

Diagnóstico y relevamiento sobre confort higrotérmico y calidad de aire en áreas críticas del HIGA “San Martín” a partir de la utilización de los equipos de medición Hti, WeSense, Hobo e hilo caliente.

Autores: Ing. Joaquina Cristeche¹; Arq. Urteneche, Emilia²; Arq. Fondoso Ossola, Santiago Tomás³, Seltzer, Micaela⁴

Contacto:

(¹) joaquinacristeche@iipac.laplata-conicet.gov.ar

(²) emiliaurteneche@iipac.laplata-conicet.gov.ar

(³) santiagofondoso@iipac.laplata-conicet.gov.ar

(⁴) mica.seltzer@gmail.com

1. Introducción

En el marco del estudio del comportamiento energético del Hospital Interzonal General de Agudos (HIGA) “San Martín”, se realiza un análisis de datos de variables medidas durante tres semanas en cuatro quirófanos del mismo. El objetivo del trabajo es proveer un diagnóstico a partir del análisis de datos de las variables medidas.

El establecimiento se encuentra situado en el casco urbano de la ciudad de La Plata. Dicha zona se encuentra en la región IIIb (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2011), la misma se caracteriza por mantener veranos relativamente calurosos, con temperaturas medias comprendidas entre 20 °C y 26 °C y con máximas medias mayores a 30 °C. En cuanto a la época invernal, el invierno presenta valores medios de temperatura comprendidos entre 8 °C y 12 °C y valores mínimos que pueden estar debajo de 0 °C. Finalmente, se destaca que la subzona b mantiene una amplitud térmica menor a 14 °C.

En los centros hospitalarios la ventilación y acondicionamiento del aire deben cumplir una serie de requisitos especiales, inherentes con las propias funciones y considerando la susceptibilidad de los pacientes. En cuanto a la calidad de aire, por razones higiénicas en los hospitales existen diferentes tipos de exigencia según clase de local, que para este fin se dividen en dos clases: Clase I, con exigencias muy elevadas y Clase II con exigencias habituales (UNE 100713,2005).

La calidad del aire en los hospitales es extremadamente importante para garantizar la salud y la seguridad de los pacientes, el personal médico y los visitantes. El dióxido de carbono (CO₂) es uno de los muchos contaminantes del aire que puede afectar la calidad del aire en los hospitales.

El CO₂ se produce naturalmente cuando las personas respiran, pero también se puede acumular en espacios cerrados o mal ventilados. Si el nivel de CO₂ en el aire del hospital es demasiado alto, puede afectar la concentración y el rendimiento del personal médico y provocar una sensación de cansancio y fatiga en los pacientes.

Para garantizar una buena calidad del aire en los hospitales, es importante mantener una ventilación adecuada. Esto puede incluir la instalación de sistemas de ventilación mecánica o la apertura de ventanas y puertas para permitir la circulación del aire fresco.

En resumen, el dióxido de carbono es un factor importante a tener en cuenta en la calidad del aire de los hospitales. La ventilación adecuada y el monitoreo regular pueden ayudar a garantizar que los niveles de CO₂ sean seguros para los pacientes, el personal médico y los visitantes. Por tales motivos se considera de importancia el trabajo realizado en el HIGA San Martín ya que su objetivo es proveer un diagnóstico y recomendaciones respecto al estudio de las variables medidas.

Con respecto al hospital de estudio, el HIGA San Martín, está clasificado como de tercer nivel de complejidad, nivel IX hospital escuela o nivel D, es decir, que es el de mayor complejidad, para pacientes de alto riesgo. Fue fundado en 1884 y hasta la actualidad cuenta con 10 pabellones que conforman todo el hospital. A continuación, se observa la parcela del hospital con sus respectivos pabellones, ver figura 1.

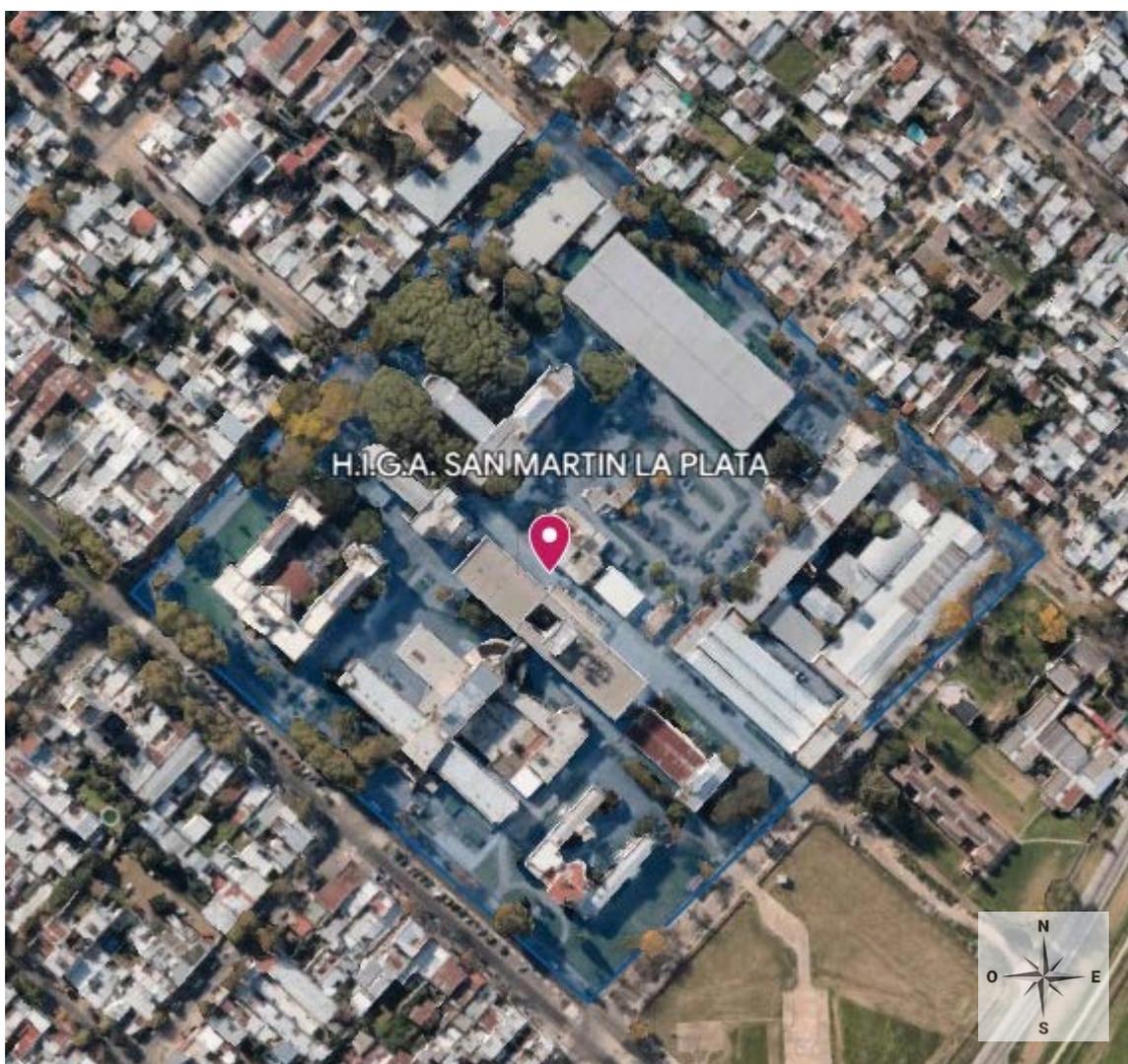


Figura 1. Implantación H.I.G.A San Martín

2. Normas

Existen distintas normas referidas al acondicionamiento de aire de centros hospitalarios específicas al diseño, control y mantenimiento de los sistemas de aire acondicionado. Las que se pueden destacar

son la UNE 100713:2005, sobre instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales; la UNE-EN ISO 14644, sobre salas limpias y locales anexos; el HVAC Desing Manual for Hospital and Clinics, que es una guía para el diseño de sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado seguros, fiables, energéticamente eficientes y que cumplan con la normativa sanitaria, el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), el cual es una normativa española que regula las instalaciones térmicas de los edificios, y Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), que proporciona cuatro manuales de diseño, instalación y funcionamiento de los HVAC&R y normas como la 90.1 de ASHRAE referida a la eficiencia energética para edificios y la 62.1 de ASHRAE, que establece requisitos mínimos de ventilación para la calidad del aire interior. A nivel nacional, un grupo de profesionales, muchos de ellos miembros de la Asociación Argentina de Arquitectura e Ingeniería Hospitalaria (AADAIH), elaboraron una planilla de recomendaciones de ventilación y aire acondicionado en hospitales y centro de salud, basándose en el estudio de ASHRAE y las Normas UNE (López, 2011).

Para el caso en estudio, en relación a la temperatura y humedad relativa (HR), nos referimos a los estándares de ASHRAE para quirófanos, ya que el hospital se rige con esta norma. En el resto de los parámetros se utilizan como estándares los que establece la UNE 100713:2005 en sus normas: clase de local, tipo de quirófano, renovación de aire y especificidad de filtros.

Para el caso de la calidad de aire se considera la UNE-EN 15251, norma europea que establece los requisitos de requerimiento energético y la calidad del ambiente interior en edificios. La misma establece los requisitos de calidad del aire en interior de edificios, incluyendo los niveles recomendados de dióxido de carbono en el aire.

En las siguientes tablas se detallan los parámetros evaluados según valores de norma:

LOCAL	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
En todo el centro sanitario	24	21	60	30
Quirófanos	24	20		

Tabla 1. Condiciones termo-higrotérmicas, ASHRAE.

TIPO QUIRÓFANO	UNE 100713:2005	UNE-EN ISO 14644-1:2000	DENOMINACIÓN QUIRÓFANO	TIPO DE INTERVENCIÓN
A	Clase I	ISO clase 5	Quirófanos de alta tecnología. Cirugía especial.	Trasplantes de órganos, cirugía cardíaca, cirugía vascular, cirugía ortopédica con implantes, neurocirugía,...
B	Clase I	ISO clase 7	Quirófanos convencionales.	Cirugía convencional y de urgencias. Resto de operaciones quirúrgicas.
C	Clase I	ISO clase 8	Quirófanos de cirugía ambulatoria.	Cirugía ambulatoria. Sala de partos.

Tabla 2. Tipos de quirófanos y clasificación del mismo según normas.

TIPO QUIRÓFANO	CUADAL MÍNIMO DE AIRE DE AIRE IMPULSADO (m ³ /hs)	MOVIMIENTOS/HORA	TEMPERATURA HUMEDAD	PRESIÓN	FILTROS
A	2400 1200 (aire exterior)	Mínimo 30	18°C- 26°C 45-55 % de HR	+ 20 Pa a + 25 Pa	F5/F9/H14
B		Mínimo 20	22°C- 26°C		F5/F9/H13
C	1200 (aire exterior)	Mínimo 15	45-55 % de HR		

Tabla 3. Caudal de ventilación, movimiento hora del aire, temperaturas, presión y filtros.

Category	Explanation
I	High level of expectation and is recommended for spaces occupied by very sensitive and fragile persons with special requirements like handicapped, sick, very young children and elderly persons
II	Normal level of expectation and should be used for new buildings and renovations
III	An acceptable, moderate level of expectation and may be used for existing buildings
IV	Values outside the criteria for the above categories. This category should only be accepted for a limited part of the year

Tabla 4. Descripción de la aplicabilidad de categorías usadas en la norma EN-UNE 15251

Table B.4 - Examples of recommended CO₂ concentrations above outdoor concentration for energy calculations and demand control

Category	Corresponding CO ₂ above outdoors in PPM for energy calculations
I	350
II	500
III	800
IV	< 800

Tabla 5. Recomendaciones de concentraciones de CO₂ por categoría, según norma EN-UNE 15251.

3. Equipos de medición

Los equipos de medición que se utilizaron para la recolección de datos fueron:

- HT-2000: se utiliza para medir la concentración de CO2 en el aire, la temperatura y humedad relativa. El equipo tiene la opción de guardar los datos medidos. Es necesario la instalación de un software en una computadora para ver las mediciones a lo largo del tiempo.
- HOBO MX-2301: es un data logger móvil que registra la temperatura y la humedad tanto en ambientes interiores como exteriores. El equipo se conecta por Bluetooth a los celulares y mediante una app, se puede ver en tiempo real los datos.
- WeSense AIR: es un equipo de monitoreo de calidad del aire interior y exterior. Mide CO2 en el aire, la temperatura y humedad relativa. Mediante una app se puede acceder en tiempo real a los valores medidos y también consultar históricos.
- Anemómetro hilo caliente, YK-2005AH: es una combinación de medidor de filamento caliente y de termistor que entrega una medición rápida y precisa aún a velocidades de aire muy bajas. Tiene una sonda delgada idónea para medición en parrillas y difusores. Con este equipo se puede obtener la medición de la velocidad del aire, flujo volumétrico, temperatura del aire y registrar datos a tiempo real.

Cabe mencionar que los equipos de medición utilizados, excepto el HOBO MX-2301, para su funcionamiento requieren estar conectados a la red eléctrica.

4. Metodología

La metodología utilizada para la obtención de datos de interés en los quirófanos del HIGA San Martín de La Plata, se detallan a continuación.

En una primera instancia se analizan los planos de interés. En este caso el estudio se realiza en el Pabellón Bossio, en donde se encuentran los quirófanos y las Unidades de Tratamiento de Aire (UTA), siendo estos, el cuarto y el tercer piso del pabellón respectivamente (Figura 2).



Figura 2. Ubicación e identificación del Pabellón Bossio (izq.). Identificación de pisos de interés (der.)

Una vez identificado el pabellón y su ubicación geográfica, se analizan los planos del nivel tres y cuatro. Del análisis de los mismos (los planos se adjuntan como anexos), se puede observar que:

- Hay dos bloques de quirófanos bien definidos separados entre sí por un patio interno, el ingreso a quirófano, los vestuarios y oficinas. Un bloque agrupa los quirófanos del 1 al 8, ubicados con orientación noroeste en el pabellón y el otro, los quirófanos del 9 al 14, orientados al sureste.
- Todos los quirófanos son Tipo A, Clase I según norma UNE100713:2005, son quirófanos de alta tecnología y poseen el mismo volumen.
- El hospital cuenta con 4 UTAs: La UTA XX alimenta a los quirófanos del 1 al 4, la XXI del 5 al 8, la XXII del 9 al 11 y la XXIII del 12 al 14.

Con esta información, se seleccionan los quirófanos y puntos externos de medición (Figuras 3 y 4). Para el caso de la elección de los quirófanos a medir se basó en poder evaluar todas las UTAs, orientación de los mismos respecto a la trayectoria solar y la funcionalidad de los mismos (quirófanos de uso programado y quirófanos de guardia). En cuanto a los puntos de medición externos, se seleccionaron los lugares de manera tal que la medición no se distorsione por agentes externos.

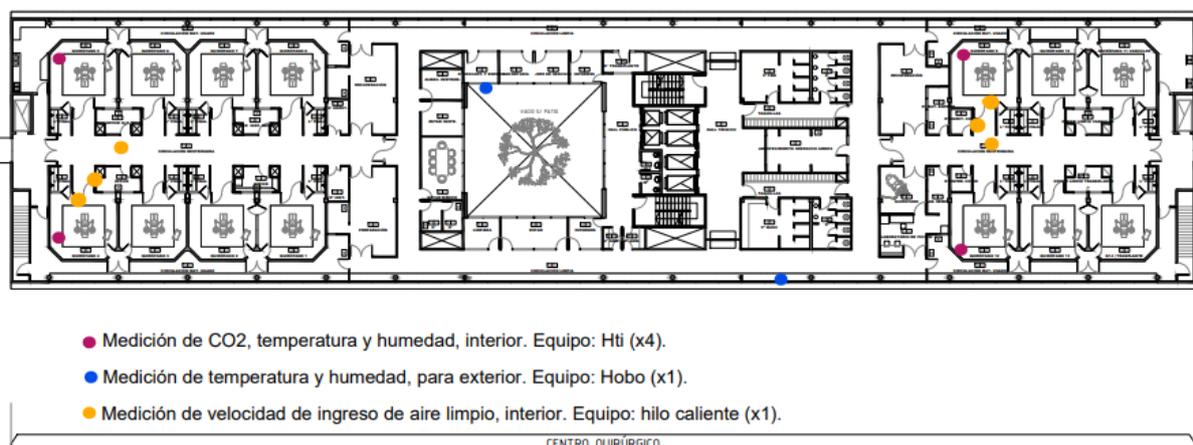


Figura 3. Identificación de los lugares donde instalar los equipos de medición en el piso 4.

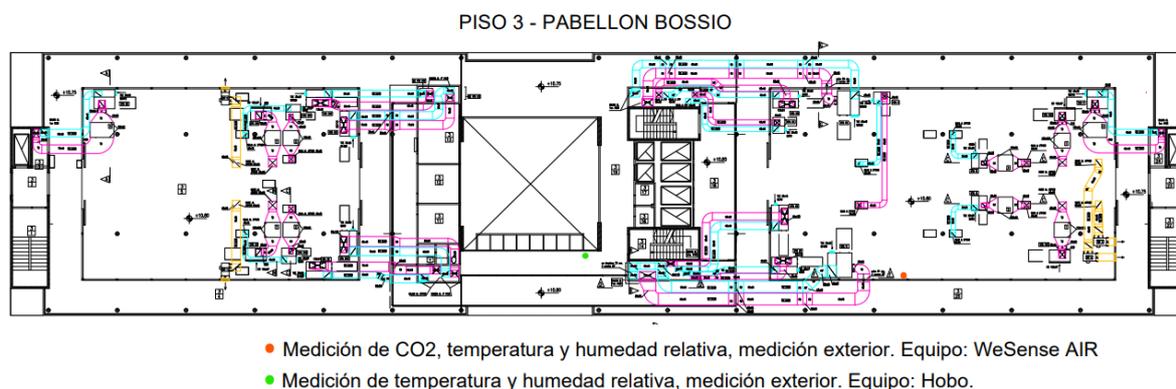


Figura 4. Identificación de los lugares donde instalar los equipos de medición en el piso 3.

Los equipos se instalaron en los lugares indicados en las figuras 3 y 4. El Hobo como los Hti se instalaron y se dejaron midiendo durante tres semanas, mientras que las mediciones con el hilo caliente se realizaron de manera puntual en distintas rejillas de ventilación. Además, se instaló un WeSense en el

tercer piso, en donde las UTAs toman el aire que es filtrado y utilizado para garantizar la renovación de aire en quirófanos, con el fin de poder medir la calidad de aire de ingreso a las UTAs.

Todos los equipos, excepto el Hobo, necesitan electricidad constante para el correcto funcionamiento, debido a esto la ubicación de los equipos se vio limitada a las cercanías de tomas de electricidad. Otro punto a considerar es la importancia de la necesidad del uso de las tomas de corriente para los equipos del quirófano, por lo que la selección de la ubicación de los equipos fue en conjunto con el personal de enfermería del sector quirúrgico para el caso de los Hti, mientras que la ubicación del WeSense se coordinó con el personal de mantenimiento.

Una vez definida la ubicación de cada equipo, se procede a la instalación y se los rotula indicando la importancia de mantener los equipos conectados a corriente. La falta de electricidad, sea por cortes de luz o desconexión del equipo, como así también apagarlo, detiene la grabación de las mediciones por lo que no se podrá realizar el análisis correspondiente.

Los equipos se instalaron en diferentes días. En la tabla 5 se detalla la ubicación, fecha y equipo.

EQUIPO	UBICACIÓN	FECHA DE INSTALACIÓN
Hti	Quirófano 4	14 de marzo 2023
Hti	Quirófano 5	14 de marzo 2023
Hti	Quirófano 9	14 de marzo 2023
Hti	Quirófano 12	14 de marzo 2023
Hobo	Pasillo exterior piso 3	14 de marzo 2023
WeSense	Sala de máquinas piso 3	21 de marzo 2023

Tabla 5. Ubicación y fecha de instalación de los equipos.

Para el caso de las mediciones realizadas con el anemómetro se seleccionaron las rejillas dentro de los quirófanos y en pasillos de circulación. En los quirófanos se midieron la rejilla de alimentación de aire al interior del quirófano sobre la puerta de ingreso, la rejilla de alimentación que se encuentra en el pasillo de ingreso al quirófano y una rejilla de extracción de aire sucio del quirófano. Mientras que en el pasillo se seleccionó una rejilla de ingreso de aire limpio y otra de extracción de aire sucio. La figura 5 y la tabla 6 muestran, el tamaño, la función y la ubicación de las rejillas de ventilación/extracción que se midieron en uno de los quirófanos seleccionados.

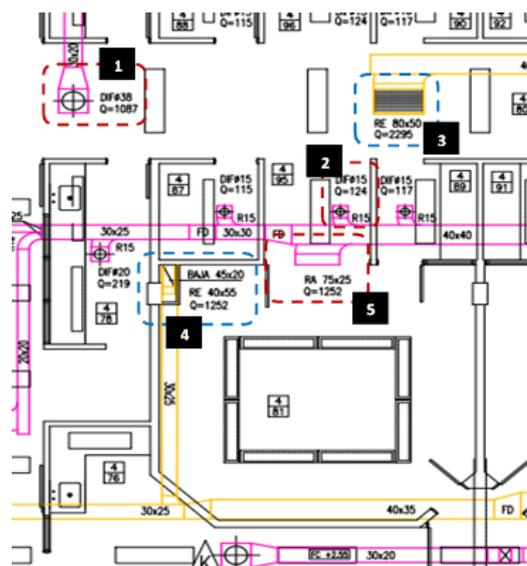


Figura 5. Identificación de rejillas de ventilación.

REJILLA	UBICACIÓN	FUNCIÓN	TAMAÑO
1	Pasillo de circulación	Ingreso de aire limpio	45 cm diámetro
2	Pasillo de ingreso a quirófano	Ingreso de aire limpio	15 cm diámetro
3	Pasillo de circulación	Extracción de aire sucio	80 x 50 cm
4	Interior de quirófano	Extracción de aire sucio	40 x 55 cm
5	Interior de quirófano	Ingreso de aire limpio	70 x 25 cm

Tabla 6. Caracterización de rejillas de ventilación y extracción de aire.

Otro punto a considerar para poder evaluar la calidad de aire es la ocupación por quirófano en el tiempo. Para ello se solicita la información al personal del hospital respecto a la cantidad de personas y horario de operación para cada uno de los quirófanos.

5. Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cuanto a Temperatura, Humedad Relativa; Calidad del Aire en relación a la ocupación de cada uno de los quirófanos y Renovaciones por hora según flujo de aire de ingreso. Cabe aclarar que en el caso de los equipos Hti-2000 que se instalaron en los quirófanos se desenchufaron o apagaron, por lo que la cantidad de datos varía según quirófano por este motivo.

5.1. Temperatura y Humedad Relativa

Una vez obtenidos los resultados de medición de Temperatura y Humedad Relativa se puede observar en el gráfico 1 que, durante los primeros días de medición, los valores de temperatura externa fueron altos, debido a la ola de calor que se produjo en Bs As durante los días 8 al 19 de marzo del corriente año. Bajo estas condiciones externas, la temperatura dentro de los quirófanos supera la temperatura máxima permitida por norma (ASHRAE), mientras que los días posteriores a la ola de calor, los valores de temperatura tienden a estar dentro del rango de temperatura de quirófano establecido por norma.

Los gráficos siguientes, del gráfico 2 al 5, muestran que el bloque que está orientado al Norte es el bloque con mayor temperatura interna, aproximadamente $1,5 \pm 0,5$ °C respecto al bloque Sur. El

bloque Norte está compuesto por los quirófanos del 1 al 8 mientras que el bloque Sur, por los quirófanos del 9 al 12. También puede observarse que el quirófano con menor temperatura es el 12, que según su orientación es el que menos horas sol directo recibe, mientras que los quirófanos 4 y 5 son los quirófanos con mayor temperatura por recibir mayor cantidad de horas sol de forma directa.

Como se observa en el gráfico 6, el porcentaje de humedad relativa dentro de quirófanos permanece en gran proporción sobre el límite superior o superándolo.

Comparativa de temperatura:

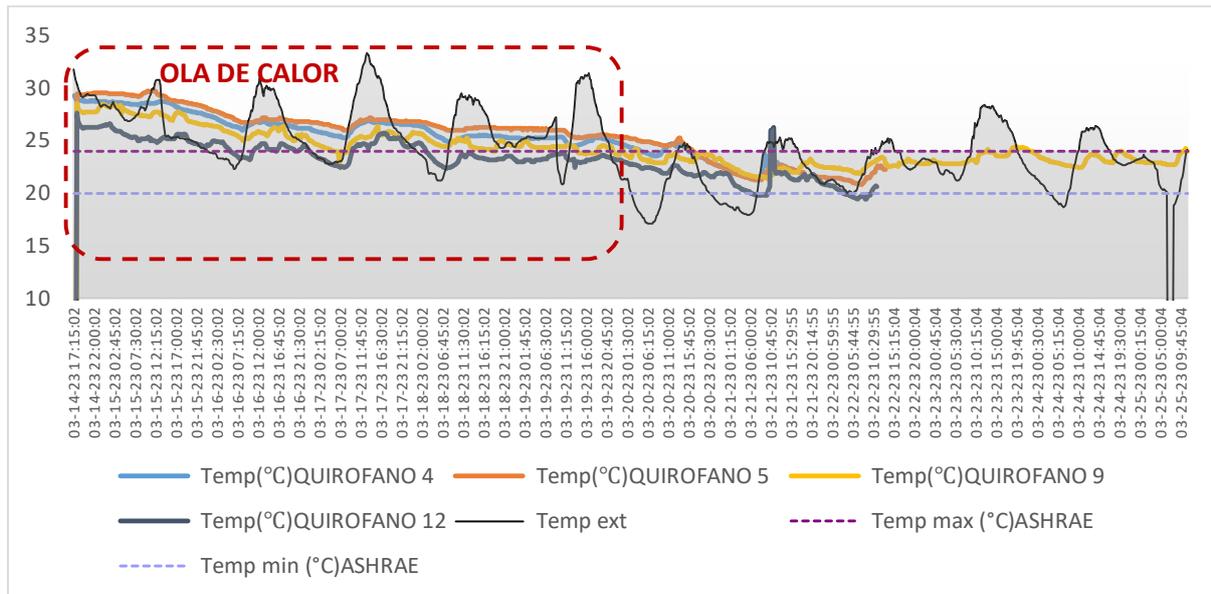


Gráfico 1. Gráfico de temperatura interna en quirófanos y temperatura externa.

Comparativa de temperatura interior de los quirófanos por bloque y por orientación:

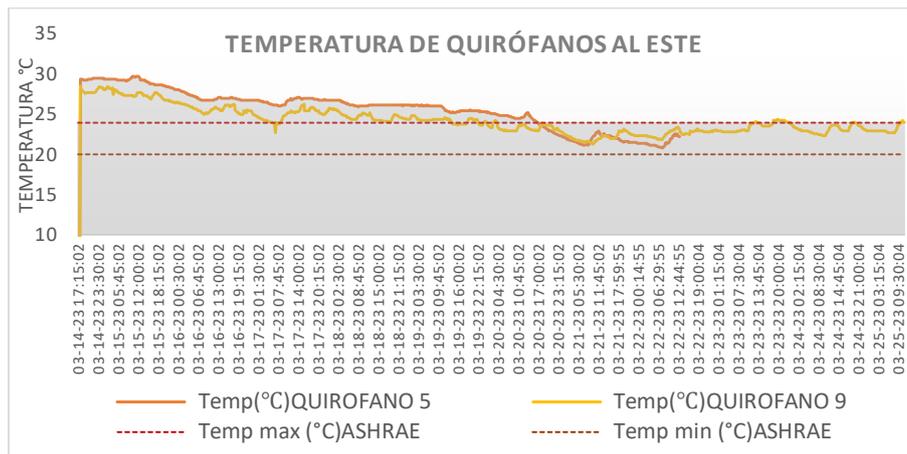


Gráfico 2. Temperatura interior de quirófanos orientados al Este.

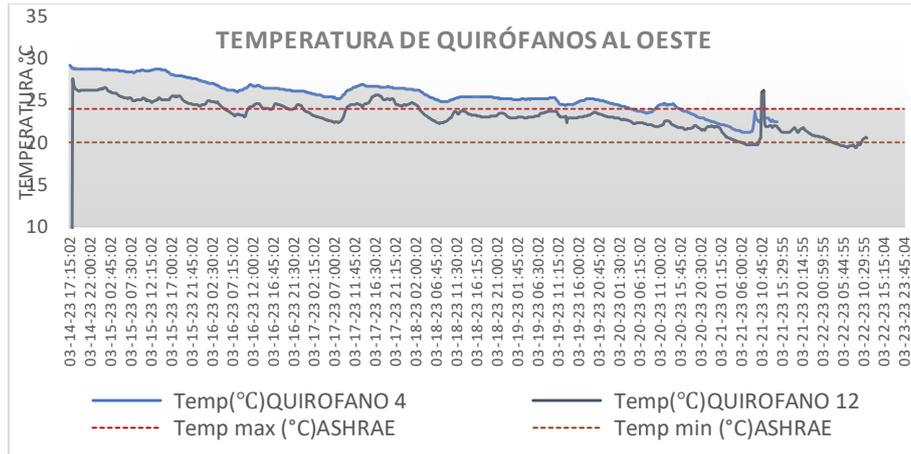


Gráfico 3. Temperatura interna de quirófanos orientados al Oeste.

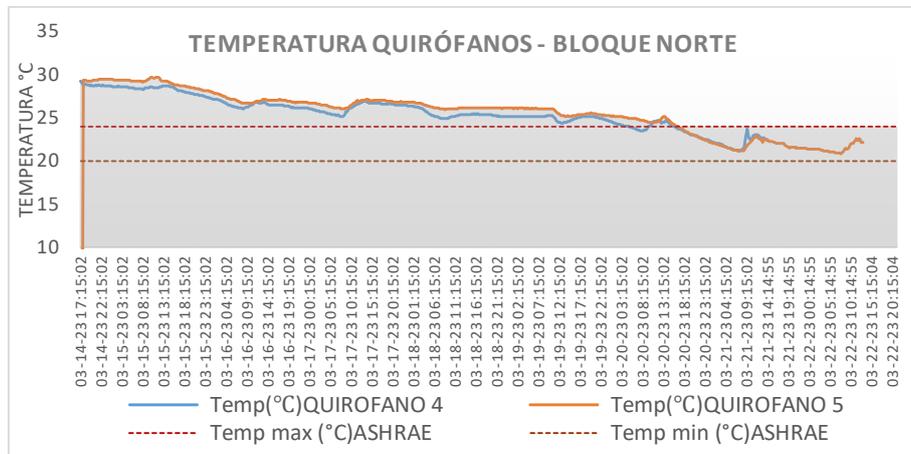


Gráfico 4. Temperatura interna de quirófanos del bloque orientado al Norte

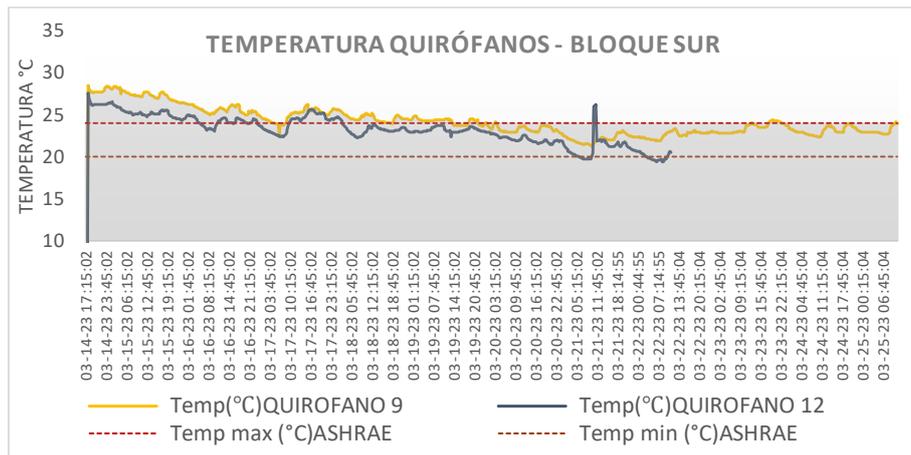


Gráfico 5. Temperatura interna de quirófanos del bloque orientado al sur.

Comparativa de humedad:

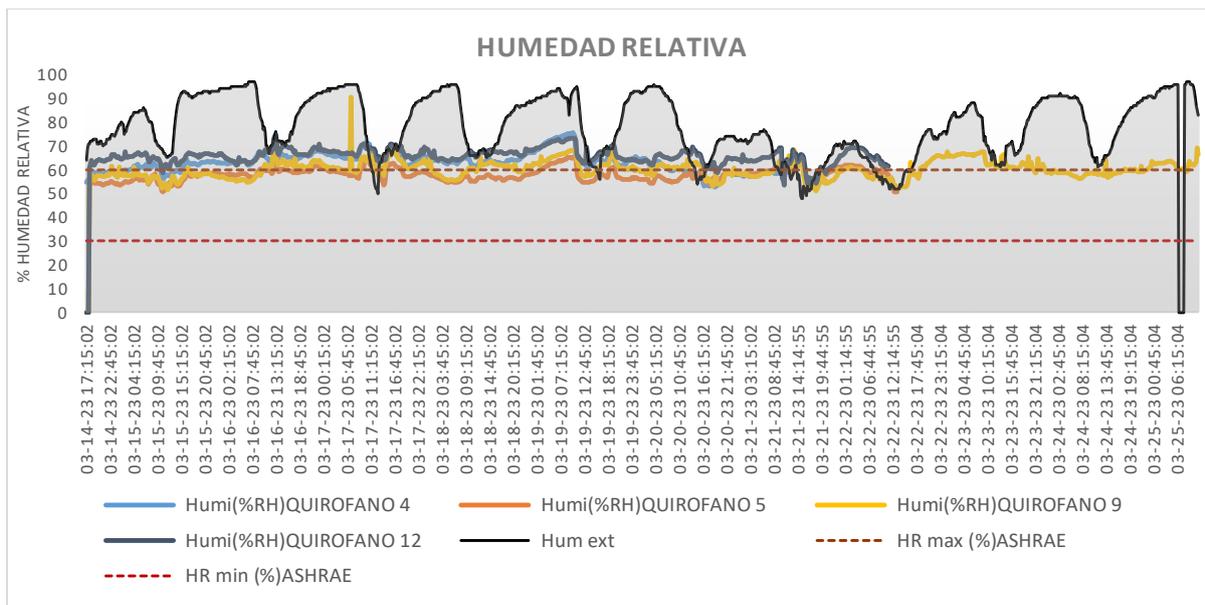


Gráfico 6. Humedad relativa en el exterior y en el interior de quirófanos.

5.2. Calidad de aire (concentración de CO₂) vs ocupación

Una vez obtenidos los valores de Temperatura y Humedad Relativa resulta importante analizar la calidad de aire en función de la ocupación de cada uno de los quirófanos. Los resultados de las mediciones muestran la variación de la concentración de CO₂ en el aire en el interior de los quirófanos durante el tiempo de análisis (ver gráfico 7). Puede observarse un comportamiento similar entre pares de quirófanos: el 4 y 5 con un perfil más aplanado mientras que en el 9 y el 12 el perfil tiene muchos picos. Cabe mencionar que este comportamiento se debe a la actividad diferente de los mismos ya que los quirófanos 9 y 12 son los quirófanos de guardia, por lo que se realizan operaciones durante la mayor parte del día.

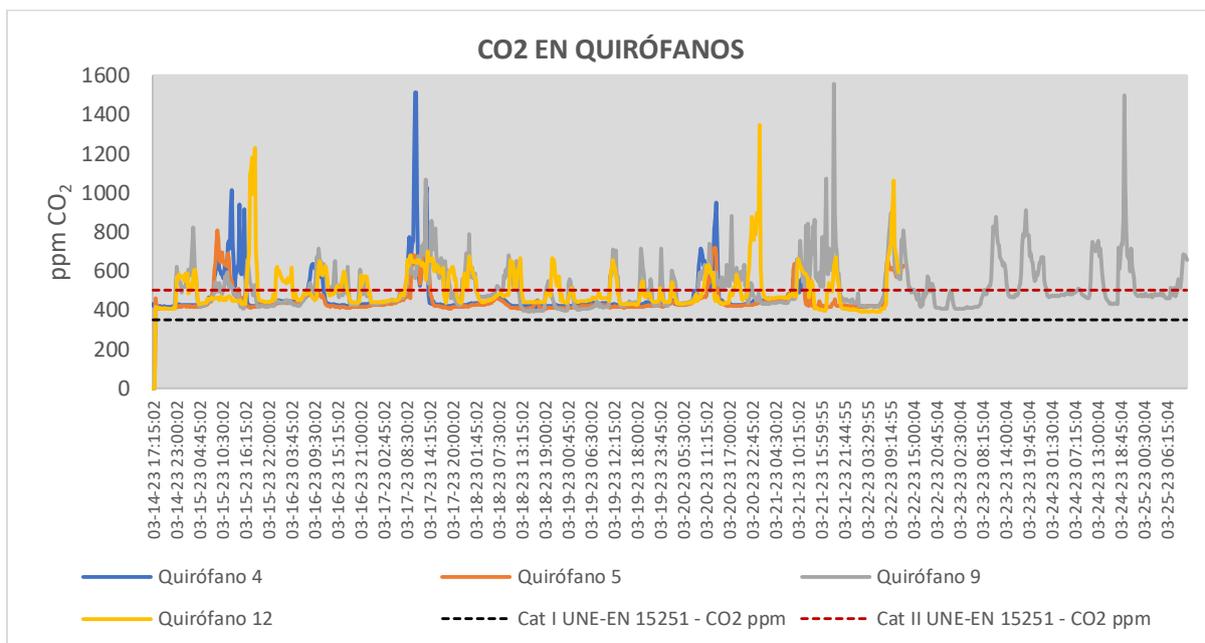


Gráfico 7. Concentración de dióxido de carbono en quirófanos.

En los siguientes gráficos se puede observar la correlación que existe entre el aumento de concentración de CO₂ en el aire interno de los quirófanos y la cantidad de personas presentes en el mismo¹.

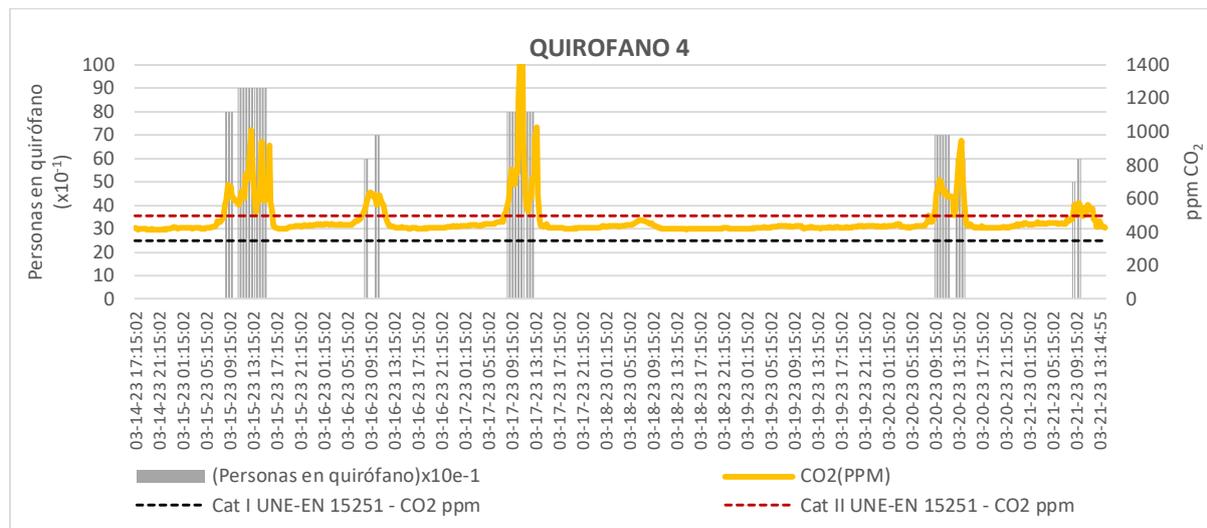


Gráfico 8. Concentración de dióxido de carbono en quirófano 4 vs personas en el quirófano.

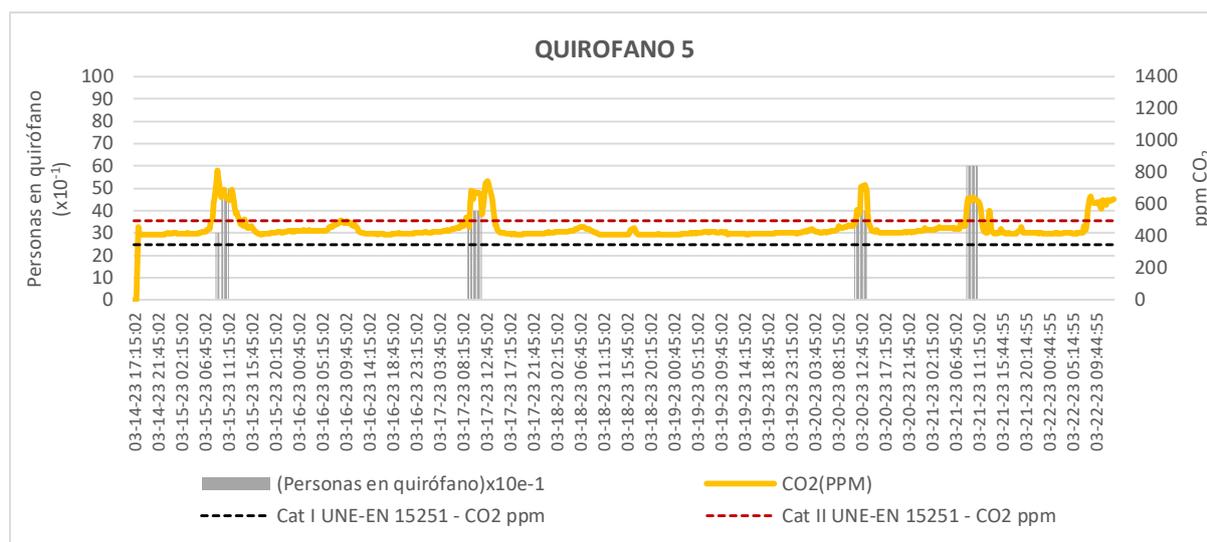


Gráfico 9. Concentración de dióxido de carbono en quirófano 5 vs personas en el quirófano.

¹ Es importante prestar atención en las unidades del eje vertical primario (eje de la izquierda), eje referido a cantidad de personas en quirófano, ya que el mismo se encuentra multiplicado por una constante (10-1). Un ejemplo de la lectura: si el valor del eje vertical primario es igual a 90, esto equivale a que hay 9 personas en el quirófano.

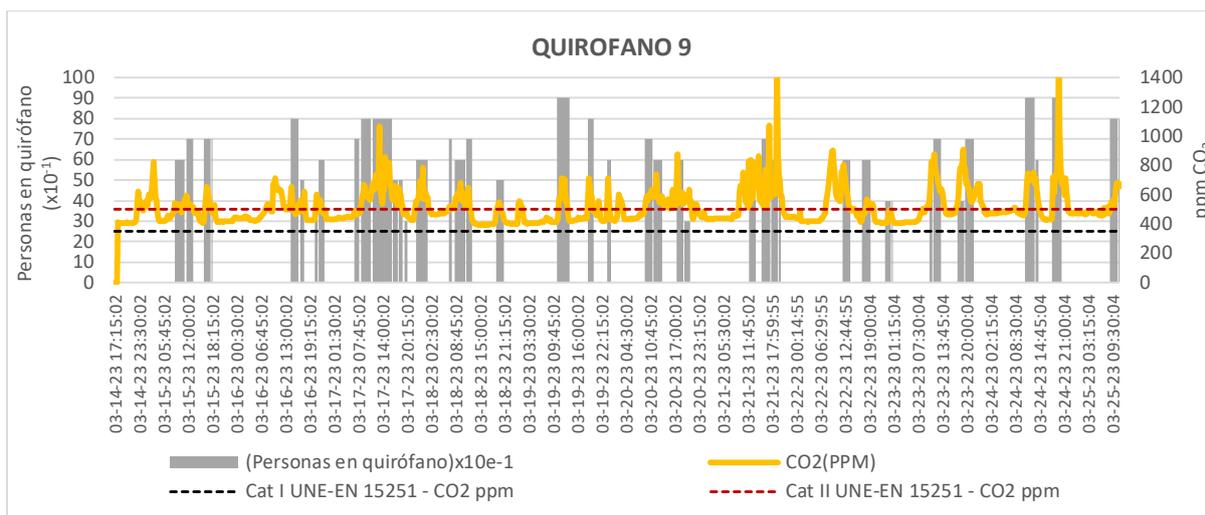


Gráfico 10. Concentración de dióxido de carbono en quirófano 9 vs personas en el quirófano.

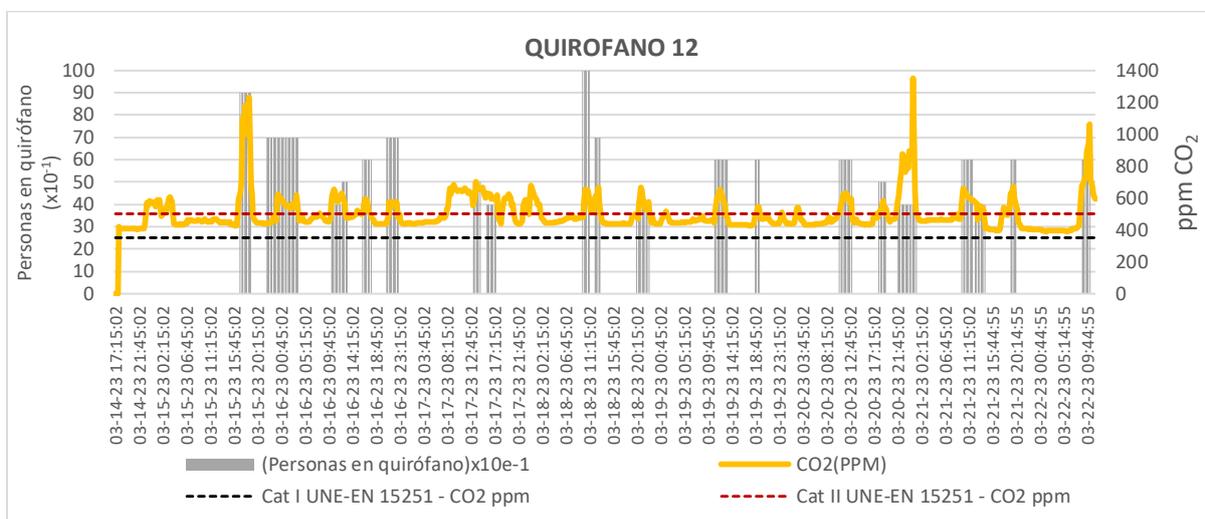


Gráfico 11. Concentración de dióxido de carbono en quirófano 12 vs personas en el quirófano.

Nuevamente los gráficos 8, 9 10 y 11 muestran una clara correlación entre el aumento de concentración de CO₂ en el aire y la presencia de personas en el interior de los quirófanos. Sin embargo también puede observarse la existencia de aumento de la concentración de CO₂ en el aire sin presencia de personas operando como así también diferentes velocidades de disminución de la concentración de CO₂ cuando el quirófano se encuentra sin actividad. Esto puede estar relacionado con la falta de renovaciones por hora necesarias.

Como se mencionó en la metodología, las condiciones del aire de ingreso a las UTAs, ubicadas en el tercer piso, se midieron durante un intervalo de tiempo menor. En los gráficos 12, 13 y 14 puede observarse los valores medidos de la temperatura, la humedad relativa y la concentración de CO₂ del aire externo como así también el valor máximo y mínimo medido.

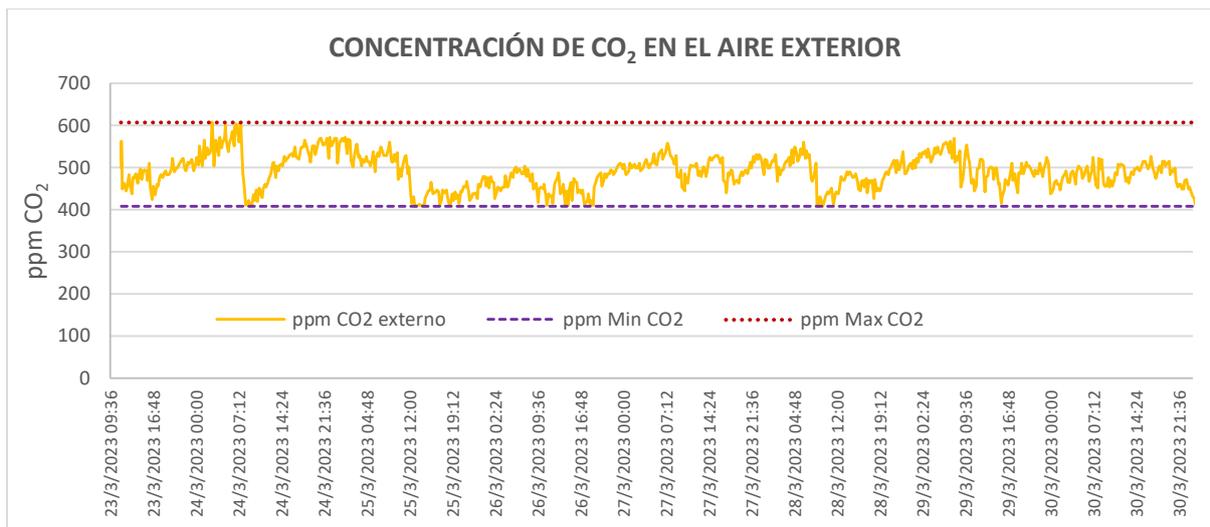


Gráfico 12. Concentración de dióxido de carbono en el exterior.

Del gráfico 12 puede observarse que la toma de aire de las UTAs tiene concentraciones altas de CO₂.

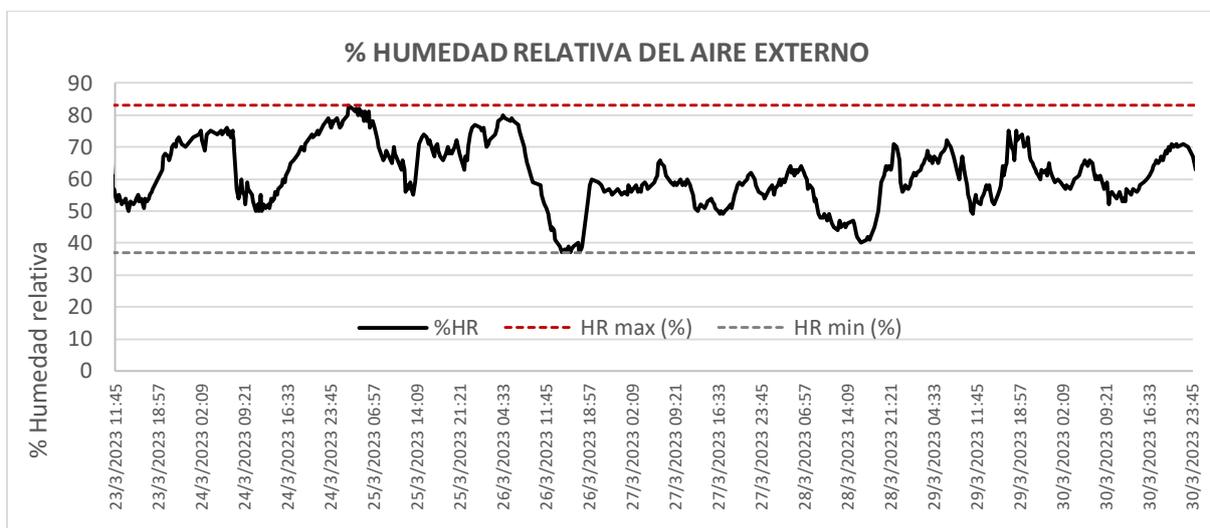


Gráfico 13. Humedad relativa del aire externo.

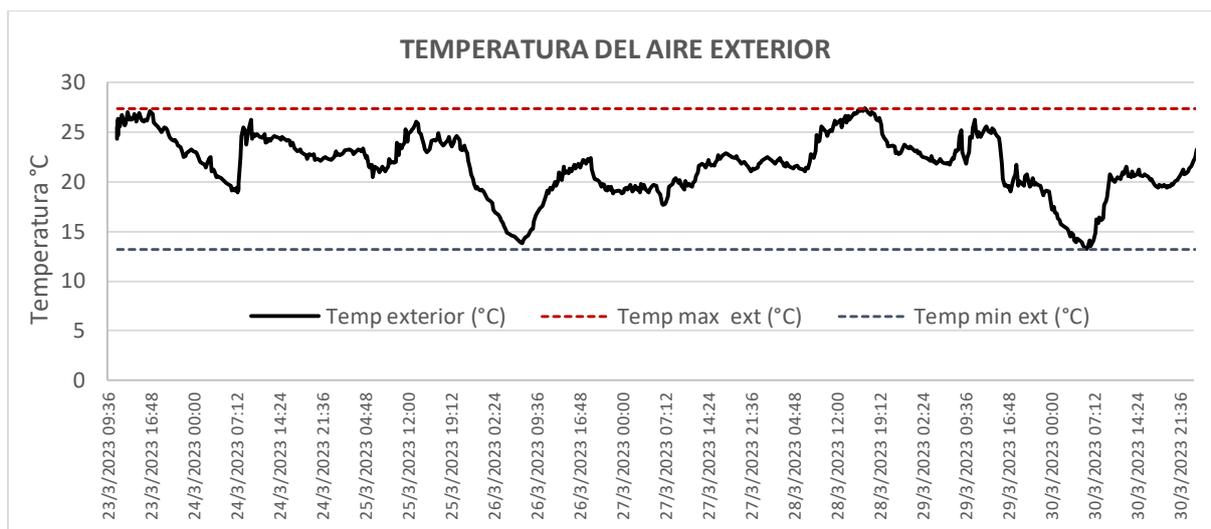


Gráfico 14. Temperatura del aire exterior.

En los gráficos 13 y 14 puede observarse la condición del aire de ingreso y la amplitud entre los datos medidos.

5.3. Renovaciones por hora según flujo de aire de ingreso:

Como se detalló en la metodología, la medición fue puntual en algunas de las rejillas de ingreso de aire limpio y extracción de aire sucio tanto en el quirófano, como en su ingreso y pasillo de circulación. A continuación, se expresan las medidas obtenidas en las tablas y los puntos donde se midieron se detallan en las imágenes.

QUIRÓFANO: 9 REJILLA: 5 FUNCIÓN: ALIMENTACIÓN DE AIRE LIMPIO AL INTERIOR DEL QUIRÓFANO				
Puntos	Air velocity (m/s)	Air temperature (°C)	Air flow (m3/hs)	Ren/hs
1	2.3	17.8	200.8	2.7
2	2.7	17.9	196.8	2.6
3	2.6	18.0	289.0	3.9
4	2.9	17.8	290.6	3.9
5	3.3	17.6	389.1	5.2
6	2.1	18.0	237.6	3.2
7	2.1	18.0	197.8	2.6
8	2.5	17.9	260.0	3.5
9	2.5	17.5	260.0	3.5
10	3.8	17.5	358.9	4.8

Tabla 9. Resultados de mediciones con el anemómetro, rejilla que alimenta aire limpio al interior del quirófano 9.

QUIRÓFANO: 9 REJILLA: 5 FUNCIÓN: ALIMENTACIÓN DE AIRE LIMPIO AL INTERIOR DEL QUIRÓFANO				
--	--	--	--	--

Puntos	Air velocity (m/s)	Air temperature (°C)	Air flow (m3/hs)	Ren/hs
1	4.0	21.5	413.9	5.5
2	3.2	20.2	330.3	4.4
3	2.4	19.9	223.3	3.0
4	2.1	19.8	228.4	3.0
5	2.3	19.8	233.5	3.1
6	3.7	20.5	413.9	5.5
7	2.8	20.0	315.0	4.2
8	2.7	19.8	286.5	3.8
9	2.0	19.8	232.5	3.1
10	2.0	19.8	230.4	3.1

Tabla 2. Resultados de mediciones con el anemómetro, rejilla que alimenta aire limpio al interior del quirófano 4.

QUIRÓFANO: 9 REJILLA: 2 FUNCIÓN: ALIMENTACIÓN DE AIRE LIMPIO A PASILLO DE INGRESO AL QUIRÓFANO				
Puntos	Air velocity (m/s)	Air temperature (°C)	Air flow (m3/hs)	Ren/hs
1	0.3	17.9	41.8	0.5
2	0.2	18.6	24.5	0.3

Tabla 3. Resultados de mediciones con el anemómetro, rejilla que alimenta aire limpio al pasillo de ingreso del quirófano 9.

QUIRÓFANO: 4 REJILLA: 2 FUNCIÓN: ALIMENTACIÓN DE AIRE LIMPIO A PASILLO DE INGRESO AL QUIRÓFANO				
Puntos	Air velocity (m/s)	Air temperature (°C)	Air flow (m3/hs)	Ren/hs
1	0.6	19.9	73.4	1.0
2	0.9	20.2	88.7	1.2

Tabla 4. Resultados de mediciones con el anemómetro, rejilla que alimenta aire limpio al pasillo de ingreso del quirófano 4.

QUIRÓFANO: 9 REJILLA: 1 FUNCIÓN: ALIMENTACIÓN DE AIRE LIMPIO A PASILLO DE CIRCULACIÓN ENTRE QUIRÓFANOS					
Puntos	Air velocity (m/s)	Air temperature (°C)	Air flow (m3/min)	Air flow (m3/hs)	Ren/hs
1	1.8	18.9	128.4	218.2	2.9
2	3.6	19.2	239.4	406.8	5.4
3	1.3	18.3	90.6	154.0	2.1
4	3.0	18.3	194	329.7	4.4
5	0.8	19.2	88.2	149.9	2.0

6	0.6	18.4	33.6	57.1	0.8
7	0.7	18.4	46.8	79.5	1.1
8	3.2	18.2	150	254.9	3.4

Tabla 5. Resultados de mediciones con el anemómetro, rejilla que alimenta aire limpio al pasillo de circulación entre quirófanos, bloque del quirófano 9.

QUIRÓFANO: 12 REJILLA: 4 FUNCIÓN: EXTRACCIÓN DE AIRE SUCIO DEL INTERIOR DEL QUIRÓFANOS					
Puntos	Air velocity (m/s)	Air temperature (°C)	Air flow (m3/min)	Air flow (m3/hs)	Ren/hs
1	0.2	20.2	18.6	31.6	0.4
2	0.2	20.1	18.4	31.3	0.4
3	0.1	20.5	18.5	31.4	0.4
4	0.3	20.3	17.7	30.1	0.4
5	0.2	20.5	17.6	29.9	0.4
6	0.1	21.0	17.1	29.1	0.4

Tabla 6. Resultados de mediciones con el anemómetro, rejilla de extracción de aire sucio del interior del quirófano 12.

QUIRÓFANO: 12 REJILLA: 3 FUNCIÓN: EXTRACCIÓN DE AIRE SUCIO DEL PASILLO DE CIRCULACIÓN ENTRE QUIRÓFANOS					
Puntos	Air velocity (m/s)	Air temperature (°C)	Air flow (m3/min)	Air flow (m3/hs)	Ren/hs
1	1.8	21.2	123.0	209.0	2.8
2	2.6	22.0	167.4	284.5	3.8
3	1.7	22.2	115.2	195.8	2.6
4	3.0	21.6	192.6	327.3	4.4
5	2.4	22.1	157.2	267.1	3.6
6	2.4	22.3	159.0	270.2	3.6
7	1.8	21.9	180.6	306.9	4.1
8	1.0	22.1	138.6	235.5	3.1
9	1.4	22.2	169.0	287.2	3.8

Tabla 7. Resultados de mediciones con el anemómetro, rejilla de extracción de aire sucio del pasillo de circulación entre quirófanos, bloque del quirófano 12.

Como se observan en todas las tablas los resultados están muy por debajo respecto a la norma, que establece 30 renovaciones por hora en el caso de quirófanos de la complejidad del HIGA San Martín.

6. Comentarios finales

En función de los resultados obtenidos a partir de las mediciones realizadas en los quirófanos del HIGA San Martín de La Plata, se puede concluir que:

De la totalidad de los datos obtenidos de temperatura y de humedad, más del 60% de los valores se encuentran fuera de norma de ASHRAE, superando en todos los casos el límite superior establecido. En la tabla 6 se detalla el porcentaje de valores fuera de la norma.

QUIRÓFANOS	% TEMP > 24°C	% HR > 60%
Q4	82.8	74.1
Q5	76.0	20.3
Q9	46.8	50.2
Q12	34.8	96.5

Tabla 7. Porcentaje de valores de temperatura y humedad relativa fuera de norma.

Para el caso de la calidad de aire, medido en relación a la concentración de CO₂, en la categoría I según la norma UNE-EN 15251, el 100% de los datos superan el límite de concentración establecido. Si nos situamos en la categoría II, más del 80% de las mediciones están fuera de norma cuando los quirófanos están en uso. En la siguiente tabla, se expresa el porcentaje de valores fuera de la norma en las distintas categorías y situaciones:

	Q4	Q5	Q9	Q12
% ppm CO ₂ > 350 (cat I)	100.0	100.0	100.0	100.0
% ppm CO ₂ > 500 (cat II)	15.9	11.6	40.8	32.6
% ppm CO ₂ > 500 (cat II) con personas	100.0	92.3	84.4	86.8
% ppm CO ₂ > 500 (cat II) sin personas	5.3	7.1	23.3	15.9

Tabla 8. Porcentaje de valores de concentración de CO₂ fuera de norma.

Mientras que, para el caso de las renovaciones de aire, el 100% de los resultados obtenidos están fuera de la norma de UNE-EN 15251.

6. Bibliografía

AENOR (2008). Parámetros del ambiente interior a considerar para el diseño y la evaluación de la eficiencia energética de edificios incluyendo la calidad del aire interior, condiciones térmicas, iluminación y ruido. UNE-EN 15251:2008. Madrid: AENOR.

AENOR (2005). Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales. UNE-EN 100713:2005. Madrid: AENOR.

ASHRAE (2013). HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics, 2nd edition.

ASHRAE (2008). Standard 170-2021 -- Ventilation of Health Care Facilities. (ANSI Approved).

ASHRAE (2022). Standard 62.1-2022 -- Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality. (ANSI Approved).

ASHRAE (2017). Standard 52.2-2017 -- Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for Removal Efficiency by Particle Size (ANSI Approved).

ASHRAE (2021). Standard 55-2020 -- Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. (ANSI Approved).

ASHRAE (2017). Standard 90.1-2016 -- Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings (ANSI Approved; IES Co-sponsored).

López, C. (2011). El camino hacia las primeras recomendaciones de instalaciones termomecánicas en hospitales. *22 Congreso Latinoamericano de Arquitectura e Ingeniería Hospitalaria*, 84–87. <https://aadaih.org.ar/get/ANUARIOS/ANUARIO AADAIH 2011.pdf>

Servicio Meteorológico Nacional (2023). Informe Especial N°10 por Ola de Calor / Altas Temperaturas Temporada 2022-2023.

Ministerio de la Presidencia, BOE (2007). Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Referencia: BOE-A-2007-15820.