muestran los valores medios de concentración de TVOC en intervalos de 15 minutos.

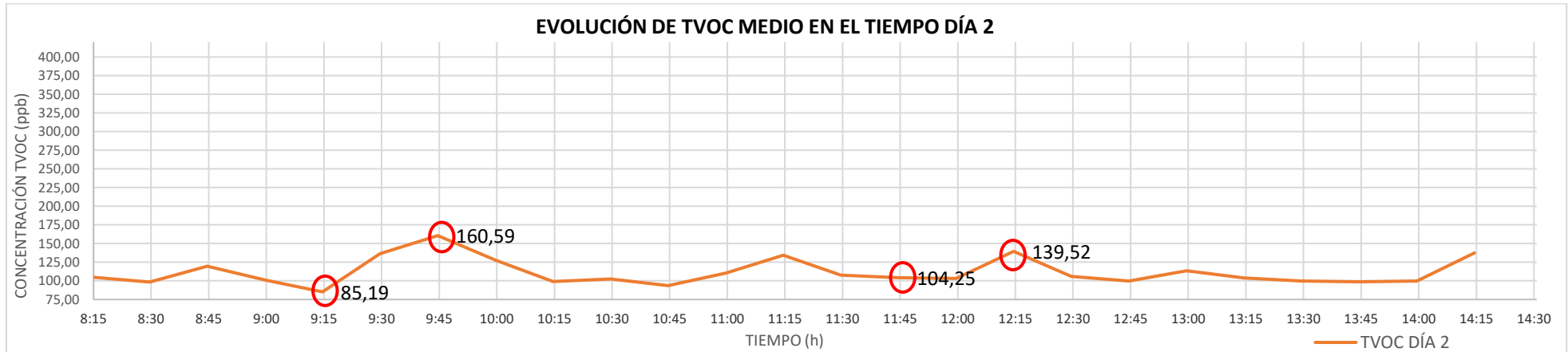


Figura 62. Gráfica de la evolución de la concentración media del TVOC del día 2

En la Tabla 31 se muestra el número de ocupantes en la Sala de Tallado en cada intervalo de tiempo y la concentración media de TVOC.

Tabla 31. Factores influyentes en la concentración de TVOC en la sala

	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	
CONCENTRACIÓN MEDIA (ppm)	104,8	98,3	119,7	101,2	85,2	136,4	160,6	128,0	99,0	102,4	93,7	110,4	134,2	107,6	104,3	103,2	139,5	106,0	99,7	113,6	104,0	99,9	98,9	99,6	137,5	
personas/sala	4	3	5	4	4	6	4	5	5	5	4	1	1	2	3	5	4	4	7	4	3	4	5	2	1	
Estado Campana izq	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
Estado Campana derecha	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
ACTIVIDADES REALIZADAS	C	EHI	C	HI	EHI	CD	CHI	EHI	C	FG	FG	C	C	C	C	CE	K	CE	J	J	HI	HI	HI	J	EHI	
	C	EHI	C	C	HI	CD	CHI	J	C	C	J			CD	CD	CD	CD	CD			FG	FG	FG		J	
	C	HI	J	FG	CD	CD	FG	EHI	C	K	K				J	G	FG	J			C	C	C			
	HI		HI	EHI	FG	J	J	J	FG	C						J	C	J				J	K			
			EHI			C	HI	C	J							FG						J	J			
					J			A														C				

Resultados de CO:

En la figura 63 se muestran todos los datos de la concentración de CO registrados desde las 8:15 hasta las 14:30 segundo a segundo.

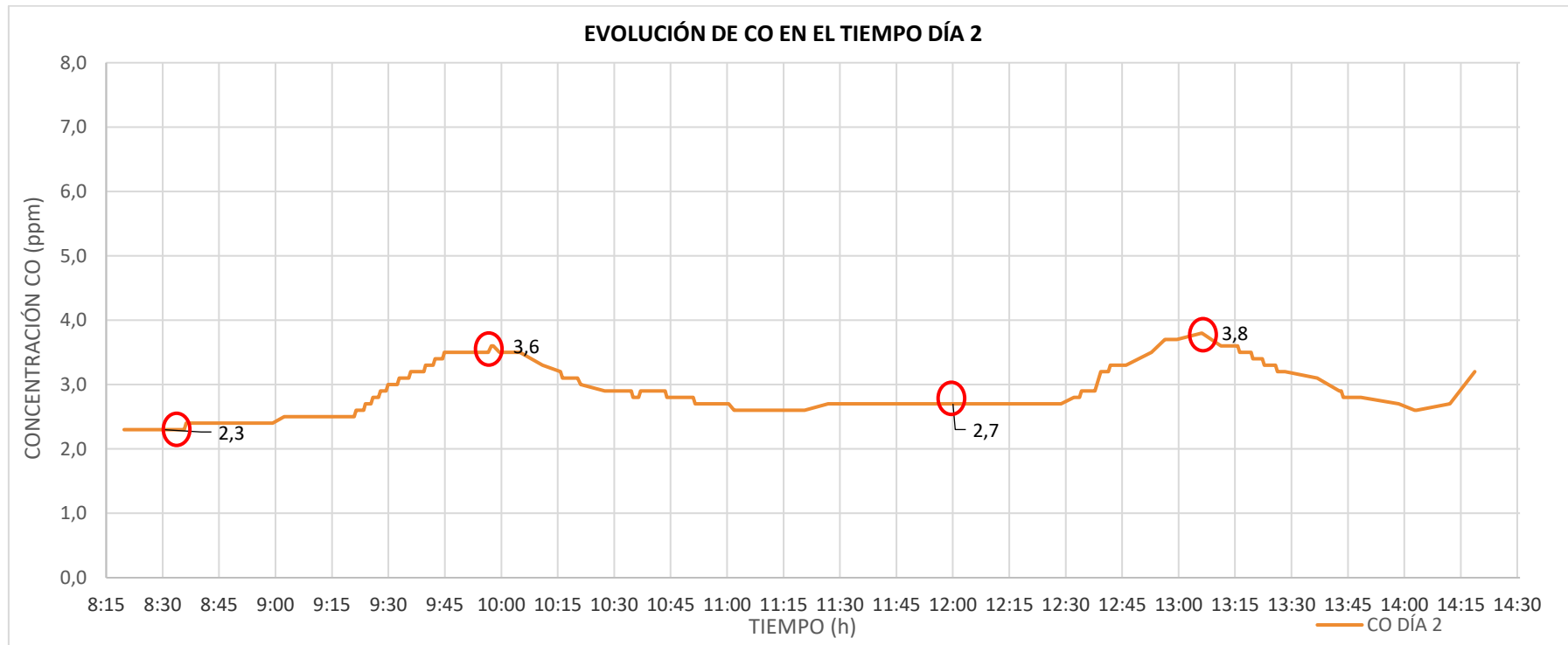


Figura 63. Gráfica completa de la evolución de la concentración del CO del día 2

En la figura 64 se muestran los valores medios de concentración de CO en intervalos de 15 minutos.

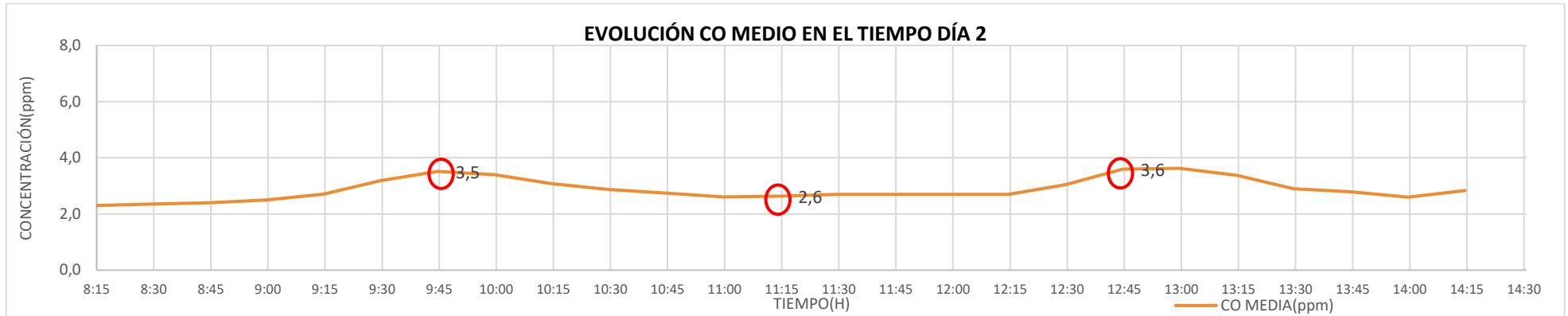


Figura 64. Gráfica de la evolución de la concentración media del CO del día 2.

En la Tabla 32 se muestra el número de ocupantes en la Sala de Tallado en cada intervalo de tiempo y la concentración media de CO.

Tabla 32. Factores influyentes en la concentración de CO en la sala

	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	
CONCENTRACIÓN MEDIA (ppm)	2,3	2,4	2,4	2,5	2,7	3,2	3,5	3,4	3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	3,0	3,6	3,6	3,4	2,9	2,8	2,6	2,8	
personas/sala	4	3	5	4	4	6	4	5	5	5	4	1	1	2	3	5	4	4	7	4	3	4	5	2	1	
Estado Campana izquierda	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
Estado Campana derecha	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
ACTIVIDADES REALIZADAS	C	EHI	C	HI	EHI	CD	CHI	EHI	C	FG	FG	C	C	C	C	CE	K	CE	J	J	HI	HI	HI	J	EHI	
	C	EHI	C	C	HI	CD	CHI	J	C	C	J			CD	CD	CD	CD	CD			FG	FG	FG		J	
	C	HI	J	FG	CD	CD	FG	EHI	C	K	K			J	G	FG	J				C	C	C			
	HI		HI	EHI	FG	J	J	J	FG	C						J	C	J				J	K			
			EHI			C		HI	C	J							FG					J	J			
						J		A														C				

6.6.3. Resultados de medidas de contaminantes gaseosos comparativa entre día 1 y día 2

A continuación, se presentan las gráficas que comparan la evolución de la concentración de los contaminantes: CO₂, TCOV y CO₂ durante la jornada laboral matinal de los dos días de toma de medidas.

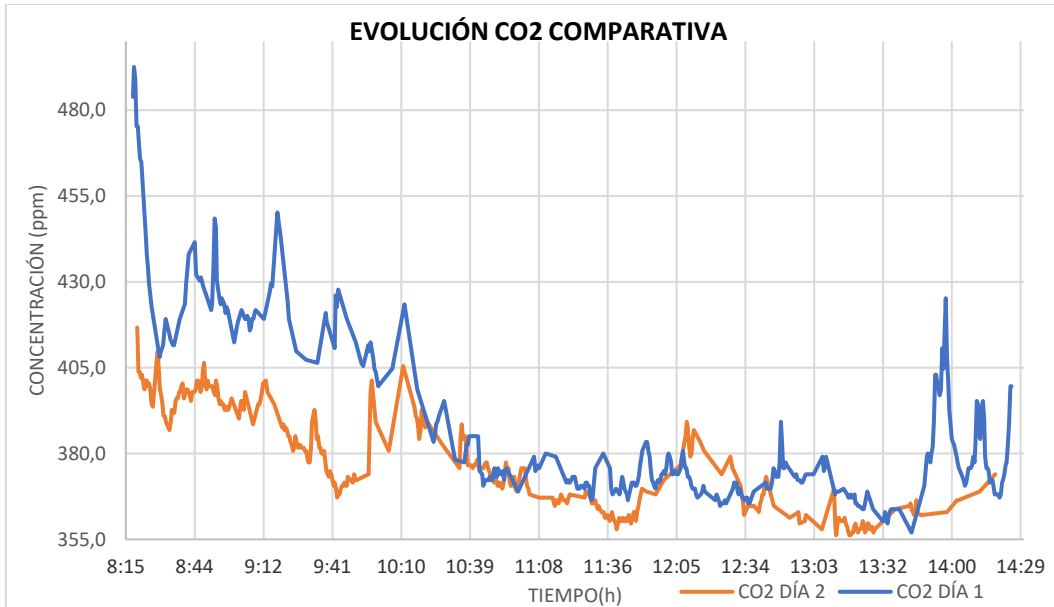


Figura 65. Comparativa de evolución del CO₂ en dos días distintos

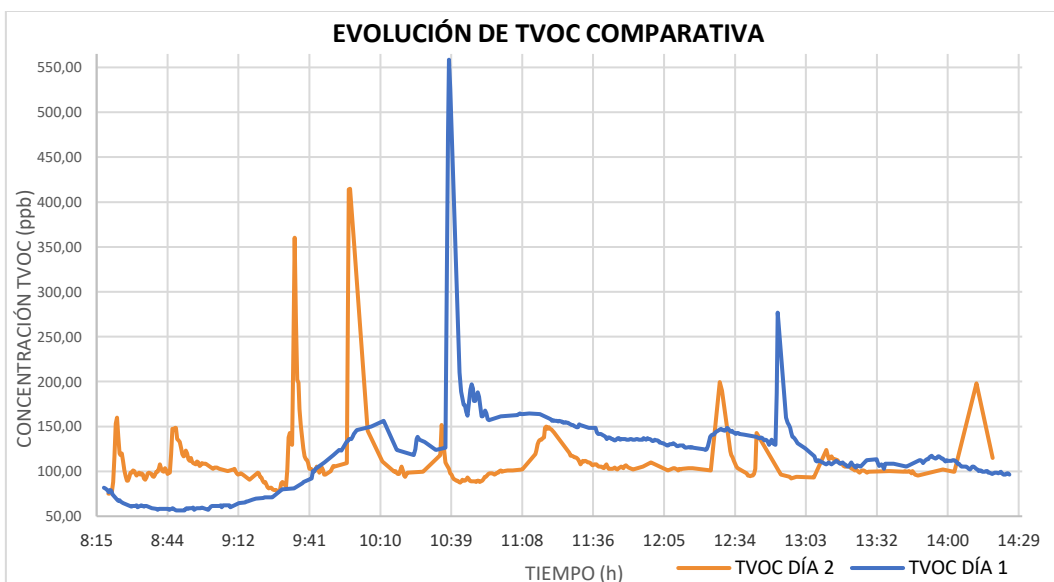


Figura 66. Comparativa de evolución del TVOC en dos días distintos

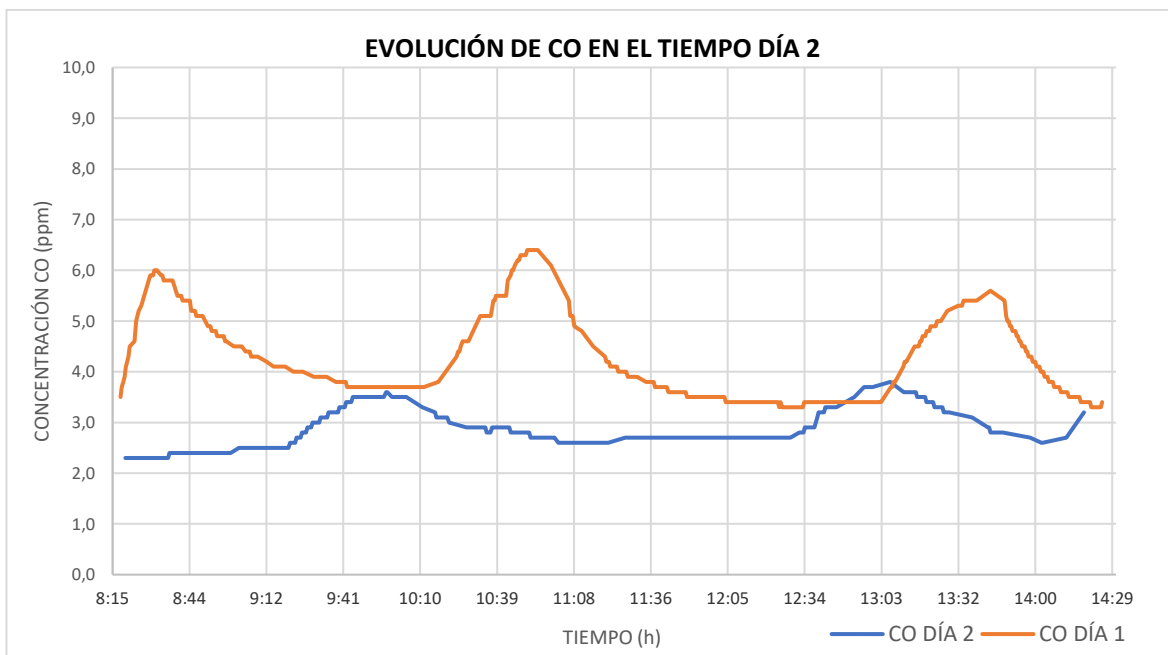


Figura 67. Comparativa de evolución del CO en dos días distintos.

La evolución de las concentraciones de los contaminantes sigue una tendencia similar en ambos días. Se observa un ligero desfase de un día respecto a otro, probablemente debido a que el orden y el inicio de las actividades en un día y otro no son exactamente iguales.

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS:

A continuación, se presenta el análisis de los resultados obtenidos a partir de las distintas mediciones llevadas a cabo en el estudio:

1.-En cuanto a los estudios de confort, se observa que:

- La temperatura de la Sala (23,5 °C) está dentro de los límites establecidos por normativa (20-26 °C).
- La humedad relativa (55,1 %) está dentro de los límites establecidos por normativa (40-60 %).
- Todas las muestras tomadas entran dentro del rango de voto medio estimado (PMV) que corresponde a una sensación térmica ligeramente calurosa.
- El nivel sonoro requerido por normativa (40 dBA) se supera en todos los puntos de medición (44-56 dBA).
- Los niveles de iluminación alcanzados (204-319 lux) son inferiores a los determinados por normativa (500 Lux).

2.-La concentración de partículas en la Sala es menor que el límite establecido por la normativa ISO 14644-1:2015 ²⁵, excepto en la medida de la ubicación M1, situada justamente detrás de la puerta de entrada, donde el trasiego de personas y las infiltraciones de materia particulada es mayor.

3.-En lo que se refiere a las medidas de concentraciones de contaminantes gaseosos:

- En los ensayos llevados a cabo en la Sala, previos al inicio de la actividad las concentraciones de todos los contaminantes gaseosos estudiados se encuentran dentro de los valores admitidos por ley.

- En todos los ensayos realizados, la concentración de los contaminantes gaseosos: NO_x, O₃, HCHO y CO, presentan unos valores muy bajos o nulos, independientemente de la actividad llevada a cabo en la Sala, cumpliendo siempre con los niveles admitidos por la legislación vigente.

- La variación de la concentración de CO₂, se puede decir que muestra una evolución acorde con el número de personas presentes en la sala de tallado. No obstante, a lo largo de la jornada laboral, el nivel de CO₂ está por debajo de los niveles admitidos por la normativa vigente (<1.200 ppm). Las actividades realizadas en la sala, en principio, no afectan a la concentración de este contaminante gaseoso.

- La concentración de los TCOVs, en los dos días estudiados, se mantiene en valores inferiores a los límites recomendados, durante prácticamente toda la jornada laboral, incluso mientras se realizan tareas que implican la manipulación de formol (HCHO, 40%, aq). Todas estas operaciones se realizan dentro de la vitrina extractora de gases. Tan sólo se observan algunos picos

que superan dicho límite (> 280 ppb), que se ha detectado que ocurren cuando en la sala se realizan, fundamentalmente tres acciones: dejar abierto el bote de formol o muestras encima de la mesa, manipular los casetes con muestras inmersas en formol en bandejas encima de las mesas de trabajo, fuera de las vitrinas extractoras o trabajar con la guillotina de la vitrina de gases subida.

8. CONCLUSIONES:

Del estudio llevado a cabo en la Sala de Tallado de Anatomía Patológica del HURH de Valladolid, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

Se han determinado los factores más importantes, que caracterizan la calidad de Ambiente Interior de la Sala de Tallado, sin interferir en la actividad clínica del servicio de Anatomía Patológica, observando:

Los caudales de aire no cumplen la normativa, ya que el caudal mínimo de impulsión para llegar a las 10 renovaciones de aire por hora es de 1.142 m³/h y se ha medido un caudal de impulsión de 601 m³/h.

Los parámetros de confort térmico, permiten determinar un valor del 21,63% de PPD, que corresponde a una sensación térmica de ligeramente caluroso.

El nivel de ruido supera los dBA permitidos (>40 dBA).

La iluminación presenta menos Lux de los indicados en la legislación (<500 Lux).

Se ha desarrollado una metodología de medida que permite conocer las concentraciones de seis contaminantes gaseosos (O₃, HCHO, NO_x, CO₂, CO y TCOV) durante la jornada laboral. Y analizar los factores que potencialmente influyen en dichas concentraciones.

Se observa que:

- Las concentraciones de O₃, HCHO, NO_x y CO presentan valores muy bajos o nulos, en todos los ensayos realizados,
- La concentración de CO₂ aumenta, con el número de personas trabajando en la sala, no obstante, se mantiene siempre dentro de los valores límite permitidos (<1200ppm),
- La concentración de TCOV varía con las actividades que se desarrollan en la Sala de Tallado. Aunque, en la mayoría de las medidas efectuadas, los valores obtenidos cumplen con las recomendaciones vigentes, a lo largo de la jornada laboral, se observan algunos picos que superan los 280 ppb recomendados. Estos podrían tener relación con que, a veces, tres actividades, que implican la manipulación de formol, se realizan fuera de la vitrina extractora de gases.

Se enfatiza la importancia de trabajar dentro de las vitrinas extractoras de gases, encendidas y con la guillotina bajada (siempre que sea posible), puesto que se ha probado que tienen una gran influencia en paliar las emisiones de los gases contaminantes.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. SACYL. Distribución del HURH [Internet]. [citado 20 de octubre de 2023]. Disponible en: <http://bit.ly/49xDWUB>
2. Manuel Gallardo Salazar, Esteban Domínguez González-Seco, Paulino Pastor Pérez. DTIE 1.08. Calidad de aire en hospitales. ATECYR, editor. Madrid; 2022. 25-89 p.
3. Pan American Health Organization. Guidance on indoor environmental quality in health care facilities [Internet]. Washington, D.C: PAHO; 2023 [citado 21 de noviembre de 2023]. p. 11-23. Disponible en: <https://bit.ly/4albuFj>
4. José Antonio Torre Calvo. Gestión y calidad de aire interior en unidades de tratamiento de aire [Internet]. 2023 [citado 18 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3QHFMv7>
5. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. NTP 742: Ventilación general de edificios [Internet]. INSST; 2008 [citado 23 de octubre de 2023]. p. 1-8. Disponible en: <https://bit.ly/3RKBaEV>
6. D. Paulino Pastor Pérez. Eliminación de contaminantes del aire: Filtraciones. En: ATECYR, editor. DTIE 202 Calidad de Aire Interior. 1.ª ed. Madrid; 2006. p. 50-66.
7. Hospital Universitario Fundación Jiménez Díaz. Anatomía Patológica [Internet]. [citado 29 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3SWdwX6>
8. Comunicación. ¿Cuáles son los tipos de muestras que se analizan en Anatomía Patológica y Citodiagnóstico? Zona Hospitalaria [Internet]. 4 de octubre de 2023 [citado 29 de octubre de 2023];1-3. Disponible en: <https://bit.ly/3unEKg3>
9. Instituto Nacional del Cáncer. Informes anatomopatológicos [Internet]. 2022 [citado 29 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/42AGWx4>
10. Geoffrey Rolls LBKP. Una introducción a la preparación de muestras [Internet]. [citado 1 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3HYaAmD>
11. Megías M, Molist P, Pombal MA. Técnicas histológicas [Internet]. Atlas de histología Vegetal y animal. 2023 [citado 30 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3SWppwo>
12. Elisa Ruiz. Procesamiento histológico rutinario de los tejidos [Internet]. CITOPAT VETERINARIA. 2020 [citado 1 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/499XdLX>






13. Cesar Eduardo Montalvo Arenas. Técnica histológica [Internet]. 2010 ago [citado 1 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3OG1LBK>
14. Prolab. PrestoChill [Internet]. [citado 15 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/4bsxobA>
15. Kalstein. Anatomía patológica: micrótomos y criostatos. [citado 15 de noviembre de 2023]; Disponible en: <https://bit.ly/3wnNflj>
16. Roth GmbH C. Ficha de datos de seguridad. Solución de formaldehído para histología [Internet]. 2021 [citado 14 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://bit.ly/4bgv6Lq>
17. Roth GmbH C. Ficha de datos de seguridad. Ácido nítrico [Internet]. 2021 [citado 15 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://bit.ly/3RFNZQP>
18. Roth GmbH C. Ficha de datos de seguridad. Ácido fórmico [Internet]. 2021 [citado 14 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://bit.ly/4cgA1ND>
19. GmbH C. Ficha de datos de seguridad. Etanol [Internet]. 2020 [citado 15 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://bit.ly/3xBrCFy>
20. Roth GmbH C. Ficha de datos de seguridad. Tolueno [Internet]. 2022 [citado 15 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://bit.ly/3VKtAeC>
21. Roth GmbH C. Ficha de datos de seguridad. Xileno (isómeros) [Internet]. 2022 [citado 15 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://bit.ly/4cDjxyT>
22. PANREAC QUIMICA S.L.U. ficha de datos de toxicidad. Hematoxilina Harris [Internet]. 2023 [citado 17 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://bit.ly/4bhxcvh>
23. Roth C. Ficha de datos de seguridad. Eosina [Internet]. 2019. [citado 17 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://bit.ly/3VKCJE6>
24. AENOR. UNE 171340:2020. Validación y cualificación de salas de ambiente controlado en hospitales. 2020.
25. AENOR. UNE-EN ISO 14644-1:2015. Salas limpias y lugares anexos controlados. Parte 1: Clasificación de la limpieza del aire mediante la concentración de partículas. 2016.
26. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2023 [Internet]. INSST; [citado 23 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3JZnKAT>
27. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Calidad de aire interior: compuestos orgánicos volátiles, olores y confort [Internet].

- INSST; 2013 [citado 23 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3ykD9ck>
28. Lighthouse Worldwide Solutions. HANDHELD 3016 IAQ Particle Counter. Operating Manual [Internet]. [citado 12 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://bit.ly/3Ckd0ht>
 29. Testo. Catálogo. Balómetro testo 420 [Internet]. [citado 7 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/4dlnx2K>
 30. Testo. Hoja de datos: medidor multifuncional testo 435 [Internet]. [citado 14 de febrero de 2024]. Disponible en: www.testo.com
 31. ISO-TECH. SLM-1352N Sound Level Meter. Instruction manual contents. [Internet]. [citado 15 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://bit.ly/3NjhGWf>
 32. Graywolf. DirectSense II User-Configurable Multi-Parameter IAQ, Toxic Gas Probes [Internet]. 2018. [citado 14 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://bit.ly/3UKjvhx>
 33. Graywolf. DirectSense TOX Toxic Gases Test Meters [Internet]. Vol. 2. 2018 [citado 14 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://bit.ly/3K1yfnb>
 34. Pilar Armendáriz Pérez de Ciriza. Evaluación del Bienestar térmico en local de trabajo cerrados mediante los índices térmicos PMV y PDD [Internet]. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; [citado 15 de junio de 2024]. Disponible en: <https://bit.ly/4bY5STh>

ANEXO I

En el anexo I se recopila el significado de los símbolos de toxicidad y las indicaciones (H) de peligro de los compuestos químicos descritos en la tabla 3.

Riesgo Químico

Símbolo	Significado
 Corrosivo	<ul style="list-style-type: none">- Estos productos químicos causan destrucción de tejidos vivos y/o materiales inertes.- No inhalar y evitar el contacto con la piel, ojos y ropas.
 Explosivo	<ul style="list-style-type: none">- Sustancias y preparaciones que pueden explotar bajo efecto de una llama o que son más sensibles a los choques o fricciones que el dinitrobenceno.- Evitar golpes, sacudidas, fricción, flamas o fuentes de calor.
 Comburente	<ul style="list-style-type: none">- Sustancias que tienen la capacidad de incendiar otras sustancias, facilitando la combustión e impidiendo el combate del fuego.- Evitar su contacto con materiales combustibles.
 Inflamable	<ul style="list-style-type: none">- Sustancias y preparaciones que pueden calentarse y finalmente inflamarse en contacto con el aire a una temperatura normal sin necesidad de energía, o que pueden inflamarse fácilmente por una breve acción de una fuente de inflamación y que continúan ardiendo o consumiéndose después de haber apartado la fuente de inflamación, o inflamables en contacto con el aire a presión normal, o que, en contacto con el agua o el aire húmedo, emanan gases fácilmente inflamables en cantidades peligrosas.- Evitar contacto con materiales ignitivos (aire, agua).
	<ul style="list-style-type: none">- Sustancias gaseosas comprimidas, líquidas o disueltas, contenidas a presión de 200 kPa o superior, en un recipiente que pueden explotar con el calor.- No lanzarlas nunca al fuego

Gas	
 Irritación cutánea	<ul style="list-style-type: none"> - Sustancias y preparaciones que por penetración cutánea, pueden implicar riesgos graves, agudos o crónicos en la salud. - Todo el contacto con el cuerpo humano debe ser evitado.
 Toxicidad aguda	<ul style="list-style-type: none"> - Sustancias y preparaciones que por inhalación, ingesta o absorción a través de la piel, provoca graves problemas de salud e incluso la muerte. - Todo el contacto con el cuerpo humano debe ser evitado.
 Peligroso por aspiración	<ul style="list-style-type: none"> - Sustancias y preparaciones que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, pueden implicar riesgos a la salud graves o agudos. - Debe ser evitado el contacto con el cuerpo humano, así como la inhalación de los vapores.
 Peligroso para el medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> - El contacto de esa sustancia con el medio ambiente puede provocar daños al ecosistema a corto o largo plazo. - Debido a su riesgo potencial, no debe ser liberado en las cañerías, en el suelo o el medio ambiente.

Indicaciones de peligro

H200	Explosivo inestable.
H201	Explosivo; peligro de explosión en masa.
H202	Explosivo; grave peligro de proyección.
H203	Explosivo; peligro de incendio, de onda expansiva o de proyección.
H204	Peligro de incendio o de proyección.
H205	Peligro de explosión en masa en caso de incendio.
H220	Gas extremadamente inflamable.
H221	Gas inflamable.
H222	Aerosol extremadamente inflamable.
H223	Aerosol inflamable.
H224	Líquido y vapores extremadamente inflamables.
H225	Líquido y vapores muy inflamables.
H226	Líquidos y vapores inflamables.
H228	Sólido inflamable.
H240	Peligro de explosión en caso de calentamiento.
H241	Peligro de incendio o explosión en caso de calentamiento.
H242	Peligro de incendio en caso de calentamiento.
H250	Se inflama espontáneamente en contacto con el aire.
H251	Se calienta espontáneamente; puede inflamarse.

H252	Se calienta espontáneamente en grandes cantidades; puede inflamarse.
H260	En contacto con el agua desprende gases inflamables que pueden inflamarse espontáneamente.
H261	En contacto con el agua desprende gases inflamables.
H270	Puede provocar o agravar un incendio; comburente.
H271	Puede provocar un incendio o una explosión; muy comburente.
H272	Puede agravar un incendio; comburente.
H280	Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.
H281	Contiene gas refrigerado; puede provocar quemaduras o lesiones criogénicas.
H290	Puede ser corrosivo para los metales.
H300	Mortal en caso de ingestión.
H301	Tóxico en caso de ingestión.
H302	Nocivo en caso de ingestión.
H304	Puede ser mortal en caso de ingestión y de penetración en las vías respiratorias.
H310	Mortal en contacto con la piel.
H311	Tóxico en contacto con la piel.
H312	Nocivo en contacto con la piel.
H314	Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
H315	Provoca irritación cutánea.

H317	Puede provocar una reacción alérgica en la piel.
H318	Provoca lesiones oculares graves.
H319	Provoca irritación ocular grave.
H330	Mortal en caso de inhalación.
H331	Tóxico en caso de inhalación.
H332	Nocivo en caso de inhalación.
H334	Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación.
H335	Puede irritar las vías respiratorias.
H336	Puede provocar somnolencia o vértigo.
H340	Puede provocar defectos genéticos.
H341	Se sospecha que provoca defectos genéticos.
H350	Puede provocar cáncer
H351	Se sospecha que provoca cáncer
H360	Puede perjudicar la fertilidad o dañar al feto
H361	Se sospecha que puede perjudicar la fertilidad o dañar el feto
H362	Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna
H370	Provoca daños en los órganos
H371	Puede provocar daños en los órganos
H372	Provoca daños en los órganos
H373	Puede provocar daños en los órganos

H400	Muy tóxico para los organismos acuáticos.
H410	Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.
H411	Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.
H412	Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.
H413	Puede ser nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.