



**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE
INTERIOR EN FUNCIÓN DE LA
TIPOLOGIA DE VENTILACIÓN.**

**APLICACIÓN AL PROTOTIPO E³
(Edificación Eco Eficiente) DE LA UPV**

TRABAJO FINAL DE MASTER

Autora: Eva Sáez Cifre

Directora: Ana Isabel Jiménez Belenguer

Director: Ignacio Guillén Guillamón



Valencia, Junio 2017

AGRADECIMIENTOS

No quisiera comenzar este proyecto sin antes nombrar a todas las personas que me han ayudado.

En primer lugar a mi padre, a mi madre y a mi hermano, pilares fundamentales en mi vida, que sin su apoyo nada sería lo mismo.

A mis amigas de siempre que han puesto el toque de humor en estos meses y han estado cuando las he necesitado.

A mis amigos de la universidad que me han brindado toda la ayuda posible.

A todos los profesores del Máster de Prevención de Riesgos Laborales, quienes me han ayudado en cuanto les he pedido, y que han marcado muchos puntos importantes de este proyecto, además de despejar dudas que muchas veces me bloqueaban. Si no hubiera sido por ellos este proyecto, hoy no estaría completo. De modo que les agradezco enormemente cada segundo que han apartado de su tiempo libre para dedicárselo a este proyecto.

Por último y no por ello menos importante, mis tutores. Decir que haber trabajado bajo la orientación, asesoramiento y seguimiento de Ana Jiménez e Ignacio Guillén ha sido un placer. Ellos que desde su enorme experiencia me han aportado las claves para solucionar todos los problemas que me han surgido.

¡Gracias a Todos!

PRESENTACIÓN

El presente Trabajo Final de Máster se divide en dos partes:

La primera parte, correspondiente con los tres primeros capítulos, muestra el contexto actual, tanto teórico como normativo, de la calidad del aire interior y de la modalidad de trabajo a distancia (teletrabajo). En estos capítulos se expone el contexto teórico y el análisis normativo de ambos temas.

El primer y segundo capítulo abarca la introducción general y el contexto de la calidad del aire interior. Se ha recopilado información acerca de los tres agentes que intervienen en la calidad del aire interior: agentes biológicos, químicos y físicos. Así mismo, la relación de cada agente con los efectos en la salud. En cuanto al marco normativo que envuelve la calidad del aire en España, se comprueba que existe muy poca normativa que exponga algún valor de referencia de concentración de partículas o agentes biológicos (Viabes, Mohos y Levaduras). No obstante, se realiza un análisis de la reglamentación y guías existentes con la finalidad de encontrar alguna referencia con las que comparar los datos que se obtengan en nuestro estudio.

En la segunda parte, se lleva a cabo un proceso práctico en el que se aplica el análisis teórico y normativo de la primera parte. Mediante este análisis, se elabora una metodología que permite obtener datos de concentración de Viabes, Mohos y Levaduras y Partículas en el interior de un edificio ubicado en la Universidad Politécnica de Valencia en función de la tipología de ventilación. A este edificio se le confiere un uso administrativo y residencial, de forma que durante el proceso de toma de muestras hay una persona residiendo y trabajo en el interior.

Esta segunda parte se compone de cinco capítulos, comenzando en el cuarto capítulo en el que se da una explicación general de la tipología edificatoria del edificio donde se va a desarrollar los principales objetivos de este trabajo.

En el quinto capítulo se expone la metodología empleada. Se redactan los factores que han intervenido y la manera de llevar a cabo la medición de las concentraciones, así como su análisis.

Los tres últimos capítulos abarcan la discusión general, conclusiones y líneas futuras de trabajo. Se discute de forma general los resultados obtenidos, con las conclusiones más relevantes obtenidas de este trabajo, seguidas de unas recomendaciones de líneas de investigación futuras.

OBJETIVOS

En este estudio se abordan aspectos relacionados con la concentración de microorganismos y partículas suspendidas en el aire interior de oficinas.

Se pretende identificar la óptima tipología de ventilación para disminuir la presencia de microorganismos y partículas en el aire interior. Y así mismo, disminuir los efectos negativos en la salud según los estándares internacionales de calidad de aire interior.

Para ello, a continuación, se enumeran los objetivos:

- Revisar bibliografía y normativa, en cuanto a calidad de aire interior y teletrabajo.
- Establecer una metodología para llevar a cabo las mediciones higiénicas
- Realizar mediciones higiénicas de agentes biológicos y partículas en función de las tipologías de ventilación, como son:
 - Ventilación forzada
 - Ventilación natural
 - Sin ventilación
- Conocer los efectos en la salud de la calidad de aire.
- Evaluar la calidad de aire interior en función de los siguientes parámetros:
 - Temperatura
 - Humedad relativa
 - Agentes biológicos
 - Cantidad de partículas
 - Régimen de vientos
- Relacionar la concentración de partículas y microorganismos con las distintas tipologías de ventilación
- Determinar mediante el análisis de los resultados que tipología de ventilación favorece la calidad de aire interior.

0. ÍNDICE

ÍNDICE DE CONTENIDO.....1

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....6

ÍNDICE DE FIGURAS.....7

ÍNDICE DE TABLAS.....8

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I. MARCO TEÓRICO: CALIDAD DEL AIRE	11
1. Antecedentes	13
2. Calidad del Aire Interior	15
2.1. Agentes biológicos	16
2.1.1. Tipo de microorganismos y Medio de transmisión de microorganismos	16
2.1.2. Permanencia	17
2.1.3. Supervivencia	18
2.1.4. Vías de exposición	19
2.2. Agentes químicos	20
2.2.1. Comportamiento de las partículas.	20
2.3. Agentes Físicos	21
2.3.1. Condiciones Termo higrométricas	21
2.3.2. Iluminación	21
2.3.3. Ruido	22
2.3.4. Vibraciones	22
3. Efecto en la salud de los contaminantes	23
3.1. Agentes biológicos.	23
3.2. Agentes químicos	26
3.2.1. Efectos de las partículas en el ser humano según se tamaño	28
4. Efectos de la contaminación atmosférica	29

4.1.	Principales fuentes de contaminación	32
5.	Percepción de la calidad del aire	34
5.1.	Efectos en la salud	34
5.2.	Evaluación del olor	34
6.	Edificio enfermo	35
6.1.	Factores que influyen	35
6.1.1.	Contaminantes volátiles del aire interior del edificio	36
6.1.2.	Sistema de ventilación del edificio	36
6.1.3.	Factores relacionados con la organización del trabajo	37
6.1.4.	Factores dependientes del huésped	37
6.2.	Consecuencias a la salud	37
6.3.	Factores de riesgo para desarrollar síndrome del edificio enfermo	38
6.3.1.	Relacionados con el edificio:	38
6.3.2.	Relacionados con el ambiente interior:	38
6.3.3.	Relacionados con el individuo:	38
6.4.	Prevención de SEE	39
CAPITULO II. MARCO NORMATIVO: CALIDAD DEL AIRE		41
7.	Normas de calidad del aire exterior	43
7.1.	Normativa para los diferentes contaminantes del ambiente interior.	43
7.2.	Normas y directrices existentes	45
7.3.	La legislación referente al control de calidad del aire.	45
7.3.1.	UNE-EN ISO 7730	46
7.3.2.	Relativa a la Ventilación	47
7.3.3.	CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN. CTE	47
7.4.	Estándares y guías de calidad del aire en ambientes interiores. IEQ.	47
7.4.1.	CEN CR 1752	48
7.4.2.	ASHRAE	48
7.5.	SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO	49
7.5.1.	Notas Técnicas de Prevención (NTP)	50
7.5.2.	Guías Técnicas	53
7.5.3.	Normativa de obligado cumplimiento	53
7.6.	Contaminantes biológicos	53
7.7.	Contaminantes químicos	55
CAPITULO III. MARCO TEÓRICO Y NORMATIVO: TELETRABAJO		57
8.	Antecedentes	59
9.	Definición	60
10.	Características de un teletrabajador	61

11.	<i>Ventajas e inconvenientes del teletrabajo</i>	62
11.1.	El trabajador	62
11.1.1.	Ventajas:	62
11.1.2.	Desventajas	62
11.2.	La empresa	63
11.2.1.	Ventajas	63
11.2.2.	Inconvenientes	63
11.3.	La sociedad	64
11.3.1.	Ventajas para la sociedad	64
11.3.2.	Inconvenientes para la sociedad	64
12.	<i>Situación actual del Teletrabajo</i>	65
12.1.	Teletrabajo en Europa	65
12.2.	Teletrabajo en España	66
13.	<i>Evaluación de riesgos</i>	67
14.	<i>Marco Normativo</i>	68
CAPITULO IV. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN ECO EFICIENTE (E³)		71
15.	<i>Antecedentes</i>	73
16.	<i>Descripción de los revestimientos interiores</i>	74
16.1.	Elementos constructivos	74
16.2.	Mobiliario	75
17.	<i>Ventilación interior</i>	75
17.1.	Renovación del volumen de aire interior.	75
17.2.	Ventilación forzada	78
CAPITULO V. MATERIAL Y MÉTODOS		79
18.	<i>TOMA DE MUESTRAS MICROORGANISMOS:</i>	81
18.1.	Equipo de medición	81
18.2.	Preparación medio de cultivo	81
18.3.	Toma de muestras/trabajo de campo	84
18.3.1.	Puntos de toma de muestras:	85
18.4.	Incubación	88
18.5.	Enumeración de los microorganismos	89
18.6.	Eliminación de los medios de cultivo analizados	90
19.	<i>TOMA DE MUESTRAS: PARTÍCULAS</i>	90
19.1.	Equipo empleado	90

19.2.	Factores que afectan a la eficiencia de la toma de muestras	91
19.3.	CONDICIONES PARTICULARES DE LA TOMA DE MUESTRAS	91
19.4.	Planificación de la toma de muestras y lecturas. Fase inicial	96
20.	Metodología empleada	96
20.1.	Tipo de muestreo	97
20.2.	Tamaño de muestreo	97
20.3.	Puntos de muestreo	98
20.3.1.	Zona de trabajo, puntos: 1,2,3,4,5	98
	Ilustración 37. Toma de muestras. Partículas. Punto 1 y 2	98
20.3.2.	Zona de día, puntos:6,7,8,9,10,11	100
20.3.3.	Zona exterior, puntos: 12 y 13	102
20.3.4.	Distribución general de puntos de medida	102
20.4.	Frecuencia y periodo de muestreo	103
20.5.	Toma de muestras	103
20.6.	Análisis de datos	103
20.6.1.	Criterio de evaluación de agentes biológicos	104
20.6.2.	Pautas para la evaluación de la exposición a agentes biológicos	105
20.6.3.	Criterio de evaluación de partículas	107
	CAPITULO VI. RESULTADOS Y ANALISIS DE DATOS	108
21.	VARIABLE: Mohos y Levaduras	110
21.1.	Zona exterior y tipología de ventilación	110
21.1.1.	Temperatura interior	114
21.1.2.	Humedad relativa interior	116
21.1.3.	Parámetros exteriores: temperatura, humedad relativa, concentración de microorganismos en el exterior.	117
21.1.4.	Análisis estacional	118
21.1.5.	Velocidad del aire en interior y exterior	118
21.1.6.	Análisis normativo	119
22.	VARIABLE: Viables	120
22.1.	Tipología de ventilación	120
22.1.1.	Temperatura	123
22.1.2.	Temperatura exterior	124
22.1.3.	Humedad relativa	125
22.1.4.	Comportamiento estacional	126
22.1.5.	Velocidad del aire en interior y exterior	127
22.1.6.	Análisis normativo	129
23.	VARIABLE: Partículas (Total partículas/PM2,5/PM5,0/PM10,0)	130
23.1.1.	Comparación de la concentración de partículas en el interior y exterior.	131
23.1.2.	Temperatura interior y humedad relativa interior	134
23.1.3.	Temperatura exterior y humedad relativa exterior	135
23.1.4.	Velocidad de aire interior y Velocidad de aire exterior	138

23.1.5. Análisis normativo de partículas	139
CAPITULO VII. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	145
24. Discusión	147
25. Conclusiones	150
CAPITULO VIII. LINEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN	151
CAPITULO IX. BIBLIOGRAFÍA	155
26. Normativa, reglamentos y guías.	157
27. Notas Técnicas de Prevención	158
28. Libros y trabajos académicos	158
29. Artículos de investigación	159
CAPITULO X. ANEXOS	161
ANEXO I.	163
ANEXO II. Totalidad de datos muestreados	169

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Londres, diciembre 1952</i>	13
<i>Ilustración 2. Contaminación en Madrid</i>	14
<i>Ilustración 3. Tipos de Agentes Biológicos</i>	24
<i>Ilustración 4. Impacto de las partículas en las vías respiratorias de acuerdo a su tamaño. Fuente: SKC Gulf Coast Inc.</i>	28
<i>Ilustración 5. Porcentaje de teletrabajadores. Resultados del estudio ECaTT. Número total de teletrabajadores en % (1999). Fuente: European Electronic Commerce and Telework Trends Consortium (ECaTT)</i>	65
<i>Ilustración 6. Estudio Europeo sobre el Teletrabajo. Facilidad para teletrabajar en Europa (Año 2004) Fuente: Samsung Business Communications</i>	66
<i>Ilustración 7. Fachada principal edificio E³</i>	73
<i>Ilustración 8. Alzado posterior E³</i>	73
<i>Ilustración 9. Simulaciones. Caso inicial</i>	75
<i>Ilustración 10. Simulaciones. Ventana lateral izquierda</i>	76
<i>Ilustración 11. Simulaciones. Ventana Superior</i>	76
<i>Ilustración 12. Simulaciones. Ventana inferior</i>	77
<i>Ilustración 13. Simulaciones. Ventana lateral derecha</i>	77
<i>Ilustración 14. Tara de gramos</i>	82
<i>Ilustración 15. Equipo de esterilización. Autoclave.</i>	82
<i>Ilustración 16. Baño termostático</i>	83
<i>Ilustración 17. Placas Petri con identificación</i>	83
<i>Ilustración 18. Enfriamiento de las Placas Petri</i>	84
<i>Ilustración 19. Toma de Muestras Agentes Biológicos. PUNTO 1</i>	85
<i>Ilustración 20. Toma de Muestras Agentes Biológicos. PUNTO 2</i>	86
<i>Ilustración 21. Toma de Muestras Agentes Biológicos. PUNTO 3</i>	86
<i>Ilustración 22. Toma de Muestras Agentes Biológicos. PUNTO 4</i>	87
<i>Ilustración 23. Toma de Muestras Agentes Biológicos. PUNTO 5</i>	87
<i>Ilustración 24. Toma de Muestras Agentes Biológicos. PUNTO 6</i>	88
<i>Ilustración 25. Distribución General Toma de Muestras Agentes Biológicos</i>	88
<i>Ilustración 26. Colonias características en medio SAB tras el periodo de incubación</i>	89
<i>Ilustración 27. Recuento de las colonias observadas tras incubación</i>	89
<i>Ilustración 28. Equipo de la toma de muestras</i>	91
<i>Ilustración 29 y 30. Espacios exteriores</i>	92
<i>Ilustración 31 y 32. Espacios exteriores</i>	92
<i>Ilustración 33. Distancia hasta vía de alta ocupación⁷</i>	93
<i>Ilustración 34. Leyenda capas de calidad del aire en la ciudad de Valencia</i>	94
<i>Ilustración 35. Ubicación del edificio según vía de circulación</i>	95
<i>Ilustración 36. Ubicación de vehículo según vías de circulación 2</i>	95
<i>Ilustración 37. Toma de muestras. Partículas. Punto 1 y 2</i>	98
<i>Ilustración 38. Toma de muestras. Partículas. PUNTO 3 Y 4</i>	99
<i>Ilustración 39. Toma de muestras Partículas. PUNTO 5</i>	99
<i>Ilustración 40. Toma de muestras Partículas. PUNTO 6 y 7</i>	100
<i>Ilustración 41. Toma de muestras Partículas. PUNTO 8 y 9</i>	100
<i>Ilustración 42. Toma de muestras Partículas. PUNTO 10 y 11</i>	101
<i>Ilustración 43. Toma de Muestras. Partículas. PUNTOS 12 Y 13</i>	102
<i>Ilustración 44. Distribución General Toma de Muestras Partículas</i>	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipología de ventilación y concentración interior y exterior.....	111
Figura 2. Tipología de ventilación y concentraciones interior y exterior (%).....	112
Figura 3. Valores máximos y mínimos de interior y exterior, en función de tipo de ventilación	113
Figura 4. Medias de Mohos y Levaduras con respecto a la tipología de ventilación.....	113
Tras omitir el valor pico medido en ventilación natural (455,00 UFC/m ³), se obtiene en la Figura 5 en el que observamos la distribución de microorganismos en el rango de temperaturas en el cual se ha realizado la medición (entre 17°C y 32°C).	114
Figura 6. Concentración de Mohos y Levaduras en función de la temperatura interior y tipología de ventilación	115
A continuación se muestra la Figura 7. que relaciona la temperatura media interior de cada zona y en cada tipología de ventilación con la concentración media de Mohos y Levaduras en esta zona.	115
Figura 8. Concentración media de Mohos y Levaduras en función de temperatura interior y tipología de ventilación	115
Figura 9. Concentración de Mohos y Levaduras en función de la humedad relativa.	116
En la siguiente Figura 10, se relaciona la humedad relativa interior, separada por estancias (zona de trabajo y zona de día), por tipología de ventilación y se compara con la concentración media de Mohos y Levaduras muestreada.	117
Figura 11. Humedad relativa interior relacionada con la cantidad de Mohos y Levaduras, tipología de ventilación y por zona.....	117
Figura 12. Tipología de ventilación y concentración de Viables exterior e interior.	121
Figura 13. Tipología de ventilación y proporción concentración de Viables.....	121
En la siguiente Figura 14, se observa que entre condiciones de no ventilación y ventilación natural, y por otro lado, ventilación natural y ventilación forzada existen diferencias estadísticamente significativas mientras que entre condiciones de no ventilación y ventilación forzada no existe ninguna relación estadísticamente significativa.	122
Figura 15. Análisis estadístico de las diferencias estadísticamente significativas entre tipología de ventilación y Viables.	122
A continuación se muestra la Figura 16 que relaciona la temperatura media interior de cada zona y en cada tipología de ventilación con la concentración media de Viables:.....	123
Figura 17. Concentración de Viables en relación con la tipología de ventilación y temperatura interior.	123
Figura 18. Concentración de Viables en función de la tipología de ventilación y humedad relativa interior.	126
Figura 19. Concentración de partícula en base a los paramentos exteriores.....	127
Figura 20. Concentración de Viables en función de la velocidad del aire.....	128
Analizando los datos estadísticamente y viendo la Figura 21 se obtiene que se encuentra una diferencia estadísticamente significativa entre velocidad interior y la concentración de Viables (P-Valor=0,000) y velocidad exterior y concentración de Viables (P-Valor=0,000) en un nivel del 95,0 % de confianza.....	128
Figura 22. Análisis estadístico: tipología de ventilación y concentración de Viables.	128
La Figura 23 se elabora con el fin de observar el diferente comportamiento de las partículas con las distintas tipologías de ventilación.....	130
Figura 24. Concentración de partículas en función de la tipología de ventilación.	130
Figura 25. TPM interior / TPM exterior	131
Figura 26. PM 2,5 interior / PM 2,5 exterior.....	132
Figura 27. PM5,0 interior / PM5,0 exterior	133
Figura 28. PM10,0 interior / PM10,0 exterior	133
Figura 29. Comparación Concentración de Partículas con los factores interiores a analizar.	134
Figura 30. Concentración de partículas y parámetros exteriores a comparar	136
Figura 31. Concentración de partículas relacionadas con la velocidad del aire.	138
Figura 32. Concentración de partículas TPM en función de parámetros exteriores.....	138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales contaminantes interiores	20
Tabla 2. Parámetros de Temperatura, humedad relativa y velocidad del aire RD 486/1997	21
Tabla 3. Niveles de iluminación según la exigencia visual de la tarea (RD486/1997)	21
Tabla 4. Enfermedades bacterianas transmitidas por el aire. Fuente: el aire: habitat y medios de transmisión de microorganismos. M.C. de la Rosa, M.A. Mosso y C.Ullán	24
Tabla 5. Enfermedades víricas transmitidas por el aire. Fuente: el aire: hábitat y medios de transmisión de microorganismos. M.C. de la Rosa, M.A. Mosso y C.Ullán	25
Tabla 6. Enfermedades fúngicas transmitidas por el aire. Fuente: el aire: hábitat y medios de transmisión de microorganismos. M.C. de la Rosa, M.A. Mosso y C.Ullán	26
Tabla 7. Principales contaminantes del interior, valores guía y mecanismos involucrados. Fuente: Calidad del aire interior, OSMAN, Junta de Andalucía.	27
Tabla 8. Características y efectos en la salud de diferentes contaminantes.	29
Tabla 9. Clasificación de los agentes biológicos	54
Tabla 10. Frecuencia y periodo de muestreo	103
Tabla 11. Categorías de Agentes Biológicos según RD 664/1997.	106
Tabla 12 Datos zona exterior y tipología de ventilación	110
Tabla 13. Datos zona exterior y tipología de ventilación	114
Tabla 14 Datos zona exterior y tipología de ventilación	116
Tabla 15. Datos exteriores	117
Tabla 16. Análisis de concentración de Mohos y Levaduras en función de la época del año.	118
Tabla 17. Concentración de Mohos y Levaduras en función de la velocidad del aire	118
Tabla 18. Clasificación niveles de concentración de Mohos y Levaduras	119
Tabla 19. Datos de concentración de Mohos y Levaduras medios, máximos y mínimos	119
Tabla 20. Tipología de ventilación, concentración de Viables y valores máximos y mínimos.	120
Tabla 21. Datos de concentración de Viables con temperatura interior y exterior.	123
Tabla 22. Datos de concentración de Viables y de temperatura	124
Tabla 23. Datos de concentración de Viables y de humedad relativa.	125
Tabla 24. Análisis de la concentración de Viables en función de la estación del año.	126
Tabla 25. Concentración de Viables en función de la velocidad del aire interior y exterior.	127
Tabla 26. Clasificación niveles de concentración de Mohos y Levaduras	129
Tabla 27. Datos de concentración de Viables medios, máximos y mínimos	129
Tabla 28. Datos de concentración y factores que influyen	130
Tabla 29. Concentración de partículas TPM en función de la tipología de ventilación.	132
Tabla 30. Concentración de partículas PM2,5 en función de la tipología de ventilación.	132
Tabla 31. Concentración de partículas PM5,0 en función de la tipología de ventilación.	133
Tabla 32. Concentración de partículas PM10,0 en función de la tipología de ventilación.	134
Tabla 33. Concentración de partículas TPM en función de la tipología de ventilación y temperatura exterior.	136
Tabla 34. Valor mínimo y máximo de partículas TPM en función de la tipología de ventilación y temperatura.	137
Tabla 35. Concentración de partículas TPM en función de la tipología de ventilación y humedad relativa.	137
Tabla 36. Valores máximos y mínimos de partículas TPM en función de la tipología de ventilación y humedad relativa.	137
Tabla 37. Datos concentración de partículas	139
Tabla 38. Valores de referencia según RD 102/2011	140
Tabla 39. Comparación datos obtenidos con niveles de referencia. TABLA B-1 ASHRAE PM2,5	141
Tabla 40. Comparación datos obtenidos con niveles de referencia. TABLA B-1 ASHRAE PM10,0	141
Tabla 41. Comparación datos obtenidos con niveles de referencia. TABLA B-1 ASHRAE TPM	142
Tabla 42. Comparación datos obtenidos con niveles de referencia. TABLA B-2 ASHRAE. PM10,0	143
Tabla 43. Verificación de Varianza	163

<i>Tabla 44. Método: 95,0 porcentaje LSD</i>	166
<i>Tabla 45. Prueba Múltiples Rangos</i>	167
<i>Tabla 46. Datos muestreados</i>	171



CAPITULO I. MARCO TEÓRICO: CALIDAD DEL AIRE

CAPITULO I. MARCO TEORICO: CALIDAD DEL AIRE

1. Antecedentes

El aire es esencial para la vida, el impacto de la contaminación atmosférica o la calidad del aire sobre la salud es conocido desde la antigüedad. Se reconoce a una momia encontrada en el desierto del Gobi (The Beauty of Loulan, 1800 a.C.) como la primera evidencia de dicho impacto, debido a que los arqueólogos atribuyen su muerte a enfermedades respiratorias causadas por la emisión de combustión de madera y de polvo mineral. Lao-Tze (500 a.C.) reconocía ya el impacto en la calidad del aire de las actividades humanas. Alrededor de 300 d.C., las leyes romanas ya regulaban en York algunas fuentes de contaminación atmosférica, como la producción de cerveza. Los comentarios del filósofo Séneca, al respecto, sobre la Roma Imperial, fueron:

“Tan pronto como hube salido del aire denso de Roma y del hedor de las chimeneas humeantes, de las cuales, al ser vaciadas, salía cualquier tipo de vapor pestilente y hollín que las mismas contenían, sentí una alteración en mi estado de ánimo” Séneca, (S.I d.C.)

Ello demuestra que hace más de dos mil años, la generación de contaminantes por la combustión, ya producía malestar en los ciudadanos y, además, la salud ambiental ya era una parte importante para la persona.

A lo largo de la historia el desarrollo urbano e industrial ha llevado asociado unas tasas de emisión de contaminantes al medio ambiente muy elevadas.

Entre los efectos negativos de estas emisiones cabe destacar los conocidos impactos de la lluvia ácida en los bosques del centro y norte de Europa, así como los episodios de contaminación atmosférica intensa que ocurrieron en diciembre de 1952 en Londres.



Ilustración 1. Londres, diciembre 1952

En diciembre de 1952 llegó un frente frío que hizo que la población quemase más carbón (rico en azufre) de lo usual en invierno, esto tuvo como consecuencia que la niebla se volvió más densa llegando, incluso, a imposibilitar el tráfico, muchos cines cerraron ya que desde la platea no se podía ver el escenario o la pantalla pues el humo invadió con gran facilidad los ambientes interiores tanto de edificios públicos como privados. A este último se atribuyen 4000 muertes prematuras y supuso un hito en la legislación de calidad del aire.

En 1956 se promulgó el British Clean Air Act (Ley británica para el aire limpio) y desde entonces se desencadenaron los estudios científicos sobre calidad del aire, así como el desarrollo de tecnologías para reducir las emisiones atmosféricas en focos industriales y residenciales.

Otros acuerdos, declaraciones y protocolos que han sucedido al de 1956 son: el Acuerdo de Estocolmo (1972, para la lucha contra la acidificación, CLRTAP), el Protocolo de Montreal (1987/90 para controlar la capa de ozono), la Declaración de Río (1992), la Cumbre de Kioto (1997) y la Cumbre de Río (2002), estos tres últimos sobre cambio climático. Todos estos acuerdos internacionales se llevan a la práctica en la Unión Europea desarrollando y aplicando una legislación ambiental que regula los niveles de emisión de contaminantes. Como resultado de estas declaraciones, acuerdos y directivas la calidad del aire ha experimentado una mejora cuantitativa desde los años setenta, a pesar de que el número de industrias ha ido en aumento. Desde dichos años Europa y España han ido evolucionando.

El desarrollo sostenible fue definido según el informe Brundtland realizado en 1987 por la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas como la capacidad de:

“Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades”

El desarrollo humano, tanto tecnológico como demográfico implica un aumento de la contaminación del planeta como de la atmósfera, por tanto, cada vez es necesario una mayor eficiencia en la utilización de los recursos disponibles. El deterioro producido a la atmósfera se debe a la liberación de contaminantes por diversas causas, tanto humanas como naturales, aunque las causas naturales no son contempladas para la estimación de los valores máximos permitidos en la normativa, sí que influyen en la salud tanto del ser humano como de la flora y fauna existente.

No obstante, no es necesario remontarse demasiado en el tiempo para encontrar casos de contaminación ambiental. Madrid sufre periódicamente, dependiendo de las condiciones ambientales, episodios de contaminación ambiental que pone a prueba el Plan contra la contaminación ambiental de la ciudad.



Ilustración 2. Contaminación en Madrid¹

¹ fuente. http://www.elconfidencial.com/espana/madrid/2017-03-13/carmena-contaminacion-30medidas_1347163/.
Fecha última consulta: 13.04.2017

Hoy en día, el ser humano lucha por reducir los niveles de contaminación emitidos a la atmósfera, para regularizar esta labor se recurre a la legislación que se encarga de limitar las emisiones por parte de la industria y exigir unos valores límite máximos de concentración. Aunque es cierto que las medidas adoptadas gracias a la legislación vigente ha conseguido reducir los niveles de contaminación presentes en la atmósfera, sobre todo en cuanto al dióxido de azufre, sigue siendo evidente que dichas medidas resultan insuficientes pues siguen registrándose valores que superan los valores límite exigidos, siendo motivo de preocupación en España y el resto de Europa pues siguen existiendo problemas como la lluvia ácida, el ozono troposférico, el agotamiento de la capa de ozono estratosférico y el cambio climático.

Es indudable que la calidad de ambiente interior depende de la contaminación atmosférica, pero no es el único factor que determina dicha calidad. Algunos contaminantes del aire interior proceden del exterior, pero la mayoría se liberan dentro del propio edificio², por ejemplo al limpiar o al quemar combustible para cocinar o producir calor. El mobiliario y los materiales de construcción también pueden emitir contaminantes. La humedad y la falta de ventilación pueden aumentar aún más la contaminación del aire interior.

El aire puede ver afectada su calidad al contaminarse por esporas de hongos, bacterias, virus, partículas y sustancias químicas diversas, a causa de una ventilación deficiente, o a un sistema de climatización mal diseñado o con escaso mantenimiento.

En cuanto a los contaminantes procedentes del exterior, se pueden encontrar gases nocivos industriales o derivados del tránsito de vehículos o aire contaminado desechado al exterior que vuelve a entrar a través de las tomas del aire acondicionado.

2. Calidad del Aire Interior

El uso de un edificio, bien como lugar de trabajo, bien como vivienda muchas veces determina la posibilidad de aparición de molestias y síntomas que responden a la definición de una enfermedad. Los efectos adversos debidos a esa deficiente calidad del aire en espacios cerrados afectan a muchas personas, ya que se ha demostrado que los habitantes de las ciudades pasan la mayor parte de su tiempo en un ambiente interior³, que se encuentra contaminado en mayor o menor grado, dependiendo de diversos factores.

La calidad de aire interior se determina mediante tres factores: **agentes biológicos, agentes químicos y agentes físicos**. A mayor concentración de agentes biológicos y químicos menor será la calidad de aire y muchos de estos agentes se crean en el interior de los edificios. Puesto que, a una menor ventilación, mayor exposición a contaminantes⁴, los agentes físicos también influyen en la calidad de aire. Y no sólo se encuentran entre los agentes físicos la ventilación, sino que también puede influir, entre otros, la temperatura o la humedad⁵ (que, por supuesto, siempre será menor cuanto mayor sea la ventilación).

Así pues, en las siguientes páginas se explican los factores que influyen en la calidad del aire.

² Environmental Protection Agency. A comparison of indoor and outdoor concentrations of hazardous air pollutants. Inside IAQ. EPA's Indoor Air Quality Research Update. EPA/600/N-98/002 Spring/Summer: 1-7.

³ Environmental Protection Agency. A comparison of indoor and outdoor concentrations of hazardous air pollutants. Inside IAQ. EPA's Indoor Air Quality Research Update. EPA/600/N-98/002 Spring/Summer: 1-7.

⁴ Occupant exposure to indoor air pollutants in modern European offices: An integrated modeling approach. Andrew C.Terry, Nicola Carslaw, Mike Ashmore, Sani Dimitroulopoulou, David C.Carslaw. atmospheric Environment. June 2013

⁵ Ventilation in European dwellings: A review. C.Dimitroulopoulou. Building and Environment. February 2011.

2.1. Agentes biológicos

Durante más de un siglo se han realizado investigaciones microbiológicas del aire en viviendas, colegios y otros edificios. Las primeras investigaciones estaban relacionadas a veces con la “pureza” microbiológica relativa del aire en diferentes tipos de edificios y con la posible relación que pudiera tener con la tasa de mortalidad entre los ocupantes. Junto con el prolongado interés por la diseminación de patógenos en los hospitales, el desarrollo de muestreadores volumétricos microbiológicos de aire en los decenios de 1940 y 1950 condujo a investigaciones sistemáticas de microorganismos transmitidos por el aire en los hospitales, y posteriormente de mohos alérgicos conocidos en el aire de viviendas y edificios públicos, así como en el aire atmosférico.

2.1.1. Tipo de microorganismos y Medio de transmisión de microorganismos⁶

El aire contiene en suspensión diferentes tipos de microorganismos, especialmente bacterias y hongos. La presencia de uno u otro tipo depende del origen, de la dirección e intensidad de las corrientes de aire y de la supervivencia del microorganismo.

Aunque existe una amplia variedad de partículas de origen biológicos (biopartículas) en el aire interior, en la mayoría de los ambientes de trabajo de interior los microorganismos tienen una gran importancia para la salud. Además de microorganismos (como virus, bacterias, hongos y protozoos), el aire interior puede contener granos de polen, detritus animal y fragmentos de insectos y ácaros y sus productos de excreción.

Algunos microorganismos se encuentran en forma de células vegetativas, pero lo más frecuente son las formas esporuladas, ya que las esporas son metabólicamente menos activas y sobreviven mejor en la atmósfera porque soportan la desecación. Las producen hongos, algas, líquenes, algunos protozoos y algunas bacterias. En el aire se aíslan frecuentemente bacterias esporuladas de los géneros *Bacillus*, *Clostridium* y *Actinomicetos*.

Entre las bacterias también son muy frecuentes los bacilos pleomórficos Gram positivos (*Corynebacterium*) y los cocos Gram positivos (*Micrococcus* y *Staphylococcus*). Los bacilos Gram negativos (*Flavobacterium*, *Alcaligenes*) se encuentran en menor proporción y disminuyen con la altura (Gregory, 1973; Pelczar et al., 1993).

Cladosporium es el hongo que predomina en el aire, tanto sobre la tierra como sobre el mar, aunque también es frecuente encontrar otros mohos, como *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria* y *Mucor* (Takahashi, 1997) y la levadura *Rhodotorula* (Underwood, 1992).

Los virus también pueden encontrarse en el aire y ser transportados por él. Numerosos virus humanos (Orto y Paramixovirus, Poxvirus, Picornavirus) se transmiten por vía respiratoria, principalmente en ambientes cerrados, y pueden formarse bioaerosoles de virus entéricos en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Por otro lado, pueden encontrarse virus de vegetales en aerosoles procedentes de plantas infectadas.

Se han descrito numerosos géneros de algas aisladas del aire procedentes del suelo y de lagos eutróficos. Así mismo, amebas de vida libre como *Naegleria* y *Acanthamoeba* pueden ser aerolizadas de forma natural (lagos, manantiales termales) o artificial (sistema de aire acondicionado o humidificadores) (Stetzenbach, 1997).

La cantidad de contaminantes presentes en la atmósfera vendrá determinada por la diferencia entre los contaminantes emitidos y los que se eliminan a través de los procesos de autodepuración por deposición, precipitación y absorción por el suelo, el agua y la vegetación.

⁶ Hábitat y medios de transmisión de microorganismos. M. C. DE LA ROSA, M. A. MOSSO y C. ULLÁN. Observatorio Medioambiental Vol. 5 (2002): 375-402

Estos procesos de autodepuración atmosférica pueden causar acumulaciones excesivas de contaminantes en otros medios (vegetación, suelos, lagos, etc.), incluso lejos del punto de emisión del contaminante, como consecuencia del arrastre atmosférico producido por el viento.

En las áreas en que se dé una fuerte concentración de focos emisores de contaminantes pueden producirse episodios de fuerte contaminación local como consecuencia de la persistencia de situaciones meteorológicas adversas para la difusión de los contaminantes, además las condiciones topográficas y las barreras artificiales (edificios) de la zona pueden forzar el aumento de la concentración de contaminantes alrededor de los focos emisores.

En otros casos los contaminantes pueden alcanzar bastante altura e introducirse en las masas de aire que forman las corrientes generales de vientos sobre la tierra, siendo arrastrados a muchos kilómetros de las fuentes de emisión.

2.1.2. Permanencia

El tiempo que permanecen los microorganismos en el aire depende de la forma, tamaño y peso del microorganismo y de la existencia y potencia de las corrientes aéreas que los sostengan y los eleven. Son factores adversos los obstáculos que, al oponerse a los vientos, disminuyen su velocidad y su potencia de arrastre, y las precipitaciones, que arrastran al suelo las partículas suspendidas.

La sedimentación de los microorganismos por gravedad sólo es importante en el aire en calma. Generalmente, hay demasiadas turbulencias para que esto suceda, excepto en zonas de vegetación densa, donde la velocidad del viento disminuye, o en condiciones estables durante la noche, cuando la capa laminar limitante alcanza varios metros de altura.

El impacto que sufren las partículas del aire cuando encuentran un obstáculo, es mayor cuando partículas grandes inciden a altas velocidades hacia objetos pequeños. Así, las esporas de hongos patógenos de plantas, como *Puccinia* o *Helminthosporium* son grandes e impactan eficazmente contra las hojas, mientras que los de hongos del suelo como *Penicillium*, son pequeños y se depositan por otros sistemas. Incluso aunque el impacto de las esporas sea eficiente, no siempre quedan retenidos y pueden volver al aire. Las superficies húmedas o viscosas retienen mejor las partículas y una vez depositadas, no son suspendidas de nuevo fácilmente.

El movimiento browniano producido por las moléculas de gas en el aire es importante para microorganismos menores de 0,1 μ m, por lo que es de interés en la deposición de los virus.

El lavado del aire por la lluvia termina rápidamente con el proceso de dispersión, siendo diez veces más eficiente que la sedimentación y la impactación. Su eficacia está en función del radio de las gotas de lluvia y de las velocidades terminales de la gota y de la partícula. El tamaño óptimo de las gotas de lluvia es el mismo para todos los tamaños de partículas, y se ha calculado menor de 2 mm (Starr y Mason, 1966) pero la eficacia de la deposición decrece con el tamaño de la partícula. La lluvia disminuye exponencialmente la concentración de partículas del aire con respecto al tiempo, tardando más las de mayor tamaño. Gregory y Monteith (1967) demostraron que el 72 % de las partículas de 4 μ m permanecían en el aire después de 120 minutos.

Se denomina *Curva de Persistencia* a la curva porcentual que se traza alejándose radialmente del punto de origen de la carga microbiana. El número de microorganismos que persiste en el aire disminuye rápidamente al alejarse del origen, siendo más acusada la disminución cuanto más bajo está el centro de diseminación. Este hecho es importante sanitariamente para enfermedades transmitidas por el aire, por el alcance de difusión de los microorganismos causantes de la infección.

Algunos microorganismos, incluidos bacterias, virus y hongos, son capaces de viajar grandes distancias sin perder viabilidad. Es el caso de *Puccinia graminis* ya que se encontraron esporas a 970 Km del origen, y de *Cladosporium* que formando una nube de esporas llegó a Dinamarca procedente de Inglaterra a través del mar del Norte (Gregory y Monteith, 1967). Virus animales como el de la glosopeda, pseudorrabia y el de la enfermedad de Newcastle, produjeron brotes en cerdos y pollos, respectivamente, a varios kilómetros del origen siguiendo la dirección de los vientos. También se ha demostrado el transporte intercontinental de virus humanos por dispersión atmosférica, lo que podía explicar las pandemias de gripe (Sattar e Ijaz, 1997).

Un ejemplo parecido es el de la bacteria *Coxiella burnetii* que es capaz de transmitirse por el viento hasta 12 Km. Así, en 1996, produjo una epidemia de fiebre Q entre los residentes de la localidad Alemana de Rollshausen y ciudades vecinas, a través de la inhalación de polvos y aerosoles contaminados, procedentes de las granjas cercanas de bovinos, ovejas y cabras. El principio de la epidemia correspondió con un período excepcionalmente seco y el viento contribuyó soplando en la dirección de la granja hacia la ciudad (Lyytikäinen *et al.*, 1997). También se produjo una epidemia de fiebre Q en la localidad francesa de Briançon, causada por la dispersión de aerosoles contaminados producida por un helipuerto cercano a las granjas (Armengaud *et al.*, 1997).

2.1.3. Supervivencia

Las condiciones físico-químicas de la atmósfera no favorecen el crecimiento ni la supervivencia de los microorganismos por lo que la mayoría solo pueden sobrevivir en ella durante un breve período de tiempo.

Las esporas son las formas de vida con mayor supervivencia y tienen varias propiedades que contribuyen a su capacidad para sobrevivir en la atmósfera, principalmente su metabolismo bajo, por lo que no requieren nutrientes externos ni agua para mantenerse durante largos períodos de tiempo. Además, poseen otras adaptaciones que aumentan su capacidad de sobrevivir en este ambiente. Algunas esporas tienen paredes gruesas que las protegen de la desecación y otras son pigmentadas, lo que las ayuda contra las radiaciones ultravioleta.

Su escasa densidad les permite permanecer suspendidas en el aire sin sedimentar. Algunas son muy ligeras e incluso contienen vacuolas de gas y otras tienen formas aerodinámicas que les permite viajar por la atmósfera (Gregory, 1973). Además, las esporas se producen en número muy elevado y aunque muchas mueran en la atmósfera, el éxito de unas pocas asegura la supervivencia y dispersión de los microorganismos.

Los virus son en general, más resistentes que las bacterias en las condiciones ambientales. No se inactivan con el oxígeno, siendo los virus desnudos más estables a humedades relativas altas y los envueltos a las bajas (Mohr, 1997).

La supervivencia de las bacterias es variable, debido a su diversidad estructural y metabólica. En general, las bacterias Gram positivas son más resistentes que las Gram negativas ya que su pared celular es más gruesa. Por ejemplo, en aire seco algunas especies de *Bacillus* y *Clostridium* son capaces de sobrevivir más de 200 años, *Mycobacterium* un mes y *Salmonella* sólo diez minutos (Potts, 1994).

Los principales factores que intervienen en la supervivencia, son:

- **Humedad relativa:**

Es el factor más importante. Cuando la humedad relativa del aire decrece, disminuye el agua disponible para los microorganismos, lo que causa deshidratación y por tanto la inactivación de muchos de ellos.

La desecación puede causar una pérdida de viabilidad en las capas más bajas de la atmósfera, especialmente durante el día. A mayores altitudes, las condiciones son más favorables por la evaporación y algunas esporas pueden germinar en las nubes. La humedad relativa de la atmósfera varía de un 10-20 % en las regiones desérticas. El límite menor para el crecimiento de hongos es del 65 %. Las bacterias requieren una mayor humedad.

- **Temperatura:**

Está muy relacionada con la humedad relativa, por lo que es difícil separar los efectos que producen ambas. La temperatura en la troposfera varía de 40° C cerca de la superficie, a -80° C en las capas altas, alcanzándose temperaturas de congelación entre 3-5 Km. La congelación no destruye los microorganismos pero no pueden multiplicarse.

Diversos estudios muestran que el incremento de la temperatura disminuye la viabilidad de los microorganismos (Mohr, 1997).

- **Oxígeno:**

Se ha observado una correlación negativa entre la concentración de oxígeno y la viabilidad, que aumenta con la deshidratación y el tiempo de exposición. La causa de la inactivación podría ser los radicales libres de oxígeno.

- **Materia orgánica:**

La atmósfera contiene muy poca concentración de materia orgánica, y en la mayoría de los casos, es insuficiente para permitir el crecimiento heterotrófico.

El agua disponible es escasa por lo que, incluso el crecimiento de microorganismos autótrofos está limitado.

- **Radiaciones:**

La inactivación que producen en los microorganismos depende de la longitud de onda e intensidad de la radiación. Las de longitud de onda corta contienen más energía, son ionizantes y alteran o destruyen el DNA de los microorganismos.

Otros factores, como la humedad relativa, concentración de oxígeno y la presencia de otros gases, influyen en el efecto que producen las radiaciones sobre los microorganismos. La forma de interacción es poco conocida, pero la desecación y congelación pueden proteger a los organismos de las radiaciones.

La exposición a radiaciones de corta longitud de onda, como la luz ultravioleta, es la principal causa de pérdida de viabilidad de los microorganismos que entran en la atmósfera. Las radiaciones ultravioletas aumentan con la altura, debido a una menor retención, lo que causa mutaciones y la muerte de los microorganismos.

Algunos se protegen de los efectos letales de la radiación por los pigmentos que producen, así como por el polvo y las gotas de saliva y moco, debido al escaso poder de penetración de la luz ultravioleta.

En la estratosfera hay una capa con una gran concentración de ozono que mata a los microorganismos, pero al mismo tiempo, actúa absorbiendo la radiación ultravioleta.

Por todas estas razones, la estratosfera constituye una barrera para los microorganismos vivos procedentes de la troposfera (Atlas y Bartha, 2002).

- **Otros factores:**

Diversos estudios mostraron que el aire atmosférico producía un mayor grado de inactivación que el aire inerte obtenido en el laboratorio. La causa podría ser las reacciones entre el ozono y las olefinas debido a una combinación de factores que incluyen concentración de contaminantes e iones en el aire, humedad y fluctuaciones de la presión, al conjunto de los cuales se les llama factores del aire abierto (Mohr, 1997).

2.1.4. Vías de exposición⁷

La principal vía de exposición es la respiratoria, se produce debido a la inhalación de microorganismos.

⁷ Micotoxinas en ambientes laborales. Año 2010. Autores: Angelina Constans Aubert, Xavier Solans Lampurlanés y Rosa María Alonso Espadalé. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Barcelona.

2.2. Agentes químicos

Los contaminantes químicos del aire interior pueden tomar forma de gases y vapores (inorgánicos y orgánicos) y de partículas, y pueden haber penetrado al interior desde el ambiente exterior o bien haberse formado dentro del edificio. La importancia relativa al origen de los contaminantes varía según los distintos contaminantes y en función del tiempo. Los principales contaminantes se muestran en la tabla 1:

Tabla 1. Principales contaminantes interiores

Principales contaminantes interiores	
Gases y vapores	
VOCs =Compuestos Orgánicos Volátiles Alcanos y cicloalcanos Alcoholes alifáticos y sus ésteres Aldehídos y Cetonas Bencenos Gas natural Cloroformo Cloruro de metilo Diclorobencenos y Diclorometanos Formaldehídos y sus derivados Halocarbonos Naftalenos	
Compuestos orgánicos - inorgánicos volátiles	
Gases nitrosos e hidrocarburos poliaromáticos Nitrosaminas	
Gases y vapores inorgánicos	
Amoníaco Ácido cianhídrico y Anhídrido carbónico Metales y compuestos metálicos Monóxido de carbono Óxidos nitrosos y Óxidos sulfurosos. Sulfuro de hidrógeno. Ozono	
Compuestos sólidos y líquidos en dispersión (partículas respirables)	
Humo de tabaco Humo de combustiones varias (calefacción) Polvo (sólidos dispersos) Fibras minerales naturales: • Fibras de amianto (asbestos) • Fibras minerales artificiales (Man – Made Mineral Fibres): > Lana de vidrio > Fibras cerámicas	
Contaminantes radioactivos	
Productos radioactivos naturales (radón y sus descendientes) Productos radioactivos artificiales	

2.2.1. Comportamiento de las partículas.

Las partículas de aerosol, sólidas o líquidas y microscópicas, que se encuentran en suspensión en el aire, presentan diversas características físicas, diferentes composiciones químicas y muy variadas fuentes de emisión.

El tamaño de estas partículas existentes en la atmósfera es un factor importante en la determinación tanto de los efectos que producen como de las áreas afectadas, ya que establece su tiempo de permanencia en la atmósfera y la manera en que puede afectar a los seres vivos.

Atendiendo al tamaño podemos establecer la siguiente división:

- Las partículas de tamaño comprendido entre 1 µm y 10 µm, tienden a formar suspensiones mecánicamente estables en el aire, por lo que reciben el nombre de "partículas en suspensión", pudiendo ser trasladadas a grandes distancias por la acción del viento.
- Las partículas mayores de 10 µm permanecen en suspensión en el aire durante períodos de tiempo relativamente cortos por lo que se las conoce como "partículas o materia sedimentable". Sus efectos son más acusados en las proximidades de las fuentes que las emiten.

La composición química de las partículas varía mucho de unas partículas a otras, dependiendo fundamentalmente de su origen. Así las partículas de polvo procedentes del suelo contienen, principalmente compuestos de calcio, aluminio y silicio. El humo procedente de los procesos de combustión de materiales orgánicos y combustibles fósiles petróleo, madera y residuos domésticos contiene diferentes compuestos orgánicos, al igual que los humos procedentes de industria química o alimentaria.

2.3. Agentes Físicos

Al hablar de agentes físicos en CAI nos estamos refiriendo a las condiciones termohigrométricas (temperatura, humedad, velocidad del aire), la iluminación del local, el ruido ambiental y las vibraciones percibidas. Estos factores, a diferencia de los químicos y los biológicos, son más fáciles de identificar y de cuantificar a través de mediciones.

2.3.1. Condiciones Termo higrométricas

Las condiciones termo higrométricas de un lugar de trabajo están íntimamente relacionadas con la sensación térmica de los trabajadores. En la práctica, suele resultar bastante complicado mantener satisfechos a todos los ocupantes de un recinto en relación con la sensación térmica, ya que su apreciación está muy influenciada por el factor subjetivo de cada persona. No obstante, es muy importante conocer los distintos parámetros ambientales que influyen en esta percepción (temperatura, humedad, velocidad del aire) para poder resolver mejor los posibles problemas que puedan aparecer.

El Real Decreto 486/1997 sobre Lugares de Trabajo establece en su Anexo III una serie de criterios para los parámetros Temperatura, Humedad Relativa y Velocidad del aire (ver tabla 1). Los valores proporcionados por el Real Decreto se acotan más en el desarrollo de la Guía Técnica del INSHT de Lugares de Trabajo.

Tabla 2. Parámetros de Temperatura, humedad relativa y velocidad del aire RD 486/1997

Temperatura	Trabajos sedentarios: 17-27° C	Trabajos ligeros: 14-25 ° C
Humedad relativa	Locales en general: 30-70%	Locales con riesgo por electricidad estática: 50-70%
Velocidad del aire	Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s	Trabajos en ambientes calurosos: Sedentarios: 0,5 m/s No sedentarios: 0,75 m/s

2.3.2. Iluminación

La iluminación de los lugares de trabajo deberá permitir que los trabajadores dispongan de condiciones de visibilidad adecuadas para poder circular por los mismos y desarrollar en ellos sus actividades sin riesgo para su seguridad y salud. (Art. 8, RD 486/1997).

Tabla 3. Niveles de iluminación según la exigencia visual de la tarea (RD486/1997)

Exigencias visuales bajas	100 lux
Exigencias visuales Moderadas	200 lux
Exigencias visuales altas	500 lux
Exigencias visuales muy altas	1000 lux

2.3.3. Ruido

Los niveles de ruido que suelen encontrarse en edificios del sector servicios suelen estar por debajo de los 80 dBA, nivel a partir del cual se debe actuar para prevenir el riesgo de pérdida de audición de los trabajadores, tal y como se establece en el Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

No obstante, el ruido originado en estos edificios puede producir molestias y afectar a la ejecución del trabajo. El ruido produce interferencias en la comunicación verbal, actúa como elemento de distracción, dificulta la concentración y la atención y disminuye el rendimiento.

La Guía Técnica del INSHT de Ruido desarrolla en su Apéndice 3 (“Molestias debidas al ruido”) una serie de recomendaciones sobre los valores recomendados de ruido para evitar las molestias y diversos criterios de valoración del ruido molesto.

2.3.4. Vibraciones

Las vibraciones pueden causar efectos muy diversos, que van desde la simple molestia hasta alteraciones graves de la salud pasando por la interferencia en la actividad humana (en la ejecución de ciertas tareas como la lectura, en la pérdida de precisión al ejecutar movimientos, en la pérdida de rendimiento debido a la fatiga, etc.).

Las vibraciones que pueden producirse en las cercanías de un puesto de trabajo típico del sector servicios (obras, tráfico rodado, proximidad de ascensores, etc.), pueden molestar notablemente a los ocupantes del edificio. Los principales síntomas que producen estas vibraciones son mareos e irritabilidad.

3. Efecto en la salud de los contaminantes

Por lo común resulta difícil establecer con precisión en qué medida la mala calidad del aire interior puede afectar a la salud, ya que no se dispone de suficiente información con respecto a la relación entre la exposición y el efecto a las concentraciones a las que suelen estar presentes los contaminantes.

Los conceptos de nivel sin efecto (NSE), efecto nocivo y efecto tolerable, confusos incluso en el ámbito de la toxicología industrial, son aquí aún más difíciles de definir.

A continuación se distingue entre agentes biológicos y agentes químicos que tienen efectos adversos en la salud.

3.1. Agentes biológicos.

Gran número de infecciones humanas y animales se transmiten por el aire y causan enfermedad, principalmente, en el aparato respiratorio. Las enfermedades respiratorias tienen una gran importancia socio económica ya que se transmiten fácilmente a través de las actividades normales del hombre, son las más frecuentes en la comunidad y el motivo más importante de absentismo laboral y escolar. No hay que olvidar que una persona, a lo largo de su vida, respira varios millones de m³ de aire, gran parte del cual contiene microorganismos.

Se calcula que se inhalan al día una media de diez mil microorganismos, pero el hombre posee eficaces mecanismos de defensa para evitar que invadan el aparato respiratorio. Sin embargo, el control de estas enfermedades es difícil porque los individuos que las padecen suelen seguir realizando sus actividades cotidianas y, además en algunas de ellas, no se dispone de agentes terapéuticos ni vacunas eficaces. Se caracterizan por su tendencia a causar epidemias, siendo más frecuentes durante el otoño y el invierno, cuando las personas se reúnen en recintos cerrados. Los microorganismos causales se transmiten por las secreciones de la nariz y la garganta y son diseminados por la tos, los estornudos y la conversación pudiendo alcanzar una velocidad de 300 km/h.

Una persona puede expulsar una media de 500 partículas en la tos y de 1.800 a 20.000 en un estornudo, de los cuales la mitad son menores de 10 mm. El tamaño de las partículas tiene una gran importancia, las más pequeñas penetran mejor y las más grandes tienen mayor supervivencia. La mayoría de los virus y muchas bacterias que causan infecciones respiratorias se encuentran en gotas grandes de 20 mm ya que si son pequeñas se evaporan y se inactivan por desecación.

Conviene recordar que la transmisión aérea de enfermedades no es exclusiva de microorganismos que salen de las vías respiratorias. En algunos casos se forman bioaerosoles procedentes de animales y sus productos que se resuspenden en el aire y pueden ser inhaladas, como heces desecadas y plumas de aves, placenta, lana, piel y marfil.

La inhalación de forma continua de partículas de contaminantes químicos, incrementa la susceptibilidad a las infecciones respiratorias. Esto ocurre en los mineros, por inhalación de sílice y carbón, y en trabajadores de diversas industrias que producen materiales como la piedra arenisca, en los que hay una predisposición a la tuberculosis. Además, el aire de las grandes ciudades, contaminado con derivados de la combustión de hidrocarburos, incrementan la gravedad de las infecciones respiratorias (Mims, 2001).

Existen cuatro tipos de contaminantes biológicos:

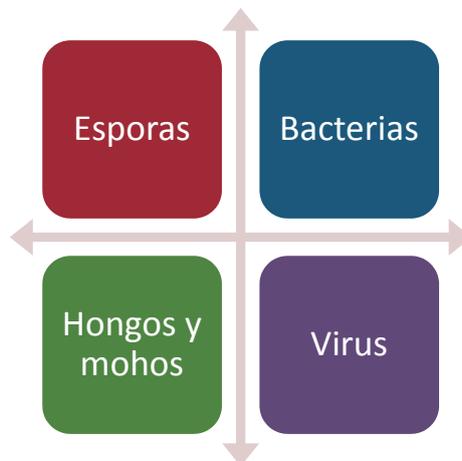


Ilustración 3. Tipos de Agentes Biológicos

Hay numerosas enfermedades bacterianas transmitidas por el aire que se resumen en la tabla 4. Afectan al tracto respiratorio superior (faringitis, epiglotitis, difteria) e inferior (bronquitis, neumonías, tosferina, tuberculosis) o, desde éste pasan a sangre y otros órganos (meningitis, carbunco pulmonar, fiebre Q, peste).

Tabla 4. Enfermedades bacterianas transmitidas por el aire. Fuente: el aire: habitat y medios de transmisión de microorganismos. M.C. de la Rosa, M.A. Mosso y C.Ullán

ENFERMEDADES BACTERIANAS TRANSMITIDAS POR EL AIRE	
Enfermedades	Géneros y especies
Amigdalitis, faringitis, bronquitis, escarlatina	<i>Streptococcus pyogenes</i>
Difteria	<i>Corynebacterium diphtheriae</i>
Neumonía clásica	<i>Streptococcus pneumoniae</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Klebsiella pneumoniae</i>
Neumonía atípica, bronquitis	<i>Mycoplasma pneumoniae</i> <i>Chlamydophila pneumoniae</i> <i>Chlamydophila psittaci</i>
Meningitis	<i>Neisseria meningitidis</i>
Meningitis, epiglotitis, neumonía	<i>Haemophilus influenzae</i> <i>Tosferina Bordetella pertussis</i>
Tuberculosis	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
Legionelosis	<i>Legionella pneumophila</i>
Actinomicosis	<i>Actinomyces israelii</i>
Nocardiosis	<i>Nocardia asteroides</i>
Fiebre Q	<i>Coxiella burnetii</i>
Carbunco pulmonar	<i>Bacillus anthracis</i>
Peste	<i>Yersinia pestis</i>

Un tema de interés actual es los efectos perjudiciales (fiebre, problemas cardiovasculares) producidos por la inhalación de las endotoxinas que permanecen estables en el polvo de determinados ambientes agrícolas, ganaderos y urbanos (**oficinas**, bibliotecas) (Olenchock, 1997). También numerosas enfermedades víricas humanas se transmiten a través del aire, produciendo infecciones en el aparato respiratorio superior (resfriado, faringitis) e inferior (laringitis, gripe, bronquitis, neumonías) o afectando a otros órganos y tejidos (sarampión, paperas, rubeola, viruela, varicela, poliomielitis). Además, estudios de algunos brotes de gastroenteritis producidas por el virus de Norwalk y Rotavirus, indican que, aparte de la transmisión oral-fecal podía existir transmisión aérea, mediante los bioaerosoles formados durante el vómito (Chadwick et al., 1994). La transmisión de los virus causantes de fiebres hemorrágicas con elevada mortalidad no se conoce con certeza, pero en algunos casos (virus Lassa y Sabia) la inhalación de aerosoles infecciosos ha producido brotes en hospitales y laboratorios de investigación (Sattar y Ijaz, 1997).

Tabla 5. Enfermedades víricas transmitidas por el aire. Fuente: el aire: hábitat y medios de transmisión de microorganismos. M.C. de la Rosa, M.A. Mosso y C.Ullán

ENFERMEDADES VIRÍCAS TRANSMITIDAS POR EL AIRE		
Enfermedades	VIRUS	
	Familia	Género
Resfriado común	Picornaviridae Adenoviridae	Rhinovirus Mastadenovirus
Gripe	Orthomyxoviridae	Influenzavirus
Bronquitis, neumonía	Paramyxoviridae Adenoviridae Bunyaviridae	Pneumovirus Mastadenovirus Hantavirus
Sarampión	Paramyxoviridae	Morbillivirus
Parotiditis	Paramyxoviridae	Rubulavirus
Poliomielitis	Picornaviridae	Enterovirus
Viruela	Poxviridae	Orthopoxvirus
Varicela	Herpesviridae	Varicellovirus
Rubeola	Togaviridae	Rubivirus
Rabia	Rhabdoviridae	Lyssavirus
Gastroenteritis	Reoviridae Caliciviridae	Rotavirus Virus Norwalk

En la tabla 6 se encuentran las enfermedades fúngicas transmitidas por el aire. Ciertos hongos levaduriformes (*Cryptococcus*, *Coccidioides*, *Blastomyces*, *Histoplasma*) son responsables de enfermedades pulmonares, desde donde pueden invadir otros tejidos y producir una enfermedad sistémica.

Por otra parte las esporas de varios mohos causan reacciones de hipersensibilidad que puede ser: inmediata o alergia que afecta al aparato respiratorio superior causando rinitis y asma, producida por partículas de 30 µm como las esporas de *Puccinia*, *Alternaria* y *Cladosporium* y retardada, que afecta al aparato respiratorio inferior produciendo alveolitis y neumonitis, debida a partículas menores de 5 µm, principalmente esporas de *Aspergillus* y *Penicillium* y de bacterias como los actinomicetos termófilos.

Estudios epidemiológicos han demostrado que la inhalación de las esporas de algunos hongos son la causa de los problemas respiratorios asociados al «síndrome del edificio enfermo» (que veremos en los siguientes apartados) y otras enfermedades ocupacionales bien conocidas de agricultores, vinateros, cerveceros y carpinteros. Algunos hongos producen micotoxinas que afectan al hombre y a los animales cuando se ingieren, pero también se han producido casos de micotoxicosis por inhalación

de esporas de hongos toxigénicos como *Aspergillus*, *Fusarium* y *Stachybotrys*, en ambientes cerrados (Yang y Johanning, 1997).

Tabla 6. Enfermedades fúngicas transmitidas por el aire. Fuente: el aire: hábitat y medios de transmisión de microorganismos. M.C. de la Rosa, M.A. Mosso y C.Ullán

ENFERMEDADES FUNGICAS TRANSMITIDAS POR EL AIRE	
Enfermedades	Hongos
Neumonía	<i>Pneumocystis carinii</i>
Micosis sistémicas	<i>Cryptococcus neoformans</i> <i>Blastomyces dermatitidis</i> <i>Histoplasma capsulatum</i> <i>Coccidioides immitis</i> <i>Aspergillus fumigatus</i>
Hipersensibilidad	<i>Alternaria</i> <i>Botrytis</i> <i>Aspergillus</i> <i>Puccinia</i> <i>Penicillium</i> <i>Serpula</i> <i>Cladosporium</i> <i>Mucor</i>
Micotoxicosis	<i>Aspergillus</i> <i>Fusarium</i> <i>Stachybotrys</i>

3.2. Agentes químicos

Los efectos adversos que se pueden atribuir a la **contaminación del aire en interiores** pueden ir desde dolencias leves y localizadas, hasta enfermedades más complejas propiciadas por alteraciones en la homeostasis hormonal y que finalmente producen enfermedades relacionadas con alteraciones casi a todos los niveles del sistema endocrino, principalmente cuando las exposiciones alteran en diversos niveles de los ejes reproductivo, adrenal y metabólico.

Así entre otros efectos asociados con el metabolismo por la exposición a la contaminación del aire en interiores se han referido deshidratación, cianosis, incremento de la concentración de carboxihemoglobina, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, bajo peso al nacer, baja talla, reducción en la esperanza de vida, estrés por calor, golpe de calor, falta de aliento, fatiga, reducción de la capacidad pulmonar, fluido en el oído medio inmunodepresión y afecciones de oído en la infancia, infiltraciones de los pulmones, lesiones en la pleura, lesiones en pulmón, y carcinogénesis en varios órganos o sistemas.

Se han referido también algunas alteraciones en la capacidad reproductiva de hombres y mujeres, malformación en sus sistemas reproductores y cambios en los niveles hormonales que regulan diversos procesos metabólicos atribuidos a las exposiciones ambientales a contaminantes químicos.

Los **alérgenos del aire interior** se han relacionado con las siguientes manifestaciones alérgicas⁸

- Rinitis con síntomas de fiebre del heno: congestión nasal, goteo nasal, estornudos, conjuntivitis y lagrimeo.
- Asma con dificultades para respirar, opresión torácica y falta de aliento.

⁸ Bernstein JA, Alexis N, Bacchus H, Bernstein IL, Fritz P, Horner E et al. The health effects of non-industrial indoor air pollution. J Allergy Clin Immunol 2008 2008; Mar;121(3):585-591.

- Alveolitis alérgica extrínseca con brotes agudos de fiebre, tos, rigidez del pecho e infiltraciones en los pulmones o desarrollo crónico de tos, falta de aliento e infiltraciones de los pulmones.
- Fiebre, escalofríos, dolor muscular y malestar pero sin efectos respiratorios obvios.

Existen una sólida evidencia científica de la relación entre la exposición a múltiples contaminantes (aún a concentraciones por debajo de los niveles marcados como seguros por la normativa) y determinados problemas de salud (malformaciones, tumores, cáncer, etc.)^{9 10 11}

La tabla 7 recoge los principales contaminantes del aire interior según la evidencia toxicológica actual y su potencial efecto sobre la salud

Tabla 7. Principales contaminantes del interior, valores guía y mecanismos involucrados. Fuente: Calidad del aire interior, OSMAN, Junta de Andalucía.

PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL INTERIOR, VALORES GUÍA Y MECANISMOS INVOLUCRADOS		
CONTAMINANTE (media ponderada en el tiempo)	MECANISMO	EFFECTOS POTENCIALES SOBRE LA SALUD
Dióxido de azufre (365 µg/m³ por 24 h)	Hipersensibilidad bronquial después de exposición aguda, relacionada con partículas	Exacerbación de asma EPOC (Enfermedad pulmonar obstructiva crónica) Enfermedades cardíacas
PM10 (150 µg/m³ por 24 h)	Inflamación, irritación e hipersensibilidad de las vías aéreas Disminución de la limpieza mucociliar Disminución de la respuesta de macrófagos Disminución de la inmunidad bronquial Disfunción autónoma Actividad procoagulante Estrés oxidativo	Exacerbación de asma EPOC Incremento de infecciones respiratorias Incremento de la mortalidad, incluyendo enfermedades respiratorias y cardíacas
Ozono (235 µg/m³/h)	Inflamación de vías altas y bajas	Deterioro de la función pulmonar Exacerbación del asma
Dióxido de nitrógeno (200 µg/m³ por 8h)	Hipersensibilidad bronquial después de exposición aguda	Exacerbación del asma Interacción con infecciones respiratorias Disminución de la función pulmonar en niños
Monóxido de carbono (10 mg/m³ por 8 h)	Unión con hemoglobina para producir carboxihemoglobina con incremento de hipoxia tisular	
Formaldehído (0.1 µg/m³ por 30 min)	Irritación de vías altas y bajas Susceptibilidad a infecciones virales y bacterianas después de exposiciones crónicas	Mortalidad perinatal Incremento de la susceptibilidad a infecciones Síntomas neurológicos

⁹ Fernandez MF et al. The total effective xenoestrogen burden, a biomarker of exposure to xenoestrogen mixtures, is predicted by the (anti)estrogenicity of its components. *Reprod Toxicol* 2008; Sep;26(1):8-12.

¹⁰ Ibarluzea Jm *J FMS-MLO-SMRAAJeal*. Breast can

¹¹ Kortenkamp A. Ten years of mixing cocktails: a review of combination effects of endocrine-disrupting chemicals. *Environ Health Perspect* 2007; Dec;115 Suppl 1:98--105.

3.2.1. Efectos de las partículas en el ser humano según su tamaño

Al respirar inhalamos los gases, vapores y partículas que hay en el aire. La composición de las **partículas en suspensión** que inhalamos, conocidas por sus siglas en inglés PM -*particulated matter*-, puede ser una mezcla muy variada.

Por ello se clasifican según su medida y según cómo se comportan al respirarlas, más que según su contenido. Hay partículas de diámetro aerodinámico igual o inferior a $10\ \mu\text{m}$ (**PM10 - partículas inhalables**) que suelen llegar más allá de la garganta. Las que tienen un diámetro igual o inferior a $2,5\ \mu\text{m}$ (**PM2,5 - partículas torácicas**) pueden llegar hasta los pulmones. Finalmente las **partículas ultrafinas**, con un diámetro igual o inferior a $0,1\ \mu\text{m}$ (**partículas respirables**), que pueden pasar de los alveolos pulmonares a la sangre.

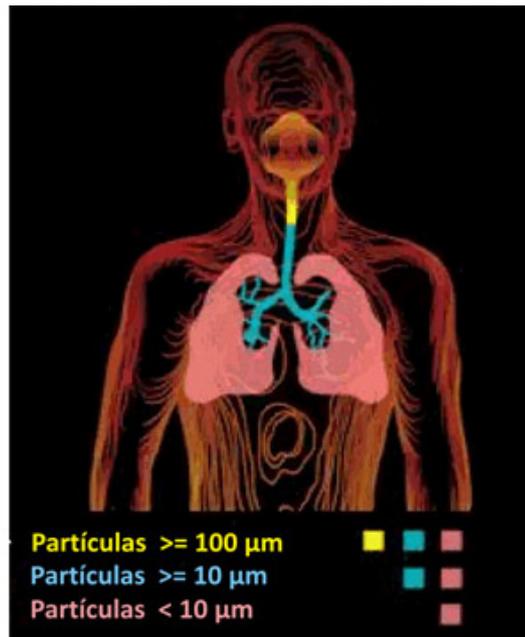


Ilustración 4. Impacto de las partículas en las vías respiratorias de acuerdo a su tamaño. Fuente: SKC Gulf Coast Inc.

De este modo, las partículas más pequeñas son las más peligrosas ya que permanecen más tiempo en el aire y pueden penetrar hasta los lugares más profundos de los bronquios. El mayor riesgo está, pues, en el polvo que no se ve. Se estima que para cada $10\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ de incremento de PM10 hay un exceso de riesgo de muerte de 0,5%¹²

¹² Organización mundial de la salud. Material particulado, ozono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre. Año 2014. http://www.herbogeminis.com/IMG/pdf/guia_calidad_aire_oms.pdf

4. Efectos de la contaminación atmosférica

Los efectos producidos por la contaminación atmosférica¹³ dependen principalmente de la *concentración* de contaminantes, del *tipo* de contaminantes presentes, de *tiempo de exposición* y de las *fluctuaciones temporales* en las concentraciones de contaminantes, así como de la *sensibilidad de los receptores* y los *sinergismos*¹⁴ entre contaminantes.

Hay que tener muy en cuenta la graduación del efecto a medida que aumentan la concentración y el tiempo de exposición. Las emanaciones de polvos y gases corrosivos deterioran el medio ambiente dando lugar a olores desagradables, pérdida de visibilidad y daños para la salud humana, para los cultivos y otras formas de vegetación y sobre los materiales de construcción.

A continuación se exponen algunos detalles de los contaminantes ambientales más comunes, como se producen, que fuentes de contaminación existen y los efectos que ocasionan.

A continuación se detalla brevemente los **problemas causados a nuestro organismo por la presencia de contaminantes en el aire**¹⁵:

Tabla 8. Características y efectos en la salud de diferentes contaminantes.

Cloro molecular (Cl ₂)	
Características	Más pesado que el aire (en <i>Condiciones Normales de Presión y Temperatura: CNPT</i>).
Efectos	El cloro en estado gaseoso es muy tóxico. Utilizado para obtener cloruro de polivinilo (PVC), material utilizado comúnmente en instalaciones de saneamiento. Los daños producidos se centran básicamente en el sistema respiratorio provocando su irritación, los niños y ancianos son los más afectados, aunque también irrita las mucosas. Su olor puede ser detectado a partir de 3,5 ppm. La exposición a altas concentraciones puede provocar edema pulmonar, mientras que la exposición continua a bajas concentraciones debilita los pulmones aumentando el riesgo de contraer otro tipo de enfermedades pulmonares.
Cloruro de hidrógeno, (HCl)	
Características	Más denso que el aire (en <i>CNPT</i>).
Efectos	Compuesto tóxico y corrosivo, ataca a la mayoría de los metales en presencia de humedad al producir vapores de ácidos. La inhalación de este compuesto puede provocar edema e irritación del tracto respiratorio y una exposición prolongada puede conllevar a la bronquitis crónica.
Fluoruro de hidrógeno, (HF)x	
Características	En la naturaleza se encuentra comúnmente en su forma HF o (HF) ₆
Efectos	Este compuesto resulta tóxico, corrosivo e irritante. Además ataca el vidrio y disuelto en agua forma una disolución ácida altamente corrosiva.

¹³ Vargas Marcos, Francisco. «La contaminación ambiental como factor determinante de la salud», Revista Española de Salud Pública, vol. 79, no. 2, 2005

¹⁴ Interacción toxicológica en la cual el efecto biológico combinado de una o más sustancias químicas es mayor que la suma de los efectos de cada elementos solo. Fuente: Osman.Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía. Última fecha de consulta: 15/01/2016.

¹⁵ Generalitat Valenciana. Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente. Red de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica. *Datos históricos*. 2012. Fuente: <http://www.citma.gva.es/web/calidad-ambiental/principales-contaminantes-presentes-en-la-atmosfera>

Sulfuro de hidrógeno, (H₂S).

Características Este gas más pesado que el aire es tóxico y detectable por su olor característico. También se le conoce comúnmente como gas de alcantarilla. Su densidad es mayor que la del aire.

Efectos Este compuesto es extremadamente dañino para la salud. La exposición a niveles entre 20-50 ppm en el aire puede causar un malestar agudo y a muerte por sobreexposición, a partir de los 50 ppm ya no se percibe su olor debido y llegados a los 100 ppm puede ser mortal.
La exposición a bajas concentraciones provoca irritación en los ojos, garganta y nariz, es capaz de provocar dificultades respiratorias en las personas asmáticas.

Sulfuro de carbono,(CS₂)

Características Más pesado que el aire.

Efectos La exposición prolongada produce dolor de cabeza, pérdida de sueño, disfunciones en la visión, memoria y oído, así como inflamación de los nervios.

Dióxido de Azufre, (SO₂)

Características Se ha comprobado la relación existente entre la contaminación atmosférica, producida por partículas en suspensión y anhídrido sulfuroso, y la aparición de bronquitis crónica (flemas, catarros y dificultades respiratorias).

Efectos Cuando las concentraciones tanto de SO₂ como de partículas en suspensión superan los 500 µg/m³ de aire, como promedio de 24horas, se produce un aumento de la mortalidad en la población en general, siendo los grupos más sensibles los individuos con procesos cardíacos o pulmonares. Con promedios diarios de 250 µg/m³ de SO₂ y de humos se ha registrado el empeoramiento en los enfermos con afecciones pulmonares.
Es necesario destacar que las concentraciones de partículas en suspensión y de SO₂ que pueden provocar la aparición de efectos sobre la salud, pueden variar de un lugar a otro según cuáles sean las características físicas y químicas de las partículas, y en función de la presencia en el aire de otros contaminantes que puedan producir efectos sinérgicos con aquéllos.
Provoca la irritación de mucosas sobre todo ojos, nariz y garganta.
Causa enfermedades respiratorias como broncoconstricción y bronquitis. Los óxidos de azufre también contribuyen a la formación de lluvia ácida al igual que los NOx.

Monóxido de carbono, (CO)

La presencia en el aire de elevadas concentraciones de monóxido de carbono representa una amenaza para la salud. El CO inhalado se combina con la hemoglobina de la sangre, formando la carboxihemoglobina, lo que reduce la capacidad de la sangre para el transporte de oxígeno desde los pulmones hasta los tejidos.

Efectos Se ha comprobado que una saturación de carboxihemoglobina por encima del 10% puede provocar efectos sobre la función psicomotora que se manifiesta con síntomas de cansancio, cefaleas y alteraciones de la coordinación. Por encima del 5% de saturación se producen cambios funcionales cardíacos y pulmonares y se aumenta el umbral visual. No se han encontrado pruebas que indiquen efectos significativos con una concentración de carboxihemoglobina inferior al 2%. Provoca la asfixia de las personas expuestas ya que impide la oxigenación de la sangre. Si en la sangre, más del 50% de la hemoglobina se encuentra en forma de carboxihemoglobina se puede producir la muerte.
A bajos niveles de exposición, el CO puede causar sensación de falta de aire, náuseas y mareos ligeros.

Dióxido de carbono, (CO₂)

Efectos Concentración superior a 30.000 ppm puede afectar al cerebro y causar dolor de cabeza, falta de concentración, mareos, problemas respiratorios. Habitualmente en el ambiente exterior la concentración se sitúa sobre 300-400 ppm. En espacios interiores, una

concentración comprendida entre 600 y 2.000 ppm no resulta tóxico.

Cuando exceden de 800 a 1200 ppm, en áreas interiores, muchas personas comienzan a experimentar incomodidad, dolores de cabeza, cansancio y problemas respiratorios.

Los efectos más graves se producen a partir de 5.000 ppm, donde pueden producirse incluso desvanecimientos. Además produce el efecto invernadero.

Óxidos de nitrógeno, (NOX)

Características	Son contaminantes igualmente peligrosos para la salud. El más tóxico es el NO ₂ .
Efectos	<p>Los efectos producidos por NO₂ sobre los animales y los seres humanos afectan al tracto respiratorio. Está comprobado que una concentración media de 190 µg/m³ de NO₂, superada el 40% de los días aumenta la frecuencia de infecciones de las vías respiratorias en la población expuesta. A concentraciones bajas, los óxidos de nitrógeno son irritantes del tracto respiratorio superior y de los ojos.</p> <p>En exposiciones prolongadas puede producir edema pulmonar.</p> <p>La exposición excesiva a los óxidos de nitrógeno puede causar efectos sobre la salud en la sangre, hígado, pulmón y bazo. Contribuye a la lluvia ácida causando daños a la vegetación, edificios así como a la acidificación de los lagos y arroyos.</p>

Metales tóxicos.

Características	El cuerpo humano tiene tendencia a la acumulación de estos contaminantes. El metal más importante es el plomo
Efectos	<p>Los compuestos inorgánicos del plomo atmosférico son absorbidos por los humanos, principalmente a través del sistema respiratorio, alcanzando el torrente sanguíneo aproximadamente el 35% del plomo inhalado por los pulmones. Una parte es eliminado del cuerpo a través de la orina, la otra parte se almacena en los huesos.</p> <p>A partir de ciertas cantidades puede producir efectos adversos en el comportamiento, afectan la inteligencia de los niños y puede ser causa de anomalías en los fetos de madres gestantes. Los adultos, por lo general, son menos sensibles que los niños a los efectos del plomo, pero una acumulación excesiva en el organismo puede producir serios e irreversibles daños en el sistema nerviosos.</p>

Ozono

Características	El ozono es un gas incoloro de olor algo fresco que posee un gran poder oxidante. Constituye el 10% de todo el ozono atmosférico y debido a los procesos químicos que transcurren en áreas urbanas industrializadas, los niveles de ozono pueden aumentar significativamente, alcanzándose niveles a partir de los cuales se pueden originar efectos sobre los seres vivos y los materiales
Efectos	<p>Un aumento de los niveles del ozono troposférico es motivo de inquietud por los efectos adversos que este compuesto puede ejercer sobre las personas, animales, vegetación y materiales. Los efectos sobre la salud de los seres vivos varían en función de la concentración de ozono que hay en el ambiente, de la duración de la exposición y de la sensibilidad del individuo hacia el contaminante.</p> <p>El ozono puede provocar irritación ocular (conjuntivitis seca y lacrimación) aunque es el aparato respiratorio el principal perjudicado por la acción de este compuesto (deterioro de la función pulmonar, aumento de la reactividad bronquial, etc.).</p>
Normativa	La Directiva 2002/3/CE establece el valor de 180 mg /m ³ (valor medio en una hora) como umbral de información a la población, nivel a partir del cual una exposición de breve duración supone un riesgo para la salud humana de los grupos de población especialmente de riesgo. También establece el valor 240 mg /m ³ (como valor medio en una hora) como umbral de alerta a la población, por encima del cual existe un riesgo para la salud humana de la población en general, en caso de exposición de breve duración.

Metales (Arsénico, Níquel, Cadmio)

Normativa	<p>La Directiva 2004/107/CE, afirma lo siguiente en relación a los efectos que los metales pueden tener: "Los datos científicos muestran que el arsénico, el cadmio, el níquel y algunos hidrocarburos aromáticos policíclicos son cancerígenos genotóxicos para el ser humano y que no hay ningún límite identificable por debajo del cual esas sustancias no constituyan un riesgo para la salud humana".</p> <p>En relación al Mercurio, dicha Directiva establece lo siguiente: "El mercurio es una sustancia muy peligrosa para la salud humana y el medio ambiente. Está presente por todas partes en el medio ambiente y, en forma de metilmercurio, tiene la capacidad de acumularse en organismos y, en particular, de concentrarse en organismos al final de la cadena alimentaria. El mercurio liberado a la atmósfera es capaz de ser transportado a grandes distancias.</p>
-----------	--

4.1. Principales fuentes de contaminación

Las emisiones procedentes de fuentes naturales son aquellas no producidas directa o indirectamente por la mano del hombre¹⁶: como erupciones volcánicas, actividades sísmicas o geotérmicas, incendios no intencionados, vientos fuertes, sales marinas, la resuspensión atmosférica o el transporte de partículas naturales de regiones áridas, como ejemplo ya se ha dicho que en España sufrimos contaminación transfronteriza debida a las partículas suspendidas que nos llegan de África.

A lo largo del ciclo de vida del edificio existen multitud de fuentes contaminantes que intervienen en la calidad de aire interior del edificio, se puede realizar una división entre el tipo de contaminante y el ciclo de vida en el que se produce. Contaminantes según el ciclo de vida del edificio. Materiales de construcción Los materiales de construcción utilizados para recubrir y acondicionar el interior de un edificio pueden emitir productos químicos que, en determinadas condiciones, afectarán la salud y el bienestar de sus ocupantes. Las pinturas, barnices, adhesivos, selladores, placas y recubrimientos de suelos y techos son productos cuya composición incluye disolventes, agentes ligantes y diversos tipos de aditivos como pigmentos, agentes secantes, antiespumantes, fungicidas, etc. que se evaporan fácilmente y pueden causar problemas de salud a los usuarios de las viviendas. Estudios realizados por la Agencia Medioambiental de Estados Unidos (EPA) han demostrado un incremento de la concentración de 12 contaminantes orgánicos comunes provenientes de productos de limpieza y mantenimiento de entre 2 y 5 veces superior a la concentración presente en el exterior de los edificios, incluso en ambientes industriales altamente contaminados. En general, no se conocen bien los efectos sobre la salud por exposición a estos compuestos orgánicos volátiles (más conocidos como COVs) emitidos por los materiales presentes en un edificio, pero se sabe o se sospecha que muchos son irritantes y carcinógenos. Numerosos estudios han demostrado que más del 80% de los COVs en el interior de los edificios son irritantes de membranas mucosas y ojos y que aproximadamente el 25% son sospechosos o comprobados cancerígenos humanos. Se aconseja al proyectista seleccionar los productos de la construcción utilizados como acabado en paredes, suelo y mobiliario con baja emisión de contaminantes químicos.

Los productos de la construcción se pueden agrupar en dos grupos: los aplicados en húmedo, como las pinturas, barnices, sellantes y adhesivos, y los materiales "rígidos" o en forma de paneles. Tanto en la fase de construcción como en la de uso y mantenimiento, se recomienda al constructor y al usuario la aplicación de productos en húmedo en base acuosa frente a la aplicación de productos con disolventes orgánicos. Debido a la menor resistencia al envejecimiento de los productos en base acuosa, se aconseja realizar las aplicaciones más a menudo. Se recomienda que unos valores de COVs

¹⁶ Development of WHO Guidelines for Indoor Air Quality. **Report on a Working Group Meeting** Bonn, Germany 23-24 October 2006

inferiores a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el interior de los edificios están dentro de los límites del confort (Valor obtenido del Programa de certificación de calidad ambiental en interiores del FEDEC).

Por lo que respecta a los materiales rígidos de recubrimiento, se aconseja priorizar la selección de materiales que cumplan las siguientes características: Que sean duros, porosos y fabricados con metal, vidrio, cerámica, madera maciza, piedra o cemento. Que no atrapen polvo ni contaminantes, ni permitan el crecimiento de microorganismos. Que tengan bajos niveles de emisión de formaldehído, o con tratamientos nulos o con preservantes o biocidas de muy bajo impacto, con baja emisión de COVs o bajo contenido en metales pesados. En la rehabilitación de edificios, se aconseja la elaboración de un estudio previo para detectar la presencia de amianto en el edificio. La disminución o eliminación de la presencia de disolventes orgánicos, considerados altamente tóxicos para la salud de las personas, mantendrá la buena calidad del ambiente interior en las viviendas, contribuyendo a mejorar el confort, el bienestar y la salud de sus habitantes. Se dificultará la aparición del Síndrome del Edificio Enfermo, al evitar y controlar las fuentes de contaminación de las emisiones en el interior de los edificios.

Un edificio con un plan de mantenimiento y conservación deficiente o mal ejecutado puede mermar la calidad del ambiente interior, permitiendo la aparición de contaminantes químicos, biológicos y desequilibrios en el confort térmico, que pueden afectar negativamente a la salud de las personas y a su calidad de vida. La mejor manera de mantener la calidad del ambiente interior a lo largo de la vida del edificio es seguir lo especificado en el “Libro del edificio”. El manual de uso y mantenimiento de la vivienda forma parte de este libro. El usuario de la vivienda será el responsable de aplicar las tareas de mantenimiento y conservación, y de realizar un correcto seguimiento del plan de conservación y prevención del edificio. Se debe mantener en perfecto estado de conservación los elementos y materiales que formen parte de la envolvente del edificio, evitando la aparición de focos de contaminación interior debido al deterioro causado por la agresión de los factores ambientales externos, así se garantizarán las propiedades de aislamiento y estanquidad que aseguren una correcta calidad de aire interior.

5. Percepción de la calidad del aire

Otro aspecto que debe considerarse como parte de la calidad del aire interior es su olor, ya que éste suele ser el parámetro definitorio. La combinación de un cierto olor con el leve efecto irritante de un compuesto en el aire de un interior puede conducirnos a definir su calidad como “fresca” y “limpia” o como “viciada” y “contaminada”.

Por consiguiente, el olor es muy importante al definir la calidad del aire interior. Aunque los olores dependen objetivamente de la presencia de compuestos en cantidades superiores a sus umbrales olfativos, a menudo se evalúan desde un punto de vista estrictamente subjetivo. Debe tenerse en cuenta que la percepción de un olor puede deberse a los olores de numerosos compuestos diferentes y que la temperatura y la humedad también pueden modificar sus características.

Desde el punto de vista de la percepción, son cuatro las características que nos permiten definir y medir los olores¹⁷¹⁸:

- Intensidad
- Calidad
- Tolerabilidad
- umbral.

Con todo, es muy difícil “medir” los olores desde un punto de vista químico en el aire interior. Por esa razón la tendencia es eliminar los olores “malos” y utilizar, en su lugar, los considerados buenos con el fin de dar al aire una calidad agradable. El enmascaramiento de los malos olores con otros agradables suele fracasar, ya que pueden reconocerse por separado olores de muy diferentes calidades, y el resultado es imprevisible.

5.1. Efectos en la salud

En el caso concreto de los olores, los efectos adversos descritos por la presencia en un interior de aromas, perfumes, humo de tabaco, olores no familiares o desconocidos, etc., incluyen efectos somáticos difícilmente justificables por las concentraciones presentes en aire. Entre los citados en la bibliografía se hallan náuseas, vómitos, dolor de cabeza, algunas reacciones aparentemente neurotóxicas, tales como comportamiento evasivo, pérdidas de memoria o problemas de concentración, interacciones con otros sistemas sensoriales o biológicos que provocan reacciones de hipersensibilidad y cambios en las pautas de respiración, y estrés, especialmente frente a olores repetitivos y/o no identificados. Algunos de estos efectos dependen de la dosis y pueden aumentar con el tiempo.

5.2. Evaluación del olor

Como ya se ha comentado, la evaluación del olor resulta compleja. En 1988, Fanger definió las bases para una mejor comprensión de muchos de los problemas que se manifiestan en un interior al incorporar este concepto a sus estudios e introducir dos unidades nuevas, el olf y el decipol, para cuantizar las fuentes contaminantes y los niveles de contaminación tal como los percibe el ser humano.

Un olf se define como la contaminación emitida (bioefluentes) por una persona estándar, es decir un adulto medio que trabaja en una oficina o en un entorno no industrial similar, sedentario, que está en un ambiente de confort térmico, y que tiene un estándar higiénico equivalente a 0,7 baños/día. A partir de esta definición de olf cualquier otra fuente contaminante puede expresarse en número de olfs, es decir, en número de personas estándar necesarias para que el aire resulte igualmente

¹⁷ NTP 358: Olores: un factor de calidad y confort en ambientes interiores

¹⁸ Calidad de aire interior. Artículo 44. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Xavier Guardino Solá

insatisfactorio. La calidad de un aire puede, por tanto, expresarse en función del porcentaje de insatisfechos, es decir del número de personas que cuando entran en un local encuentran el aire inaceptable.

Para llevar a cabo la evaluación del olor existen dos métodos:

- El **método decipol** utiliza un panel de unas 10 personas entrenadas para evaluar la calidad de un aire directamente en decipoles. Para ello utiliza como referencia 2-propanona y la producción del olor se basa en la evaporación pasiva de este compuesto que se hace llegar al panelista mediante un flujo de aire constante. Previamente se ha establecido (265 personas) la relación entre calidad de aire percibida en decipoles y concentración en aire de 2-propanona y esta relación se utiliza para entrenar a las personas que van a efectuar las mediciones.
- El **método umbral** se diluye una muestra de aire con aire limpio (sin olor) para determinar la dilución a la cual el 50% de un panel de 8 personas ya no puede distinguir entre el aire diluido y el aire limpio. El número de diluciones, expresado en unidades de olor por m³ de aire a 20°C (u.o./m³), es el valor numérico para la concentración de olor de la muestra de aire original.

6. Edificio enfermo

El “síndrome del edificio enfermo” se define como la situación en la que en un determinado edificio, más personas de lo normal (más de un 20%¹⁹ de personas) manifiestan tener un conjunto de síntomas inespecíficos pero bien definidos (escozor de ojos, sequedad de la piel, congestión nasal), que desaparecen al abandonar el edificio. Incluye un grupo de síntomas de vías respiratorias altas y bajas, dermatológicos, oculares y sistémicos, que aparecen a las horas de permanecer en el interior de un edificio y mejoran tras alejarse de dicho ambiente.

La OMS lo define como un conjunto de enfermedades originadas y/o producidas por la contaminación ambiental del interior de los edificios y diferencia entre dos tipos distintos de edificio enfermo:

- El que presentan los edificios temporalmente enfermos, en el que se incluyen edificios nuevos o de reciente remodelación en los que los síntomas disminuyen y desaparecen con el tiempo, aproximadamente medio año.
- El que presentan los edificios permanentemente enfermos cuando los síntomas persisten, a menudo durante años, a pesar de haberse tomado medidas para solucionar los problemas.

Deben de afectar a varios de los individuos que conviven en un determinado lugar. Se han desarrollado cuestionarios específicos²⁰ para detectar síntomas entre los trabajadores de un edificio determinado, cuantificándolo numéricamente en forma del llamado “índice de síntomas del edificio”.

6.1. Factores que influyen

La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera que el 30% de Edificios sufren el “síndrome del edificio enfermo”.

El SEE puede producirse por factores como la insuficiente renovación de aire interior, presencia de materiales volátiles, compuestos químicos como biológicos (dióxido de carbono, monóxido de carbono, vapores orgánicos, fibras, partículas en suspensión.) tipos de actividad interior, hábitos de los ocupantes, entorno donde se hace la toma exterior de aire, etc.

¹⁹ NTP 289. Síndrome del edificio enfermo: factores de riesgo.

²⁰ NTP 290. El síndrome del edificio enfermo: cuestiones para su detección. NTP 280. El síndrome del edificio enfermo: cuestionario simplificado.

Los problemas de iluminación, ruido: contribuyen también al discomfort y a la aparición de algunos síntomas. Pero son fundamentalmente la temperatura y el grado de humedad los que más problemas generan debido a las desigualdades existentes entre unas zonas y otras del mismo edificio, ya que es difícil que su distribución sea homogénea.

6.1.1. Contaminantes volátiles del aire interior del edificio

Se trata de contaminantes volátiles procedentes de materiales aislantes, mobiliario, complementos de oficina, productos de limpieza, maquinaria etc. Los más habituales son:

- **Componentes orgánicos volátiles:** formaldehído, disolventes, compuestos desprendidos de impresoras y fotocopiadoras, pinturas y barnices. Éstos potencian el resultado de la percepción del olor y la irritación sensorial ²¹.
- **Polvo y fibras del ambiente interior:** asbesto, fibra de vidrio, polvo de papel, papel autocalcable, descomposición de materiales de construcción, suciedad.
- **Bioaerosoles:** bacterias, hongos, virus, ácaros, excrementos y pelos de animales.
- **Vapores de escape de vehículos y de la industria.**
- **Contaminantes generados por la actividad humana:** dióxido de carbono, perfume.
- **Humo del tabaco:** en estudios donde se ha analizado, se ha demostrado el hecho de que los no fumadores que trabajan con fumadores presentan más síntomas que aquellos que se encuentran en un ambiente sin humo. Si se elimina el humo de tabaco disminuyen los síntomas.
- **Otros:** presencia de deterioro por humedades, pesticidas, radón, materiales del edificio, productos de la combustión del carburante, etc.

6.1.2. Sistema de ventilación del edificio

Se precisa una buena ventilación para disminuir la concentración de contaminantes ambientales que potencialmente puedan producir síntomas. En algunos estudios se ha relacionado el grado y tipo de ventilación con los síntomas; a menos ventilación mayor afectación clínica. Una proporción de ventilación mayor de 10 l/s/persona parece disminuir la prevalencia de síndrome del edificio enfermo.

Sin embargo, en otros, la relación obtenida ha sido inversa, atribuyéndolo a un inadecuado sistema de aire acondicionado (Ej. polutantes y microorganismos generados en el sistema de conducción o contaminantes transportados a distintas zonas del edificio siguiendo los gradientes de presión de las distintas áreas de trabajo).

En cuanto a los tipos de ventilación, la natural disminuye mucho la probabilidad de que se presenten síntomas, a pesar de que los rangos de humedad y temperatura no se encuentren entre los límites aconsejados. Cuanto más hermético es el edificio, más posibilidades de que se genere patología. Los factores físicos son importantes: temperatura mayor de 23°C, humedad inferior al 40% o superior al 60%, ruido, iluminación inadecuada, controles ambientales y de iluminación no ajustables por el usuario, aumentan la prevalencia de los síntomas. Techos bajos inferiores a 2,4 metros, amplias áreas de archivo de documentación en papel y servicios de mantenimiento del edificio ineficaz y con mala comunicación con los usuarios se han relacionado también con mayor prevalencia de síntomas.

La medición de CO₂ es un buen parámetro para medir la calidad del aire: cuando las renovaciones son insuficientes, la concentración de CO₂ supera las 1.000 ppm.

Los problemas frecuentes de los edificios con aire acondicionado y bajo nivel de renovación del aire interior suelen ser los que se enumeran a continuación:

²¹ Indoor air pollutants in office environments: Assessment of comfort, health, and performance. International Journal of Hygiene and Environmental Health. Peder Wolkoff. 2012.

- Contaminantes procedentes del exterior que ingresan por las tomas de aire.
- Contaminación generada por los ocupantes: tabaco, fotocopiadoras, operaciones de pintura, limpieza, reparación cuya renovación es insuficiente.
- Contaminantes que provienen de zonas especiales: cocina, imprenta, laboratorio y que distribuyen al resto del edificio por los conductos
- Olores permanentes
- Diferencias de calidad del aire entre zonas próximas
- Presencia elevada de contaminantes biológicos (virus y bacterias) que se depositan en los conductos e instalaciones.

Es de suma importancia mantener el edificio libre de humos de tabaco, un sistema de ventilación común necesita al menos 3 horas para eliminar el 95% del humo de un solo cigarrillo y el 5% que queda es todavía nocivo. Los filtros y los purificadores de aire logran eliminar partículas del humo de tabaco, pero no actúan sobre aquellas depositadas en las superficies de la habitación. Lo mismo ocurre con los materiales usados para la limpieza y desinfección, con el ozono desprendido por las fotocopiadoras, y con otros productos que se lanzan al ambiente.

6.1.3. Factores relacionados con la organización del trabajo

Un estatus bajo a nivel laboral, aumento del estrés y escasa satisfacción laboral, favorecen la aparición del síndrome del edificio enfermo. El espacio disponible por el trabajador y la concentración de máquinas de oficina en áreas determinadas favorecen también la aparición de síntomas. El número de horas pasadas delante de los monitores de ordenador también se ha relacionado con aumento en los síntomas.

6.1.4. Factores dependientes del huésped

Los síntomas predominan en el sexo femenino²², con historia previa de atopia, hiperreactividad bronquial, asma o enfermedades de la piel.

6.2. Consecuencias a la salud²³

La sintomatología asociada al síndrome del edificio enfermo más común es²⁴:

- **Oculares:** irritación, sequedad, picor.
- **Nasales y faríngeos:** obstrucción nasal es el más frecuente; posteriormente sequedad en la garganta, irritación y prurito. Rinitis con estornudos y rinorrea es menos frecuente
- **Respiratorios:** tos, opresión torácica, disnea.
- **Neuropsicológicos:** el más prevalente es la astenia que de forma característica aparece a las horas de permanecer en un edificio (habitualmente en el trabajo), y mejora a los minutos de abandonarlo; otros menos frecuentes: cefalea, no migrañosa ni pulsátil, con sensación de presión en la cabeza; letargia, irritabilidad, dificultad de concentración, bajo rendimiento intelectual.
- **Cutáneos:** sequedad, picores...

Estos síntomas los relaciona el paciente con un edificio determinado, habitualmente del medio laboral sobre todo oficinas, ya que es en este ambiente donde más se ha descrito este síndrome, aunque

²² Niven RM, Fletcher AM, Pickering CA, Faragher EB, Potter IN, Booth WB et al. Building sickness syndrome in healthy and unhealthy buildings: an epidemiological and environmental assessment with cluster analysis. *Occup Environ Med* 2000; Sep;57(9):627-634.

²³ Niven RM, Fletcher AM, Pickering CA, Faragher EB, Potter IN, Booth WB et al. Building sickness syndrome in healthy and unhealthy buildings: an epidemiological and environmental assessment with cluster analysis. *Occup Environ Med* 2000; Sep;57(9):627-634.

²⁴ Indoor air pollutants in office environments: Assessment of comfort, health, and performance. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. Peder Wolkoff. 2012.

también se han dado casos en hospitales, colegios y domicilios. Lo característico es el inicio de los síntomas a las pocas horas de entrar en el edificio, y la mejoría de todos los síntomas excepto los cutáneos, a las horas de abandonarlo. Las alteraciones dermatológicas pueden tardar días en desaparecer.

Estos síntomas no amenazan la vida del paciente, pero conllevan bajas laborales y descenso de la productividad. Afectan con distinta intensidad a los distintos trabajadores, dependiendo de los microambientes donde estén ubicados y de la susceptibilidad individual.

6.3. Factores de riesgo para desarrollar síndrome del edificio enfermo

Dado que no existe una única causa capaz de desencadenarlo se han sugerido distintos factores relacionados tanto con el edificio y su ambiente interior, como con el individuo que facilitan su desarrollo.

6.3.1. Relacionados con el edificio:

- Problemas de mantenimiento y limpieza.
- Equipos de oficina modernos: ordenadores.
- Grandes áreas de archivos (papel) próximas al personal.
- Ventilación artificial.
- Edificios grandes.
- Controles ambientales centralizados, no locales.
- Edificios viejos o recientemente remodelados.
- Amplias zonas de moquetas, revestimientos.

6.3.2. Relacionados con el ambiente interior:

- Humedad ambiental baja (menor de 40°) o excesiva (mayor de 60°).
- Poca renovación del aire con aporte exterior (menos de 10 l/s/persona).
- Humo de tabaco en el ambiente interior.
- Zonas de humedad visible.
- Liberación de contaminantes: polvo, disolventes, emisión de fotocopiadoras e impresoras.
- Iluminación fluorescente en mal estado.
- Temperatura excesiva (más de 23°C en edificios con aire acondicionado).
- Ruidos ambientales.

6.3.3. Relacionados con el individuo:

- Sexo femenino y joven.
- Enfermedades previas: atopia, asma.
- Problemas psicosociales.
- Menor jerarquía en el puesto laboral.
- Estrés y desencanto laboral.

6.4. Prevención de SEE

A continuación, se enumeran algunas medidas útiles para evitar el “síndrome del edificio enfermo”:

- Mejorar los sistemas de ventilación de los edificios y su mantenimiento (tasa de renovación del aire mayor de 10 l/s/persona).
- Ventilación natural.
- Evitar problemas de humedades.
- Evitar materiales con componentes volátiles.
- Buena limpieza de los edificios.
- Espacio suficiente para los trabajadores.
- Equipos de oficina en áreas con adecuada ventilación.
- Regulación local de temperatura, humedad, ruido e iluminación.
- Crear buen ambiente laboral en los trabajadores y sus superiores.
- Evitar situaciones de estrés laboral.
- Ambiente interno del edificio libre de humo.



CAPITULO II. MARCO NORMATIVO: CALIDAD DEL AIRE

CAPITULO II. MARCO NORMATIVO: CALIDAD DEL AIRE

7. Normas de calidad del aire exterior

Contienen los límites legales establecidos para los niveles de contaminantes atmosféricos en el ambiente exterior durante un período de tiempo dado. Se basan en un conjunto de consideraciones técnicas, económicas, sociales y políticas. Generalmente, se refieren al aire exterior y, normalmente, a períodos de exposición de 24 horas.

Las concentraciones límites fijadas son muy diferentes, lo que hace pensar que los criterios que se usan para la adopción de las normas son más políticos que científicos. Así, por ejemplo, las concentraciones límites medias de partículas varían entre $0,05 \text{ mg/m}^3$ y $0,5 \text{ mg/m}^3$ siendo²⁵:

- Las concentraciones límites medias más severas para períodos cortos (menores de 1 día), las indicadas en las normas japonesas.
- Las concentraciones límites medias más severas para períodos largos (de unos 2 meses al año), se encuentran en las normas canadienses y estadounidenses.

7.1. Normativa para los diferentes contaminantes del ambiente interior.

La definición de normas y patrones específicos para el aire interior es producto de una política en este campo por parte de los organismos responsables de su establecimiento y del mantenimiento de la calidad del aire interior a niveles aceptables.

En la práctica, las tareas se dividen y comparten entre numerosas entidades responsables de controlar la contaminación, mantener la salud, garantizar la seguridad de los productos, vigilar la higiene profesional y regular la edificación y la construcción.

El establecimiento de un reglamento está encaminado a limitar o reducir los niveles de contaminación en el aire interior. Tal objetivo puede alcanzarse controlando las fuentes de contaminación existentes, diluyendo el aire interior con aire exterior y comprobando la calidad del aire disponible. Se requiere para ello el establecimiento de límites máximos específicos para los contaminantes presentes en el aire interior.

²⁵ Edificios saludables para trabajadores sanos: calidad de ambientes interiores. F. Javier Rey Martínez et al (2006) Editado por Junta de Castilla y León. Consejería de Economía y Empleo.

La concentración de cualquier contaminante no biológico en el aire interior sigue un modelo de masa equilibrado expresado en la siguiente ecuación:

$$\frac{dCi}{dt} = \frac{1}{V} + n \cdot C - a \cdot Ci - nCi$$

Donde:

C_i = la concentración del contaminante en el aire interior (mg/m^3);

Q = la tasa de emisión (mg/h);

V = el volumen de espacio interior (m^3);

C_o = la concentración del contaminante en el aire atmosférico (mg/m^3);

n = la tasa de ventilación por hora,

a = la tasa de degradación del contaminante por hora.

Generalmente se observa que, en condiciones estáticas, la concentración de los contaminantes presentes dependerá en parte de la cantidad del compuesto liberado al aire por la fuente de contaminación y su concentración en el aire atmosférico, y de los diferentes mecanismos por los que se elimina el contaminante. Los mecanismos de eliminación incluyen la dilución del contaminante y su “desaparición” con el tiempo. Todos los reglamentos, recomendaciones, normas y patrones que pueden establecerse para reducir la contaminación deben considerar estas posibilidades.

Es posible establecer diferentes tipos de valores de referencia aplicables al aire interior en función del tipo de población a la que es necesario proteger. Los valores pueden basarse en normas de calidad para el aire ambiente, en valores específicos para contaminantes concretos (como dióxido de carbono, monóxido de carbono, formaldehído, compuestos orgánicos volátiles, radón, etc.), o pueden basarse en normas utilizadas generalmente en higiene del trabajo. Estos últimos son valores formulados exclusivamente para su aplicación en el medio ambiente industrial.

Debido a esta posibilidad, muchos autores, al tratar el tema del medio ambiente de interior, utilizan como referencia los valores límite de exposición para ambientes industriales establecidos por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales del Gobierno (ACGIH) de Estados Unidos. Tales límites se denominan valores límite umbral (TLV), e incluyen valores límite para días de trabajo de ocho horas y semanas de trabajo de cuarenta horas.

Con respecto a los contaminantes biológicos, no existen criterios técnicos para su evaluación que puedan ser aplicables al ambiente industrial o a espacios de interior, como es el caso de los TLV de la ACGIH para contaminantes químicos.

Se debe a la propia naturaleza de los contaminantes biológicos, que muestran una amplia variabilidad de características que dificultan el establecimiento de criterios para su evaluación generalizados y validados para una situación concreta. Entre las características se incluyen la capacidad reproductiva del organismo en cuestión, el hecho de que la misma especie microbiana puede presentar varios grados de patogenicidad o el hecho de que las alteraciones en factores ambientales como la temperatura y la humedad pueden influir en su presencia en un medio ambiente determinado.

No obstante, a pesar de estas dificultades, el Comité de Aerosoles Biológicos de la ACGIH ha desarrollado normas para evaluar estos agentes biológicos en ambientes de interior. Estas normas se reflejan en la publicación “Guidelines for the Assessment of Bioaerosols in the Indoor Environment” de 1989.

7.2. Normas y directrices existentes

Diferentes organizaciones internacionales, como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Consejo Internacional de Investigación de Edificios (International Council of Building Research, CIBC), organizaciones privadas como la ASHRAE, países como Estados Unidos y Canadá, entre otros, están estableciendo normas y directrices de exposición. Por su parte, la Unión Europea (UE), a través del Parlamento Europeo, ha presentado una resolución sobre la calidad del aire en espacios de interior, donde se establece la necesidad de que la Comisión Europea proponga, lo antes posible, directivas específicas que incluyan:

1. Una lista de sustancias que deben prohibirse o regularse, tanto en la construcción como en el mantenimiento de edificios.
2. Normas de calidad aplicables a los diferentes tipos de ambientes de interior.
3. Protocolos de procedimiento para la gestión y mantenimiento de las instalaciones de aire acondicionado y ventilación.
4. Normas mínimas para el mantenimiento de edificios abiertos al público.

Muchos compuestos químicos tienen olores y cualidades irritantes a concentraciones que, de acuerdo con nuestros conocimientos, no son peligrosas para los ocupantes de un edificio pero que pueden ser percibidos por un gran número de personas, para las que, por tanto, pueden resultar molestas.

Los valores de referencia actualmente utilizados tienden también a cubrir esta posibilidad.

7.3. La legislación referente al control de calidad del aire.

La legislación española referente al control de calidad del aire está recogida en los documentos que se presentan a continuación.

El RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE), aprobado por el Real Decreto Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (con revisión vigente desde 14 de febrero de 2016)

A continuación, se comenta brevemente los puntos más relevantes sobre Calidad del aire interior:

- La ITE 0.2.2.1 junto con la UNE-EN ISO 7730 fija cuales son las condiciones interiores de bienestar térmico (temperatura, humedad, velocidad media del aire...)
- La ITE 0.2.2.2 aborda directamente la Calidad del aire interior y ventilación, imponiendo una aportación mecánica de aire en sistemas de acondicionamiento de aire, siendo recomendable para los sistemas diseñados para controlar la temperatura. Este aire exterior será siempre filtrado y tratado térmicamente antes de su introducción en los locales. Los criterios de ventilación los remite a la norma UNE 10011 que se comentará posteriormente.
- La ITE 0.2.4.4 prevé verificar la estratificación del aire en especial para locales de altura superior a 4 m.
- La ITE 0.2.4.5, contempla variar automáticamente el caudal de aire exterior mínimo de ventilación en función del número de personas presentes.
- La ITE 02.4.6 aconseja el enfriamiento gratuito por aire exterior, obligándolo si procede para subsistemas de caudales $>3\text{m}^3/\text{s}$ y funcionamiento superior a 1000 h.
- De manera similar en la ITE 02.4.7 aborda el tema de la recuperación de calor del aire de extracción, de manera que el aire de ventilación que tenga que ser expulsado al exterior por medios mecánicos, puede utilizarse para el pretratamiento térmico del aire nuevo que se aporte desde el exterior. Siendo obligado diseñar con una eficacia del 45% a partir de 10800 m^3/h y 1000 h anuales.

- La ITE 02.4.9, recuerda que salvo excepciones no se permite la acción simultánea de fluidos con temperatura opuesta.
- En la ITE 08, referentes obliga al mantenimiento por un de instalaciones superiores a 70kW, llevando un registro el mantenedor autorizado, como por ejemplo revisión y limpieza mensual de los filtros de aire. Para las inferiores a 70kW remite a las instrucciones del fabricante.

Como se puede observar básicamente la normativa del RITE sobre IAQ se encuentra en la ITE 02 y en especial la 2.2.2 que está previsto que se amplíe en breve en la futura revisión del RITE.

Las normas UNE son un referente continuo en el RITE, a continuación, se relacionan algunas de estas normas:

- UNE 100101 Conductos para transporte de aire. Dimensiones y tolerancias.
- UNE 100102 Conductos de chapa metálica. Espesores. Uniones. Refuerzos.
- UNE 100103 Conductos de chapa metálica. Soportes.
- UNE 100104 Conductos de chapa metálica. Pruebas de recepción.
- UNE 100105 Conductos de fibra de vidrio para transporte de aire.
- UNE 123001 Chimeneas. Cálculo y diseño.
- UNE-EN779 Filtros de aire utilizados en ventilación general para eliminación de partículas. Requisitos, ensayos, marcado.
- UNE-EN 1886 estanqueidad UTAs, aunque se está revisando en la
- UNE 100180.

Otras normas UNE como la 100030: Prevención de *Legionella* en instalaciones de edificios (Se adapta a la legislación vigente sobre *Legionella*, concretamente al Real Decreto 865/2003) y la norma UNE 100011, se desarrollarán en capítulo aparte dada su importancia en la IAQ.

Otras normas UNE/EN que no son de referencia directa del RITE, pero si destacables:

- EN 28996/95 Determinación calor metabólico.
- EN 27726/95 Ambientes térmicos.
- EN 27243/95 Ambientes calurosos. Índice WBGT.
- EN 12515/97 Ambientes térmicos calurosos.
- UNE-ENV ISO 11079/98, Evaluación de ambientes fríos.
- ISO 9886/92, Sobrecarga física.
- ISO 9920/95 Ergonomía del ambiente térmico.
- UNE 171330: Parte 1. Diagnóstico de calidad ambiental interior, que recoge la metodología para llevar a cabo el diagnóstico de la calidad ambiental interior. Cada una de las fases del proceso de diagnóstico se encuentra desarrollada en el texto, junto a subprocesos e instalaciones que se pueden encontrar.

7.3.1. UNE-EN ISO 7730

La UNE-EN-ISO 7730 sobre Ambientes térmicos moderados, establece la determinación de los índices PMV y PPD y especificaciones de las condiciones para el bienestar térmico.

Esta norma especifica métodos de medida y de evaluación de ambientes térmicos moderados y extremos en los que se desenvuelve el hombre. Presentan un método para la estimación de la sensación térmica y el grado de incomodidad (insatisfacción térmica) de las personas expuestas a ambientes térmicos moderados, y permite especificar ambientes térmicos aceptables para el bienestar.

Estos índices son el Voto Medio Estimado (PMV), que refleja la opinión de un grupo de personas sobre su sensación térmica en una escala de 7 niveles, de -3 (frío) a +3 (muy caluroso), pasando por el 0 (neutro). El Porcentaje estimado de insatisfechos (PPD) establece una previsión cuantitativa del número de personas insatisfechas con el ambiente térmico, y se determina en función del PMV.

La norma trata también de los índices de malestar térmico local, que son fundamentalmente las molestias por corrientes de aire: (DR = Draught Rating), que se determinan en función de la temperatura del local, la velocidad media del aire y la intensidad de la turbulencia. Finalmente

comenta los ambientes térmicos aceptables para el bienestar y añade diversos anexos con tablas y programas de cálculo.

7.3.2. Relativa a la Ventilación

- NORMA UNE 100011

La norma UNE 100011 Climatización sobre La ventilación para una calidad aceptable del aire en la climatización de los locales, es el referente más importante sobre IAQ que nos remite el RITE.

Se desarrollan conceptos como: Criterios de calidad de aire aceptable y valores máximos de sustancias contaminantes; y caudales de aire de aire exterior en función del tipo de local, personas y m².

- NORMA UNE 100012

La norma UNE 100012 sobre Higienización de sistemas de climatización, vincula la higiene del sistema de climatización a la calidad del aire interior y establece valores microbiológicos y de contenido en partículas. Define una serie de Límites de Aceptabilidad en referencia a las instalaciones de aire acondicionado y del aire que manipulan.

7.3.3. CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN. CTE

El Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, aprobó el Código Técnico de la Edificación, vigente en la actualidad, mediante el cual se pretende fomentar la calidad de los edificios.

En el Artículo 13, hace referencia a las Exigencias básicas de salubridad (HS), entre las que se destaca la “Exigencia básica HS 3: Calidad del aire interior”, donde se dispone que los edificios de viviendas, trasteros y garajes, deben de poderse ventilar adecuadamente eliminando los contaminantes. Cuantifica los caudales de ventilación y se establecen los criterios de diseño, dimensionado, construcción y mantenimiento.

Otros Artículos relevantes son:

- Artículo 14. Exigencias básicas de protección frente al ruido (HR).
- Artículo 15. Exigencias básicas de ahorro de energía (HR).

7.4. Estándares y guías de calidad del aire en ambientes interiores. IEQ.

- Canada Environmental Health Directorate: Exposure Guidelines for Residential
- American Industrial Hygiene Association (AIHA): Workplace Environmental Exposure Levels (WEELs)
- Occupational Safety and Health Agency (OSHA): Permissible Exposure Limits (PELs)
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH): Threshold Limit Values (TLVs)
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH): Recommended Exposure Levels (RELs)
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA): National Ambient Air Quality Standards (NAAQS)
- World Health Organization (WHO): Air Quality Guidelines for Europe
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE): Standard 62-1989

7.4.1. CEN CR 1752

Ventilation For Buildings-Design Criteria For The Indoor Environment de 1998. La norma europea sobre ventilación de edificios, criterios de diseño para la calidad de aire interior, se basa en determinar el caudal de ventilación mínimo para minimizar o anular los riesgos para la salud y que además sea percibido por los ocupantes sin producir irritaciones ni malos olores. Debe, por tanto, realizarse un doble cálculo, el asociado a la ventilación mínima y la específica para anular las cargas interiores latente y sensible del edificio. Para el diseño, se deberá utilizar el valor más elevado.

Esta norma introduce los conceptos de polución generada por personas y edificios, calidad del aire percibida (CAI), categorías de CAI, fuentes de polución, eficiencia de la ventilación, etc., y sus unidades, que ayudan a establecer los criterios de diseño para mantener una aceptable calidad de aire interior, aunque los caudales de ventilación que se obtienen por la aplicación estricta de la misma resultan elevados.

7.4.2. ASHRAE

La Asociación Americana de Ingenieros de Calefacción y Acondicionamiento de Aire (A.S.H.R.A.E.), siempre ha sido un referente internacional en cuestiones de climatización, confort y ventilación de locales, a continuación, se relacionan las más destacables:

- ASHRAE Standard 62-2001. Ventilation for acceptable indoor air quality (Ventilación para una aceptable calidad del aire interior), especifica los mínimos índices de ventilación y de IAQ aceptables para los ocupantes. Se aplica a todos los espacios interiores o cerrados que puedan ser ocupados por personas, excepto en aquellos donde otras normativas imponen índices de ventilación más elevados.
- ASHRAE Standard 62-2-2003 - Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings. (Ventilación y Calidad de Aire Interior en Edificios de Viviendas de Baja Altura). Esta norma define los papeles de los mínimos requisitos para los sistemas de ventilación mecánica y natural y las características de los cerramientos del edificio para proporcionar una calidad del aire interior aceptable en los edificios residenciales de baja altura.

Se aplica a espacios ocupados por personas en edificios unifamiliares o plurifamiliares de tres plantas o menos, incluyendo casas prefabricadas o modulares. No es aplicable a hoteles, moteles, residencias, cárceles, etc.

- ASHRAE Standard 113-1990. Method of testing for room air diffusion. (Método de ensayo de difusión de aire en habitaciones). Define los equipos y métodos a utilizar para evaluar la difusión del aire en los ambientes interiores tratados con sistemas de HVAC.
- ASHRAE Standard 55-1992. Thermal environmental conditions for human occupancy. (Condiciones térmicas ambientales para ocupación humana). Especifica las combinaciones del ambiente interior y los factores personales que producen unas condiciones térmicas aceptables para el 80% o más de los ocupantes del espacio interior.
- ASHRAE Standard 129-1997. Measuring air change effectiveness. (Medida de la efectividad de las renovaciones de aire). Prescribe un método para medir la efectividad de la renovación de aire en los espacios y edificios ventilados mecánicamente según criterios especificados. La efectividad de la renovación del aire es una medida de la distribución del aire exterior en el nivel de la respiración dentro del espacio ventilado.
- ASHRAE Standard 52-2-1999. Testing general ventilation air-cleaning devices for removal efficiency by particle size. (Ensayo de los dispositivos de lavado de aire para eliminación de partículas). Describe métodos de ensayo para dos importantes características de la eficiencia de los lavadores de aire. La capacidad del sistema para eliminar partículas de las corrientes de aire y su resistencia al flujo de aire. Los resultados son útiles para los ingenieros de diseño para especificar y comparar lavadores de aire
- ASHRAE Standard 52-1-1992. Gravimetric and dust-spot procedures for testing air-cleaning devices for removing particulate matter. (Procedimientos gravimétricos para el ensayo de

dispositivos de lavado de aire para eliminar materia particulada). Establece los procedimientos de ensayo para la evaluación de la eficiencia de los dispositivos lavadores de aire para eliminar materia particulada. Establece especificaciones de los equipos requeridos, define métodos de tratamiento de los datos y establece formatos para la presentación de resultados. Define procedimientos para medir la capacidad de los equipos de lavado para quitar el polvo y la materia particulada.

- ASHRAE Standard 119-1988 (RA-94). Air Leakage Performance for Detached Single-Family Residential Buildings. (Eficiencia de la estanqueidad en viviendas unifamiliares aisladas). Describe los procedimientos y los equipos necesarios para la medida de la estanqueidad de las viviendas unifamiliares aisladas.
- Guideline 5-1994 (RA 2001). Commissioning Smoke Management Systems. (Verificación de Sistemas de Gestión y Control de Humo). Proporciona métodos para verificar y documentar que la eficiencia de los sistemas de control del humo está de acuerdo con las especificaciones del proyecto. Cubre todos los tipos de sistemas de control de humo; documentación sobre la ocupación y los requisitos de utilización; documentación sobre las especificaciones del diseño, descripción del sistema y de su funcionamiento; pruebas de eficiencia funcional y documentación necesaria para la evaluación de la aceptación del sistema. Cubre también las pruebas de integración con otros sistemas del edificio que afectan a la eficiencia del sistema de control de humo, como los sistemas de detección y alarma, controles de la instalación de HVAC, suministros de potencia, cortes, etc.
- ASHRAE Standard 154-2003. Ventilation for Commercial Cooking Operations. (Ventilación para Operaciones de Cocinas Industriales). El objetivo de esta norma es proporcionar criterios de diseño para la eficiencia de los sistemas de ventilación en las operaciones de cocinas industriales. Esta norma da instrucciones para la determinación de los índices de extracción de las campanas, configuraciones de entrada de aire, tipos de campanas y de sistemas de ventilación.

Otras normativas internacionales referidas al ambiente interior son:

- EUROVENT Clasificación sistemas de filtración.
- EUROPEAN CONCERTED ACTION Report nº 11 Guía de necesidades de ventilación de edificios.
- Comité Europeo Normalización CEN CT nº 156 Normas parámetros de ventilación y diseño de ambientes interiores.
- Norma VDI 6022 Estándares higiénicos Oficinas y mantenimiento sistemas
- Ventilación y Climatización.
- NADCA ACR2002 Valoración, Limpieza y Restauración SVAA.
- HVCA TR/17 Guía de limpieza de SVAA.

7.5. SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales y en concreto en el RD 486/1997 de 14 de abril, publicado en el BOE 23/4/97, que fija las “Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en los Lugares de Trabajo”, y por tanto obligatorio en todo tipo de ambiente laboral, tal como se especifica en el Capítulo II, Art. 7 y en especial en el Anexo III donde marca las Condiciones ambientales de los lugares de trabajo.

Dichas condiciones hacen referencia a temperatura, humedad relativa, velocidad del aire y sobretodo fija una renovación mínima del aire en los locales de trabajo de 30m³/h por persona en trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y de 50m³/h en los casos restantes trabajos, de manera que la distribución de las entradas de aire limpio y las salidas del aire viciado, deberán asegurar una efectiva renovación del aire del local de trabajo.

7.5.1. Notas Técnicas de Prevención (NTP)

El INSHT Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, ha elaborado un número importante de Notas Técnicas de Prevención en relación a la ventilación de los lugares de trabajo y sobre la calidad del aire en general, a continuación, se nombran las más directamente relacionadas:

- NTP-243. Ambientes cerrados: calidad del aire.

Con esta Nota Técnica de Prevención sobre la calidad del aire en los ambientes cerrados se inicia el tratamiento de un problema que no sólo afecta a la población laboral, sino también al resto de la comunidad, ya que está demostrado que el hombre urbano pasa entre el 80 y el 90% de su tiempo en ambientes cerrados, contaminados en mayor o menor grado. Hace referencia a los tipos de contaminantes y fuentes de contaminación, así como enumera métodos para el control de la calidad del aire.

- NTP-288. SEE Enfermedades relacionadas y bioaerosoles.

Señala el papel fundamental que los bioaerosoles desempeñan en la contaminación de los edificios. Apunta las diferentes enfermedades que se pueden desarrollar como causa de permanecer un 80 y 90% del tiempo en un edificio enfermo.

- NTP-289. Síndrome del edificio enfermo. Factores de riesgo.

Describe la metodología general para diagnosticar e investigar aquellos edificios aquejados de un Síndrome de Edificio Enfermo.

- NTP 290. Síndrome del edificio enfermo. Cuestiones para su detección

Propone un modelo de cuestionario, preparado y utilizado por el Grupo de trabajo sobre el Síndrome del Edificio Enfermo del Centro Nacional de Condiciones de Trabajo, y cuya finalidad es recoger la información necesaria sobre las quejas planteadas por los ocupantes del Edificio Patógeno buscando la definición precisa de las mismas, así como su magnitud y distribución. El análisis de los datos así obtenidos permitirá decidir la estrategia de actuación posterior.

- NTP 380: El síndrome del edificio enfermo: cuestionario simplificado

Esta nota técnica propone un modelo de cuestionario simplificado que no sólo permite identificar el citado síndrome (edificios en los que el 20% o más de sus ocupantes presentan uno o más de los síntomas característicos), sino también comparar prevalencias o medias de síntomas antes y después de la aplicación de soluciones, antes y después del traslado de los ocupantes a otro edificio/planta o la comparación de varios edificios.

- NTP 299: Método para el recuento de bacterias y hongos en el aire.

Principal nota técnica empleada para el desarrollo del presente estudio. Describe el método a seguir para llevar a cabo el recuento de contaminantes en el aire. Expone la metodología correspondiente a la toma, transporte y conservación de muestras de aire para la determinación de bacterias y hongos, así como el fundamento del método analítico, su campo de aplicación y sus limitaciones.

- NTP 313: Calidad del aire interior: riesgos microbiológicos en los sistemas de ventilación/climatización

Se establece los microorganismos que se pueden desarrollar en los sistemas de ventilación/climatización. Describe el funcionamiento de dichos sistemas, los principales focos de contaminación biológica y ofrece algunas medidas preventivas para disminuir la presencia de microorganismos en los sistemas.

- NTP 315: Calidad del aire: gases presentes a bajas concentraciones en ambientes cerrados

En la presente nota técnica de prevención se lleva a cabo una revisión de los compuestos químicos que, en forma de gases, son más frecuentemente detectados en el Interior de edificios donde

no se realizan actividades industriales. Los compuestos comentados son: óxidos de azufre, carbono y nitrógeno, ozono, cloro, sulfuro de hidrógeno, formaldehído, metilmercaptano y radón.

- NTP-335. Calidad de aire interior: evaluación de la presencia de polen y espora fúngicas.

Se expone el procedimiento a seguir para la evaluación en el aire de polen y esporas fúngicas, cuya presencia en el mismo puede ser el origen de la aparición o aumento de los casos de alergia detectados en un ambiente interior

- NTP-203. Evaluación contaminantes biológicos.

Expone métodos de actuación higiénica frente a los problemas derivados de la presencia de contaminantes biológicos en ambientes laborales susceptibles de provocar efectos nocivos en la salud del trabajador. Se exponen, asimismo, los diferentes procedimientos de muestreo ambiental técnicas analíticas y las recomendaciones a seguir para poder establecer unos criterios de valoración que sean propios de cada situación analizada.

- NTP 343: Nuevos criterios para futuros estándares de ventilación de interiores

La función primaria de un edificio en el que se desarrollan actividades de tipo no industrial (por ejemplo, oficinas, escuelas, viviendas, etc.) es proporcionar a los ocupantes un ambiente confortable y saludable en el que trabajar. Esto depende, en gran medida, de que el sistema de ventilación/climatización tenga un diseño, un funcionamiento y un mantenimiento apropiados (ASHRAE).

- NTP 358: Olores: un factor de calidad y confort en ambientes interiores

Describe las fuentes de olores en el ambiente interior, cómo se caracteriza y evalúa un olor y explica los criterios para la valoración de un efecto sensorial.

- NTP 409: Contaminantes biológicos: criterios de valoración.

Trata de resumir las razones que hacen difícil el establecimiento de criterios de valoración numéricos que permitan una interpretación sencilla de la situación de trabajo en cuanto a la presencia de microorganismos. Además, proporciona una guía básica que facilita la evaluación de la exposición a contaminantes biológicos.

- NTP 549: El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior

El dióxido de carbono es un gas incoloro e inodoro que se forma en todos aquellos procesos en que tiene lugar la combustión de sustancias que contienen carbono. En ambientes interiores no industriales sus principales focos son la respiración humana y el fumar; aunque los niveles de dióxido de carbono también pueden incrementarse por la existencia de otras combustiones (cocinas y calefacción) o por la proximidad de vías de tráfico, garajes o determinadas industrias. Esta nota técnica describe la metodología para usar el CO₂ como indicador de olor y de la ventilación necesaria.

- NTP-431. Caracterización CAI. NTP 431: Caracterización de la calidad del aire en ambientes interiores

En esta NTP se presenta un esquema para efectuar, de forma ordenada y efectiva, una investigación básica de calidad de aire interior (CAI) en un edificio. Para ello se propone un procedimiento que permite relacionar las quejas expresadas por sus ocupantes con la CAI y, también, identificar problemas latentes que aún no se hayan manifestado. No dirigido exclusivamente a trabajadores.

- NTP-488. Identificación de hongos en CAI. NTP 488: Calidad del aire: determinación ambiental de formaldehído y medición de su contenido en tableros

La presencia de formaldehído en aire es una de las causas más habituales de una mala calidad del aire interior, sin olvidar sus potenciales efectos nocivos a largo plazo. Esta nota técnica describe sus características y propiedades y los métodos de medición de su contenido en diferentes tipos de tableros.

- NTP 521: Calidad de aire interior: identificación de hongos

En ella se complementa a las anteriores NTP dedicadas a la calidad de aire interior desde el punto de vista microbiológico y en ella se describen los principales métodos para identificar los hongos presentes en determinados ambientes.

- NTP 607: Guías de calidad de aire interior: contaminantes químicos

Recoge valores guía de la Environmental Protection Agency estadounidense y de la Organización Mundial de la Salud para ciertos contaminantes químicos frecuentes en el aire interior. Según el INSHT, las guías deberían ser aplicables a cualquier ambiente interior no ocupacional y servir de ayuda al desarrollo de regulaciones y estándares para los edificios, incluidos escuelas, hospitales y servicios en general. Estas guías no son de obligado cumplimiento, sino que deben ser consideradas como recomendaciones y un valor guía representa un nivel de concentración que, cuando se exceda, aconseje emprender acciones para asegurar su reducción en el local o edificio afectado. Este valor debería ser considerado como un dato diana que asegure, en la mayoría de circunstancias y para la mayoría de individuos, la ausencia de efectos perjudiciales sobre la salud.

- NTP 608: Agentes biológicos: planificación de la medición.

Esta nota técnica forma parte de una serie dedicada a la medición de agentes biológicos. En esta primera se plantea la necesidad de una cuidadosa planificación de la medición para llevar a cabo una correcta evaluación de la exposición a agentes biológicos. La necesidad de la planificación parte de las dificultades que supone la aplicación de una típica metodología higiénica: identificación, medición y valoración del contaminante, que se concretan en la falta de criterios de valoración cuantitativos y en la escasa fiabilidad de los resultados debida, en parte, a la falta de caracterización de los equipos de muestreo de agentes biológicos respecto a sus eficacias de captación y a la supervivencia de los microorganismos.

- NTP 741: Ventilación general por dilución.

La presente NTP expone los principios de diseño de una instalación de ventilación general por dilución, considerando los distintos objetivos preventivos a cumplir. Se desarrollan los cálculos necesarios para dimensionar un sistema de ventilación por dilución para el control de los agentes químicos presentes, normalmente en naves o talleres industriales, con el objetivo de prevenir los riesgos por exposición inhalatoria. También se pone en evidencia la necesidad de un sistema de ventilación general para el correcto funcionamiento de los sistemas de extracción localizada en este tipo de locales.

- NTP 742: Ventilación general de edificios.

Esta nota técnica está basada en los requisitos que deben cumplir las instalaciones de ventilación y acondicionamiento de aire en edificios no residenciales, tal y como se recoge en la Norma UNE-EN 13779 de septiembre de 2005, Ventilación de edificios no residenciales'; para conseguir ambientes interiores aceptables.

- NTP 972: Calidad de aire interior: compuestos orgánicos volátiles, olores y confort

Esta Nota Técnica revisa las NTPs dedicadas a la calidad de aire en ambientes interiores. En ella se consideran las diferentes fuentes y tipos de contaminación por compuestos orgánicos volátiles en edificios y se presentan las metodologías para determinar los olores y el confort, y las bases para la evaluación de la calidad del aire interior.

- NTP 989: Calidad de aire interior: filtros de carbón activo para su mejora

La utilización de filtros de carbón activo para la mejora de la calidad de aire interior es una práctica habitual cuando se requiere un aire de calidad elevada o bien cuando el aire exterior presenta niveles altos de contaminantes gaseosos. En esta Nota Técnica de Prevención se exponen los aspectos a tener en cuenta en el empleo de estos filtros y se presenta un ejemplo sobre cómo evaluar su rendimiento.

7.5.2. Guías Técnicas

También cabe mencionar las siguientes Guías técnicas elaboradas por Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT):

- Guía sobre lugares de trabajo.
- Guía sobre señalización de seguridad y salud.
- Guía sobre pantallas de visualización.
- Guía sobre evaluación y prevención exposición agentes biológicos.

7.5.3. Normativa de obligado cumplimiento

- Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales
- Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.
- RD 39/97 Reglamento Servicios de Prevención.
- RD 486/97 Disposiciones mínimas en los lugares de trabajo.
- RD 488/97 Seguridad y salud puesto PVD.
- RD 485/97 Señalización.
- RD 664/97 Protección contra agentes biológicos.
- RD 665/97 Protección contra agentes cancerígenos.
- RD 374/01 Protección contra agentes químicos.
- RD 783/01 Protección sanitaria Radiaciones Ionizantes.
- RD 1066/01 Reglamento emisiones radioeléctricas.
- RD 1316/89 Protección trabajadores exposición a ruido.

Es importante destacar la Ley 28/2005, de 26 de diciembre, de medidas sanitarias frente al tabaquismo y reguladora de la venta, el suministro, el consumo y la publicidad de los productos del tabaco. Que en su artículo 7 establece una serie de prohibiciones para fumar en espacios cerrados. En su primer apartado prohíbe fumar en centros de trabajo públicos y privados, salvo en los espacios al aire libre. Así mismo, está prohibido fumar en establecimientos sanitarios, centros docentes o formativos, instalaciones deportivas, centros comerciales, salas de fiesta, hoteles, restaurantes, entre otros.

7.6. Contaminantes biológicos

En lo referente al RD 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, se define como agente biológico aquellos microorganismos, con inclusión de los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad. Siendo microorganismo toda entidad microbiológica, celular o no, capaz de reproducirse o de transferir material genético y cultivo celular es el resultado del crecimiento “in vitro” de células obtenidas de organismos multicelulares.

Los agentes biológicos se clasifican, en función del riesgo de infección, en cuatro grupos:

a) Agente biológico del grupo 1: aquél que resulta poco probable que cause una enfermedad en el hombre.

b) Agente biológico del grupo 2: aquél que puede causar una enfermedad en el hombre y puede suponer un peligro para los trabajadores, siendo poco probable que se propague a la colectividad y existiendo generalmente profilaxis o tratamiento eficaz.

c) Agente biológico del grupo 3: aquél que puede causar una enfermedad grave en el hombre y presenta un serio peligro para los trabajadores, con riesgo de que se propague a la colectividad y existiendo generalmente una profilaxis o tratamiento eficaz.

d) Agente biológico del grupo 4: aquél que causando una enfermedad grave en el hombre supone un serio peligro para los trabajadores, con muchas probabilidades de que se propague a la colectividad y sin que exista generalmente una profilaxis o un tratamiento eficaz.

De esta manera, en base al agente biológico se establece el riesgo de infección tanto individual como colectivo y por tanto la necesidad de tratamiento, que se recoge en la tabla 9:

Tabla 9. Clasificación de los agentes biológicos

Grupo de riesgo de los agentes biológicos			
Agente biológico del grupo de riesgo	Riesgo infeccioso	Riesgo de propagación a la colectividad	Profilaxis o tratamiento eficaz
1	Poco probable que cause enfermedad	No	Innecesario
2	Pueden causar una enfermedad y constituir un peligro para los trabajadores	Poco probable	Posible generalmente
3	Pueden provocar una enfermedad grave y constituir un serio peligro para los trabajadores	Probable	Posible generalmente
4	Provocan una enfermedad grave y constituyen un serio peligro para los trabajadores	Elevado	No conocido en la actualidad

En el Anexo II de este Real Decreto se presenta una lista de agentes biológicos, clasificados en los grupos 2, 3, ó 4, siguiendo el criterio expuesto en el apartado anterior. Para ciertos agentes se proporcionan también informaciones adicionales de utilidad preventiva. Para la correcta utilización de la citada lista, deberán tenerse en cuenta las notas introductorias contenidas en dicho Anexo.

Por otro lado, *Legionella* es el contaminante biológico sobre el que más se ha legislado en los últimos años, al ser una especie potencialmente virulenta para las personas expuestas a una concentración suficiente en forma de aerosol. Las referencias normativas más significativas son:

- Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis, publicado en el BOE núm. 171 de viernes 18 de julio de 2003, –en vigor desde el día siguiente de su publicación en el BOE– que sustituye al RD 909/2001.

Este R.D. incorpora para garantizar la eficacia de las medidas preventivas el R.D. 140/2003 de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua del consumo humano, y con carácter complementario se tendrá en cuenta la:

- UNE 100-030 IN Guía para la prevención de *Legionella* en instalaciones. Esta norma es de referencia en el RITE en la instrucción ITE 02.5 sobre producción centralizada de A.C.S., así como en la ITE 2.8 sobre los conductos de aire acondicionado, de manera que han de tener oberturas de servicio para su mantenimiento y limpieza, al menos cada 10 m, salvo que tengan medios para la recogida (filtros eficaces, impedir condensaciones, baja rugosidad).

Referente a los conductos, también hay que tener en cuenta compuertas cortafuegos en el paso a través de elementos compartimentadores de incendios, según exige la NBE-CPI-96.

Según el RD 865/2003, las empresas que realicen tratamientos a terceros con productos biocidas contempladas en su art. 2, deberán estar inscritas en el Registro Oficial de Establecimientos y Servicios Biocidas de la comunidad autónoma respectiva, según lo dispuesto en el art. 27 del RD 1054/2002 de 11 de octubre, por el que se regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas.

Todo el personal que trabaje en operaciones de mantenimiento higiénico-sanitario, deberá realizar los cursos que a tal efecto homologue el Ministerio de Sanidad y Consumo a propuesta de las comunidades autónomas correspondientes, de acuerdo con la Orden SCO/317/2003, de 7 de febrero.

Aunque *Legionella* es el contaminante biológico con una normativa más específica, no cabe olvidar que las enfermedades infecciosas se transmiten más fácilmente en los ambientes cerrados que en el exterior, ya que el volumen de aire en el cual se diluyen los microorganismos es más bajo, el

contacto directo es mayor y las personas pasan más tiempo en ambientes cerrados que en el exterior. También hay que considerar que muchas enfermedades contagiosas requieren el contacto directo entre huéspedes humanos para su transmisión, mientras que otras, tales como gripe, sarampión, viruela, tuberculosis y algunos resfriados comunes, se transmiten fácilmente por el aire pudiendo sobrevivir los microorganismos causantes de los mismos durante su paso a través del sistema de ventilación, si no se toman medidas específicas al respecto.

7.7. Contaminantes químicos

Los RD 1494/95²⁶ y 102/2011²⁷ definen y establecen valores límite para la protección de la salud para una serie de compuestos presentes en el aire ambiente, así como unos márgenes de tolerancia aplicables hasta la entrada en vigor de estos valores, que se recogen en una tabla.

En concreto en el R.D. 1494/95 se establece un umbral de protección de la salud (su superación supone un riesgo para la salud humana, en caso de prolongados episodios de contaminación): 110 g/m³ como valor medio en ocho horas. Para el caso del R.D. 102/2011 se establecen valores equivalentes para dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono.

La EPA (Environmental Protection Agency de EE.UU.) ha propuesto unos valores, ampliamente reconocidos, que, a menudo, son tomados como referencia para definir la calidad del aire exterior que puede utilizarse para la ventilación de un edificio.

La EPA establece dos tipos de estándares para la calidad del aire: Los estándares primarios, que fijan límites destinados a proteger la salud pública, incluyendo a la población más sensible tal como asmáticos, niños y ancianos, y los estándares secundarios que fijan límites para proteger el bienestar de la población y que, también, incluyen protección frente a una disminución de la visibilidad, daños a los animales, cosechas, vegetación y edificios.

La OMS (Organización mundial de la salud) ha preparado unas Guías para la Calidad del Aire (1999) como respuesta a la necesidad de emprender acciones y mejorar la legislación y la gestión respecto a la contaminación ambiental a nivel local, regional y nacional, en diversas tablas se dan valores guía para los contaminantes clásicos basados en efectos conocidos para la salud.

También sirve de guía genérica la NTP 607: Guías de calidad de aire interior: contaminantes químicos y el RD 374/01 de Protección contra agentes químicos.

Un caso particular es el de radón, existe una Recomendación de la Comisión de 21 de febrero de 1990 relativa a la protección de la población contra los peligros de una exposición al radón en el interior de edificios (90/143/Euratom) de DOCE de 27.3.90. En ella se establece, por lo que respecta a los edificios ya existentes, que el nivel de referencia corresponda a un equivalente de dosis efectiva de 20 mSv por año, lo que puede considerarse, a efectos prácticos, como el equivalente de una concentración media anual de 400 Bq/m³. Su regulación se prescribe en el RD 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes, en su título VII, se refiere a las exposiciones a fuentes naturales de radiación.

²⁶ Real Decreto 1494/1995, de 8 de septiembre, por el que se establece un sistema de vigilancia y de intercambio de información entre administraciones públicas en relación con la contaminación atmosférica por ozono. (BOE de 26 de septiembre).

²⁷ Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. (BOE de 29 de enero de 2011).



CAPITULO III. MARCO TEÓRICO Y NORMATIVO: TELETRABAJO

CAPITULO III. MARCO TEÓRICO Y NORMATIVO: TELETRABAJO

8. Antecedentes

El teletrabajo no es un fenómeno reciente, se hablaba ya de él a finales de los años 50, si bien entonces las posibilidades tecnológicas lo limitaban enormemente. A partir de la crisis económica de los 70 se crearon grandes expectativas alrededor del teletrabajo, pero la todavía estrecha difusión de las tecnologías no facilitaba el recurso masivo al teletrabajo, por lo que las estimaciones de rápido crecimiento no se cumplieron. En los 80 el teletrabajo todavía se limitaba a ser un tema de discusión para algunos investigadores y responsables de políticas económicas, practicado muy escasamente.

A finales del siglo XX, la sociedad experimenta a nivel mundial una revolución de las telecomunicaciones que desemboca en un proceso de globalización de la economía. Las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación se implantan en todos los ámbitos, afectando de forma especial al mercado de trabajo. La incorporación de las nuevas tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC) va a producir cambios en la sociedad, en el trabajo y en los hábitos de vida, haciendo surgir la Sociedad de la Información.

En relación a los hábitos de trabajo, el auge de Internet y la utilización del correo electrónico ponen al alcance del empresario y del trabajador unas herramientas que favorecen la movilidad y flexibilidad en el trabajo, y el ahorro en costes de producción. No es necesario que el trabajador se desplace a un lugar concreto como la fábrica, la oficina o el centro de trabajo para realizar la prestación de servicios en trabajos que no requieren una presencia física. El empresario facilita al trabajador las nuevas herramientas tecnológicas (ordenador, teléfono móvil, acceso a Internet) para que éste realice la prestación de servicios desde cualquier lugar.

Estas mismas herramientas de trabajo son las que puede utilizar la empresa para controlar la actividad laboral contratada, salvo que se trate de una relación basada en la confianza mutua, y el trabajo se ejecute por objetivos. En el entorno laboral surge una nueva forma de trabajo: el teletrabajo. Las notas que caracterizan el contrato de trabajo se identifican perfectamente en el teletrabajo cuando hay una relación de ajenidad y dependencia virtual.

Sin embargo, las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación no conocen fronteras, el trabajo se internacionaliza y la economía se flexibiliza. La descentralización productiva y la elusión de responsabilidades hacen surgir el mecanismo de la contrata y la subcontrata entre empresarios. El teletrabajo no sólo es trabajo subordinado, sino aquél que el empresario contrata y subcontrata con otras empresas.

En este entorno, es necesario saber cuál puede ser el papel del Derecho del Trabajo en la nueva era de las telecomunicaciones. Se defiende que la disciplina debe estar presente en todo momento y en toda transformación del trabajo, adaptándose a las nuevas realidades y sosteniendo los principios clásicos del Derecho del Trabajo. Es muy importante, en primer lugar, la intervención de las instancias estatales y, en nuestro ámbito comunitario, la de las instituciones de la Unión Europea, marcando unas directrices generales y mínimas en materia de jornadas, retribución, prevención de riesgos laborales, poderes de dirección, derechos colectivos y respeto de los derechos fundamentales. En segundo lugar, la labor de los agentes sociales y la de la negociación colectiva a gran escala, sin olvidar a las pequeñas y medianas empresas. En tercer lugar, la labor de la inspección de trabajo, necesitada de mejores dotaciones y actualizaciones en sus funciones. Y, por último, el papel de la

autonomía de la voluntad individual y la mayor implicación de las partes en un proceso en continuo cambio, que debe estar basado en la relación de confianza y mayor profesionalidad.

A fecha de diciembre de 2014, el 27% de las empresas cuenta con programas de teletrabajo, según datos del Instituto Nacional de Estadística que evidencian que seguimos la estela de múltiples países europeos que ya han comprobado las ventajas de este sistema. Sin embargo, España aún se sitúa lejos de la media a nivel europeo, donde el 35% de las compañías tienen implantado el trabajo fuera de la oficina de forma normalizada.

Según apuntaba un estudio de IDC (International Data Corporation), la dificultad con la que el trabajo flexible se está implantando en España tiene una explicación eminentemente cultural. El estudio revelaba que la mayoría de directivos españoles sigue considerando que el teletrabajo no es adecuado para sus organizaciones, ya sea por el tipo de actividad que se desempeña, o directamente porque no está contemplado en las políticas de la compañía.

9. Definición

Existen muchas formas de designar el trabajo, fuera del espacio habitual de la organización. De entre las más comunes hemos señalado: Teletrabajo, telenetworking o telework, en Europa o telecommuting y Mobile Worker, en los Estados Unidos.

La interpretación etimológica de la palabra teletrabajo la encontramos en la raíz griega de su palabra:

El prefijo tele -que proviene del término griego “telos” (a distancia)-indica que el Teletrabajo, es trabajo realizado fuera del centro físico de trabajo habitual, donde se ubica el trabajador.

El segundo elemento esencial, lo constituye el hecho, de que por Teletrabajo, no se entiende sólo trabajo a distancia, sino que engloba también en su significación, un uso intensivo de las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC).

Por ello, se entiende por “teletrabajo”, como una forma de trabajo flexible que capacita a los empleados para acceder a sus actividades laborales, desde localizaciones distintas y remotas, mediante el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones. Esto exige además de una cualificación profesional, un dominio de las nuevas tecnologías, como el ordenador, los smartphones y en general el hard y el soft, existentes al efecto, ya que éstas serán sus herramientas de trabajo.

Esta denominación tiene distintos significados y contenidos:

- Según *Acuerdo marco europeo sobre teletrabajo (2002)*, se define como:
“una forma de organización y/o de realizar el trabajo, utilizando la tecnología de la información, en el marco de un contrato de trabajo/relación, donde se realiza el trabajo, que también podría llevarse a cabo en las instalaciones del trabajador, alejándose de los locales e forma regular”
- Según el *Eurofound* se define como:
“un tipo de prestación, que utiliza las tecnologías de la información y la comunicación on line con el trabajador y/o con el cliente, y se realiza desde lugares remotos o alejados de la empresa u organización, con la que se tiene vínculos contractuales”

Según dicho acuerdo el contenido se basa en tres pilares:

- El objetivo de mantener un justo equilibrio entre la flexibilidad y la seguridad en la organización del trabajo.
- La idea de compatibilizar, la vida familiar con la vida laboral de los trabajadores.
- La mejora de la productividad y competitividad de las empresas.

- Según la Organización Internacional del Trabajo:

“Forma de trabajo efectuada en un lugar alejado de la oficina central o del centro de producción, y que implica una nueva tecnología que permite la separación y facilita la comunicación”.

Según UNICE/UEAPME (Unión de Confederaciones de Industria y Empresarios de Europa) establece la distinción del Teletrabajo, en función de los trabajadores, que desde el inicio, son directamente teletrabajadores o aquellos que lo utilizan, como una forma flexible en función de las circunstancias.

En cualquier caso, hay tres aspectos que se repiten en cada una de las definiciones:

1. Existe una relación contractual entre el empleador y el teletrabajador.
2. El trabajo se desempeña en un lugar distinto a la oficina central o primaria del emplear.
3. Las tecnologías de información y comunicación (TIC) son el medio indispensable para su ejecución.

En el sentido amplio de estas definiciones se despliegan diversas modalidades en que se puede desenvolver el teletrabajo. No existe una clasificación única sobre éstas, sin embargo, se citan a continuación las modalidades más recurrentes en base a la ubicación geográfica, al tiempo de contratación y tipo de contratación²⁸.

- Teletrabajo desde el hogar o telehomeworking.
- Teletrabajo cercano al hogar: telecentros comunitarios y oficinas satélites.
- Teletrabajo en cualquier lugar: telecentros y call centers.
- Teletrabajo en diferentes lugares: nómada o móvil.
- Teletrabajo a través de países: transfronterizo (países vecinos) y offshore (países distantes).
- Teletrabajo permanente.
- Teletrabajo parcial o suplementario.
- Teletrabajador independiente o self-employed.
- Teletrabajador dependiente.

10. Características de un teletrabajador

No cualquier persona puede ser un/a teletrabajador/a. Se debe poseer unas habilidades y actitudes determinadas para poder desarrollar su actividad desde su domicilio:

- Formación
- Disciplina
- Autonomía
- Habilidades tecnológicas
- Capacidad de adaptación a las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación)
- Autocontrol
- Organización
- Automotivación
- Alto nivel de eficacia y autoestima.

²⁸ Di Martino 2001; Bergum 2007

11. Ventajas e inconvenientes del teletrabajo²⁹

A continuación, se exponen las principales ventajas e inconvenientes de la modalidad de trabajo a distancia.

En este análisis se separan en diferentes puntos de vista:

- Punto de vista del trabajador
- Punto de vista de la empresa que contrata esta modalidad de trabajo
- Punto de vista desde la sociedad

11.1. El trabajador

11.1.1. Ventajas:

Las ventajas que tiene un teletrabajador son las siguientes:

- Conciliación de la **vida familiar y laboral**
- **Ahorro** de dinero y tiempo al reducir los desplazamientos diarios
- Reducción del estrés y **mejora de la salud**
- Impulso del acceso a la **formación** en gestión online del trabajo: aprendizaje continuo.
- Incremento en la **motivación y autorrealización** y por tanto de productividad.
- Dar **oportunidades laborales a personas con discapacidades** de movilidad, de modo que puedan incorporarse eficientemente al entorno laboral.
- Fomento de la **inserción laboral** de personas residentes en el entorno rural.
- Reducción de **accidentes laborales**, especialmente **in itinere**:

Radiografía de los accidentes laborales de tráfico

- La media de edad de los trabajadores que han sufrido este tipo de accidente es de 36,7 años.
- Casi el 60% son hombres (58,1%), y el 41,9% mujeres.
- Siete de cada diez se producen al ir o volver del trabajo.
- En más de la mitad de los accidentes in itinere (58%) había un automóvil implicado, en el 11% una motocicleta y en un 0,1% camionetas y furgones.
- El 90% se produce de lunes a viernes.
- De 7 a 9 de la mañana y entre las 14 y las 15 horas, son las horas de máxima concentración de estos accidentes.
- En el año 2013, fallecieron 835 personas y otras 5.393 resultaron heridas en accidentes ocurridos en horario laboral.

11.1.2. Desventajas

Las desventajas se exponen a continuación:

- Necesidad de grandes dosis de **autodisciplina**, el teletrabajador deberá orientar su actividad hacia la prestación efectiva de servicios, por los que aquellos que carezcan de poder de autoorganización o autodisciplina tendrán una gran desventaja competitiva.
- Problemas de tipo psicológico o relacional, ya que puede producir **sensación de aislamiento** en el teletrabajador.
- Mínimo **desarrollo profesional**.
- Delimita la **vida laboral**.
- Quebranta el **tiempo de trabajo y el tiempo libre**.
- Disminuye la **seguridad en el trabajo**.
- Aumenta la **precariedad**.

²⁹ Nota Técnica de Prevención número 412: Teletrabajo: criterios para su implantación, INSHT.

11.2. La empresa

11.2.1. Ventajas

Los beneficios que obtiene la empresa al optar por esta modalidad de trabajo se exponen a continuación:

- **Genera entornos** multiculturales y diversos. Permite trabajar en **comunidades más diversas**.
- **Maduración de los sistemas de gestión y de las estructuras organizativas**, como resultado del proceso de adaptación que la Organización experimenta, para acoger a esta modalidad de trabajo.
- **Incremento de la Productividad del empleado, a través de un ambiente sin interrupciones constantes, un trabajo más relajado y una mejor gestión del tiempo.**
- **Mejora en el rendimiento y compromiso de los trabajadores, gracias a la mejora en la motivación vinculada a la compensación intrínseca.**

Tal y como reflejan los datos del INE, trabajar en casa aumenta la productividad entre un 5% y un 25% con respecto a las personas que trabajan en la oficina, puesto que el teletrabajador dedica un 11% más de horas a trabajar que el que está en su puesto convencional, ya que reduce los traslados y compatibiliza mejor su vida laboral y personal, por lo que aprovecha mejor el tiempo del que dispone.

Esto mismo es corroborado por IDC que complementa estas cifras concluyendo que el 44% de las compañías con políticas de trabajo flexible implantadas considera que un 10% del tiempo, que sus empleados, antes, dedicaban a desplazarse hasta el lugar habitual de trabajo lo dedican ahora a trabajar.

- **Promoción de la retención, fidelización y atracción del talento, así como la prolongación de la vida activa, por el menor desgaste en la vida laboral.**
- Reducción del absentismo por enfermedad común y **del índice de rotación**
- **Mayor capacidad de multiplicar el talento, pudiendo disponer de equipos distribuidos geográficamente, a la vez que plenamente integrados en los procesos de la Organización.**
- **Impulso a una nueva dimensión de la responsabilidad social empresarial y mejora en la gestión de la diversidad y multiculturalidad.**
- **Se constituye en una palanca de cambio, para implantar una nueva cultura de trabajo y en particular, de un estilo de liderazgo y de dirección**
- Reducción de accidentes laborales, **especialmente in itinere.**

11.2.2. Inconvenientes

Por el contrario, las desventajas son las siguientes:

- Dificultad para **motivar a los trabajadores a distancia** y hacerles partícipes de los objetivos de la compañía lo que puede llevar a que ésta pierda parte de su fuerza corporativa.
- Transforma el **sistema tradicional de gestión personal.**
- Sitúa en **crisis a los mandos medios.**
- Obstaculiza el **control y la supervisión.**
- Crea **altos costes de formación.**
- Disminuye la **identificación del trabajador** con la empresa.
- **Incremento de costes en adaptación** de la nueva organización del trabajo debido a posibles deficiencias en el intercambio de información o demoras en la toma de decisiones.
- Dificultad de mantener la **confidencialidad de los procedimientos e información de la empresa.**
- El **diseño** de un adecuado **sistema de comunicaciones** puede evitar la percepción de pérdida de control de los mandos sobre los trabajadores.
- La dispersión de los trabajadores puede generar un proceso de **desestructuración y pérdida de imagen corporativa** e incluso de pérdida de fidelidad de los trabajadores.
- Pérdida de **integración en la empresa.** La distancia del trabajador respecto de su empresa puede generar una pérdida de integración en ella, una mayor vulnerabilidad del teletrabajador por debilitarse su relación sindical, sentimientos de ser olvidado por parte de la empresa,

complicándose en este contexto la protección social y laboral del teletrabajador, sus posibilidades de promoción, entre otros.

- Menor **comunicación con los compañeros de trabajo**, peligro de aislamiento. Este es uno de los riesgos más frecuentes, ello hace conveniente implantar ciertas medidas que eviten el riesgo de reducción de los niveles de interacción social. Las posibilidades son variadas y van desde la obligatoriedad de trabajar varios días en el centro de trabajo hasta el establecimiento de reuniones con una cierta periodicidad o el uso de las tecnologías telemáticas para el establecimiento formal y regular de contactos (correo electrónico, etc.).
- Dificultad para encontrar un **apoyo laboral** y obtener respuesta en tiempo breve a consultas que se puedan formular. Este tipo de medidas requiere dos tipos de medidas complementarias. Por una parte, la selección de teletrabajadores debe procurar que éstos sean independientes, con recursos suficientes para encontrar por sí mismos soluciones a los problemas, con capacidad de innovar. Por otra, se requiere establecer canales y procedimientos de comunicación muy formalizados.
- **Dificultad para separar el trabajo de la familia.** Habitualmente son dos lugares distintos, asociados a conceptos y vivencias diferentes (trabajo, competitividad, esfuerzo frente a descanso, ocio, vida privada), que se convierten en uno solo. Además, en este contexto, aparece la familia, que puede ser objeto de las consecuencias de la tensión laboral del trabajador, en la medida en que puede ver incrementada su estrés debido a que es ahora ella quien ha de proporcionar el apoyo social al trabajador (apoyo que debería ser obtenido de los compañeros de trabajo).
- Las tecnologías de la comunicación pueden permitir la disponibilidad de veinticuatro horas/día del trabajador, lo que puede generar **sobreexplotación y pérdida de privacidad.** Las horas de trabajo y la disponibilidad horaria son cuestiones que deben quedar claramente delimitadas y recogidas en el acuerdo de teletrabajo.
- **Transferencia de costes al trabajador** que antes no se soportaban (incremento de gastos en teléfono, iluminación, calefacción, equipamiento, acondicionamiento de un lugar de la casa, etc.).
- Tendencia a trabajar en exceso; **auto explotación**, dificultades para dejar el trabajo (workaholism).
- **Problemas derivados del abuso de café, alcohol, tabaco**

11.3. La sociedad

11.3.1. Ventajas para la sociedad

A nivel de sociedad los beneficios son:

- Distribución geográfica más equitativa: disminución de éxodo rural y desarrollo local.
- Inserción laboral de colectivos en riesgo de exclusión o vulnerables.
- Reducción de costes en desplazamientos, ahorro energético a través de la eliminación de desplazamientos.
- Mejora de la inversión en redes y en conocimiento.
- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y responsables de lluvia ácida y ozono troposférico.
- Movilidad reducida.

11.3.2. Inconvenientes para la sociedad

Los inconvenientes para la sociedad se exponen seguidamente:

- Aumenta la dispersión social.
- Aumenta las disparidades.
- Aumenta la desprotección del trabajo.
- Aumenta los costes en infraestructuras tecnológicas.

12. Situación actual del Teletrabajo

En la actualidad, nos encontramos ante un escenario en el que el teletrabajo evoluciona hacia la globalización y la transnacionalidad, no sólo asociado a la flexibilidad espacial sino también a la temporal. No obstante, también es cierto que los niveles de implantación del teletrabajo actuales distan mucho de las expectativas creadas por los más optimistas en la década de los 90.

Por otro lado, las tendencias empresariales actuales muestran un creciente interés por la adopción de modelos de organización del trabajo más flexibles, como el teletrabajo. Por tanto, quizás sea conveniente detenerse a analizar el grado real de penetración del teletrabajo.

12.1. Teletrabajo en Europa

Actualmente el contexto de referencia para el análisis del mercado laboral y, por tanto, de la implantación del teletrabajo viene determinado por el entorno europeo. Además, en la medida en que el teletrabajo forma parte de los servicios y oportunidades de la Sociedad Digital y del Conocimiento es conveniente analizarlo desde una perspectiva europea, lo que permite conocer la situación nacional o regional respecto a la convergencia europea.

En este sentido, desde la Comisión Europea se han financiado diferentes estudios con el objetivo de conocer los niveles de implantación del teletrabajo en los países europeos, que nos permiten tener una visión panorámica de la evolución del teletrabajo en Europa en los últimos años.

Según estimaciones del European Telework Development's National Coordinator network (ECaTT) entre diez Estados Miembros de la Unión Europea (Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Irlanda, Italia, Países Bajos, España, Suecia y Reino Unido), que representaba el 90% de la población europea, indicaba que en 1999 había en Europa 9 millones de teletrabajadores, el 6% del total de los trabajadores europeos.

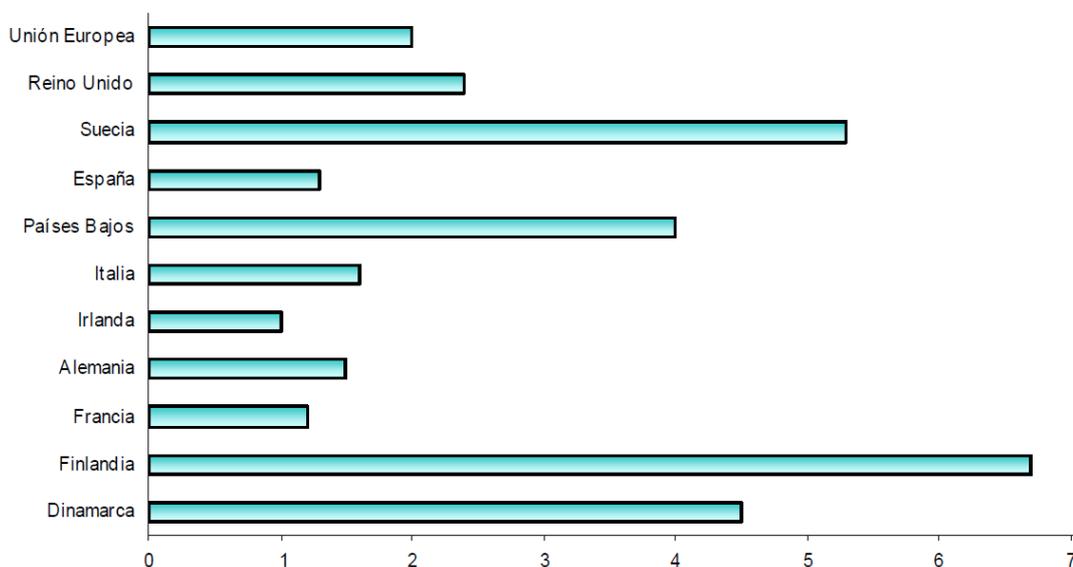


Ilustración 5. Porcentaje de teletrabajadores. Resultados del estudio ECaTT. Número total de teletrabajadores en % (1999). Fuente: European Electronic Commerce and Telework Trends Consortium (ECaTT)

Según este mismo estudio, a principios de los 90 había 1 millón de teletrabajadores, en 1997-98 se estimaban entre 2 y 4,5 millones y en 1999 superan los 9 millones. Además, el estudio ofrecía datos sobre el porcentaje de teletrabajadores desde casa a nivel europeo, como se muestra en la anterior figura.

En el caso de España, los niveles de implantación del teletrabajo en ambos casos eran bajos, situándose por debajo de la media europea y a la cola de Europa.

Por el contrario, los Países Bajos y los países nórdicos se encontraban a la cabeza de Europa, superando con creces la media europea. Sin embargo, en 2001 el número de teletrabajadores se había incrementado, aunque las cifras totales apenas superaban los 11 millones.

En 2004, el estudio de *Samsung Business Communications* llevado a cabo en cuatro países europeos (España, Reino Unido, Holanda y Suecia) proporcionaba unos resultados en sintonía con los datos anteriores.

Según este estudio, en 2004 sólo el 57% de las empresas europeas había implantado alguna medida para favorecer el teletrabajo. Además, entre las que lo habían hecho, las grandes compañías suponían la gran mayoría. En el caso de España, este porcentaje descendía al 53%, siendo sólo superior a los datos del Reino Unido, donde únicamente el 46% de las empresas consultadas ofrecían facilidades a sus empleados para teletrabajar.

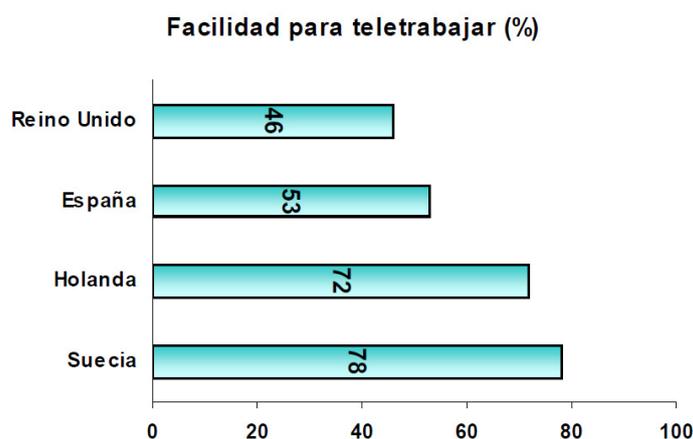


Ilustración 6. Estudio Europeo sobre el Teletrabajo. Facilidad para teletrabajar en Europa (Año 2004)
Fuente: Samsung Business Communications

Por el contrario, las empresas suecas y holandesas, con cifras alrededor del 78% y 72%, potencian y fomentan el trabajo a distancia entre sus empleados de forma mucho más notable.

12.2. Teletrabajo en España

La sociedad española se encuentra inmersa en un proceso de ajuste socio-laboral de proporciones, cuanto menos nada despreciables. La incorporación de la mujer al trabajo ha supuesto un cambio en el modelo de familia, y el rol que ocupaba en ella, ha sido sustituido sólo en parte. Esto ha producido una serie de consecuencias cuyo impacto, ha repercutido en la familia y a su vez en la empresa.

Algunos avances, en políticas sociales, han ayudado a equilibrar los tiempos de dedicación a la familia y al trabajo, sin embargo, no han sido suficientes y se asiste a un problema mucho más profundo, donde en la mayoría de las ocasiones, la solución pasa por la elección entre trabajo o familia. Las organizaciones, cada vez más exigentes y más competitivas, dedican tiempo y recursos en procesos de innovación, que ayudan a mejorar las ratios económicas.

El teletrabajo en España, no ha alcanzado el desarrollo deseable, para una sociedad del conocimiento avanzada como la nuestra. No existen obstáculos tecnológicos, ni tampoco de índole jurídicos, si bien en este último caso, tampoco existe un marco de fomento y promoción.

Las personas, las organizaciones y la sociedad en general, demandan los beneficios asociados al teletrabajo, como la conciliación, la salud y bienestar, la ecología, le eficiencia y la productividad... Sin embargo, no existe una clara demanda social del Teletrabajo.

Desde un punto de vista estadístico, cabe mencionar que existen pocos datos cuantitativos sobre el Teletrabajo en España, ya que los datos oficiales de las condiciones de trabajo españolas, proporcionan muy poca información sobre el tema.

A pesar de la escasez de datos rigurosos, algunas fuentes³⁰ consultadas muestran que a un 57% de los trabajadores españoles les gustaría que su empresa les ofreciera la opción del Teletrabajo. Sin embargo, la realiza es que sólo un 26% de los españoles, realiza algún tipo de trabajo desde casa, mientras en Europa la media es de un 35%.

Más en detalle, entre un 7-8% de los trabajadores en España, teletrabajan un mínimo de un cuarto de la semana laboral, mientras que un 16,2% de las empresas tienen empleados que realizan Teletrabajo, al menos media jornada semanal, conectándose a los sistemas TIC de su empresa mediante redes telemáticas externas. Esta cifra supone un incremento interanual del 10.7%

13. Evaluación de riesgos

En referencia a la Salud y Seguridad en el trabajo, el **Acuerdo Marco Europeo** establece que:

Es responsabilidad de la empresa la protección de la salud y seguridad del teletrabajador, de acuerdo con la legislación nacional y con el convenio colectivo de aplicación. La empresa debe informar al teletrabajador sobre sus políticas de salud y seguridad, y éste debe adoptar estas políticas correctamente.

Los representantes de la empresa y de los trabajadores, y las autoridades competentes, tienen derecho a acceder al lugar de Teletrabajo dentro de los límites de la legislación vigente. Cuando el lugar de Teletrabajo es el propio domicilio, este acceso está sometido a notificación previa y a la conformidad del teletrabajador.

El teletrabajador está autorizado a solicitar visitas de inspección. **La visita de los técnicos de prevención** a los domicilios de los teletrabajadores para la evaluación sigue un **procedimiento estandarizado**:

En primer lugar, se contacta con el teletrabajador para concertar el día y la hora de la visita, acomodándolas al horario de Teletrabajo al que esté acogida esa persona. En este sentido, existe un acuerdo sobre las visitas de inspección, recogido en las condiciones de modalidad del Teletrabajo, que es aceptado por el teletrabajador previamente a su incorporación al Programa. Los teletrabajadores son conscientes de la necesidad de estas visitas para el correcto cumplimiento de las condiciones de seguridad. Durante la evaluación en los domicilios se revisan todos los requisitos mínimos de seguridad en el espacio de trabajo: el equipo informático, la mesa y la silla desde las que se realizan las tareas, el espacio, la iluminación, el nivel de ruido ambiental, las condiciones de temperatura y humedad, el estado aparente de la instalación eléctrica y la presencia del extintor portátil y el botiquín que la empresa facilita al teletrabajador, así como los conocimientos sobre su uso.

Tras la visita, el técnico de prevención elabora un informe con el resultado de la evaluación y hace recomendaciones sobre posibles mejoras si lo considera necesario.

Posteriormente, se elabora un informe global en el que se analizan en conjunto los resultados de las visitas desde un punto de vista estadístico. Este informe se entrega a los responsables del Programa de Teletrabajo de cara a facilitar la gestión, la toma de decisiones, y la distribución de la información a trabajadores y responsables. Además, el puesto de trabajo puede tener otros factores de riesgo como la propensión a golpes, tropezones, contactos eléctricos o térmicos, que deben ser evaluados de forma individualizada para garantizar la seguridad del trabajador.

³⁰ El libro Blanco del teletrabajo en España. Del trabajo a domicilio a los e-workers. Un recorrido por la flexibilidad espacial, la movilidad y el trabajo en remoto. Junio 2012.

14.Marco Normativo

En Europa, la Comisión Europea financió el proyecto MIRTI, el cual se desarrolló entre 1996 y 1998 cuya finalidad era estudiar y presentar recomendaciones para realizar los contratos y reglamentos del Teletrabajo en Europa.

En el 2001 el Comité de Dialogo Social del Sector de las Telecomunicaciones de la Unión Europea presentó un documento con las directrices que debían ser aplicadas al teletrabajo de las Telecomunicaciones en Europa, que aun cuando es planteado para un campo específico, goza de generalidad, es decir, éstas directrices podrán ser aplicadas no solo al teletrabajo de telecomunicaciones sino también a todo aquel trabajo que se desarrolle en el esquema del teletrabajo.

Dichas directrices tuvieron eco al interior de la Unión Europea pues el 16 de julio de 2002 la Confederación Europea de Sindicatos -CES-, la Unión de Confederaciones de la Industria y de Empresarios de Europa -UNICE-, la Unión Europea del Artesanado y de la Pequeña y Mediana Empresa -UNICE/EUAPME- y el Centro Europeo de la Empresa Pública -CEEP-, todas ellas agentes sociales, firmaron en Bruselas el ACUERDO MARCO EUROPEO SOBRE EL TELETRABAJO que en sus propios términos “...busca modernizar la organización del trabajo... con el objetivo de mejorar la productividad y la competitividad de las empresas y lograr el equilibrio necesario entre flexibilidad y seguridad”.

Este Acuerdo Marco es muy importante porque es hasta ahora el único conjunto normativo de carácter obligatorio que regula el tema del teletrabajo en la Unión Europea, siendo un modelo a seguir para todos aquellos países que carecen de legislación al respecto y por lo tanto se hace necesario mencionar los puntos más importantes del mismo:

1. Entiende que los teletrabajadores son trabajadores de la empresa y por tanto deben recibir el mismo tratamiento que aquellos que trabajan dentro de las instalaciones de aquella. Tienen los mismos derechos que ellos, por ejemplo: Tiene derecho a ejercer los derechos sindicales y tienen derecho a la formación profesional. En pocas palabras, el teletrabajador goza de las mismas condiciones legales y convencionales que los trabajadores de la empresa.
2. Consagra la obligación a cargo del empleador de realizar la adecuación del lugar destinado en el hogar para el teletrabajo, la instalación y mantenimiento de los equipos utilizados para el efecto, dándole sin embargo la libertad al trabajador de utilizar su propio equipo.
3. Regula un tema controversial como es el de la seguridad y la salud del teletrabajador⁴ disponiendo que el empleador es responsable de la salud y de la seguridad profesional del teletrabajador. Esto genera a la luz del acuerdo una responsabilidad tanto para el empleador como para el teletrabajador; para el empleador la obligación de informarle a dicho trabajador las políticas de la empresa en salud y seguridad, y para el trabajador el deber de aplicar correctamente esas políticas. Aquí surge otro aspecto interesante como es el de la necesidad que haya una vigilancia por parte del empleador al trabajador del cumplimiento de dichas políticas, y éste tema también lo regula el Acuerdo.
4. La materialización de dicha vigilancia exige el acceso del empleador al hogar del teletrabajador para constatar las condiciones en que se está desarrollando el trabajo, pero como esto supone llegar a un espacio donde no solo se desarrolla el trabajo sino también la vida privada del teletrabajador, dicho acceso está sometido a una previa notificación y consentimiento por parte de éste.

En paralelo al Acuerdo marco europeo en España existen otras normativas aplicables a este tipo de trabajo, que se enumeran a continuación:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales y sus posteriores modificaciones.

- *Resolución de 30 de enero de 2012, de la Dirección General de Empleo, por la que se registra y publica el II Acuerdo para el Empleo y la Negociación Colectiva 2012, 2013 y 2014*
- Real Decreto-Ley 3/2012, de 10 de febrero, de medidas urgentes para la reforma del mercado laboral

Según la **Resolución de 30 de enero de 2012**, de la Dirección General de Empleo, por la que se registra y publica el II Acuerdo para el Empleo y la Negociación Colectiva 2012, 2013 y 2014, en su Capítulo II Empleo. Formación. Flexibilidad y seguridad. Derechos de información y consulta artículo 4. Teletrabajo. Reestructuraciones. Se define el teletrabajo como *“Una de las formas innovadoras de organización y ejecución de la prestación laboral derivada del propio avance de las nuevas tecnologías es el teletrabajo, que permite la realización de la actividad laboral fuera de las instalaciones de la empresa Partiendo del reconocimiento por los interlocutores sociales del teletrabajo como un medio de modernizar la organización del trabajo, consideramos oportuno establecer algunos criterios que pueden ser utilizados por las empresas y por los trabajadores y sus representantes:*

- *El carácter voluntario y reversible del teletrabajo, tanto para el trabajador como para la empresa.*
- *La igualdad de derechos, legales y convencionales, de los teletrabajadores respecto a los trabajadores comparables que trabajan en las instalaciones de la empresa.*
- *La conveniencia de que se regulen aspectos como la privacidad, la confidencialidad, la prevención de riesgos, las instalaciones, la formación, etc.”*

También se elaboran procesos de reestructuración, procedimientos para tener en cuenta que las situaciones de dificultad deben ser tratadas con anticipación y valorando las consecuencias. En este sentido, se deberían abordar, mediante procesos transparentes con la representación legal de los trabajadores, las causas que lo motivan; primando la flexibilidad interna sobre otro tipo de medidas que afecten al empleo. En esta línea ofrece las siguientes recomendaciones a tener en cuenta:

- La gestión de las reestructuraciones, ateniendo a las consecuencias sociales relativas a los condicionantes de las empresas, el régimen fiscal, la legislación nacional, los convenios colectivos y las necesidades y elección de los trabajadores, y abordando posibles alternativas, tales como la reclasificación interna o externa, la formación, la reconversión, el apoyo a la creación de empresas, las jubilaciones, los planes personales para los trabajadores o los acuerdos para diversificar las formas de empleo y un acompañamiento personalizado de los asalariados.
- La explicación y justificación de los cambios. Una adecuada información a tiempo, explicando y justificando los cambios a los trabajadores y sus representantes favorece un clima de confianza para el proceso de discusión posterior.
- El desarrollo de la empleabilidad se debería tener en cuenta para anticiparse a los cambios y posibles reestructuraciones.
- La dimensión territorial, dadas las repercusiones que los cambios económicos y sociales tienen sobre el conjunto de una región o territorio.
- La situación específica de las pequeñas y medianas empresas, tomando en consideración su especial situación en zonas o sectores en reestructuración.

Por otra parte, en España queda, por primera vez, regulado el teletrabajo con la publicación del **Real Decreto-Ley 3/2012**, de 10 de febrero, de medidas urgentes para la reforma del mercado laboral constituye un hito legal, en la medida que establece por primera vez una regulación del fenómeno del Teletrabajo, modificado para ello el artículo 13 del Estatuto de los Trabajadores.

Entre sus aspectos positivos destacar el enfoque proporcionado, en cuanto a la forma del contrato, los derechos y condiciones laborales y la seguridad salud. Entre los aspectos mejorables citaríamos, la interpretación del concepto preponderante y la flexibilidad en el tiempo de trabajo en alusión a la conciliación de la vida familiar y laboral.

CAPITULO III.MARCO TEORICO Y NORMATIVO: TELETRABAJO

Por último, continuarán pendientes algunos otros aspectos como, la flexibilidad de jornada y horario, el control y la vigilancia por parte de la empresa y la posible colisión con la intimidad e inviolabilidad del domicilio y la diversidad y casuística de los supuestos de trabajo a distancia.



CAPITULO IV.DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN ECO EFICIENTE (E³)

CAPITULO IV. DESCRIPCIÓN EDIFICACIÓN ECO EFICIENTE (E³)

15. Antecedentes

La universidad politécnica de Valencia inició, en septiembre de 2013, el proyecto E3 (Edificación Eco Eficiente) para el diseño y construcción de una vivienda de alta eficiencia energética, con el objetivo de convertirse en un referente en el futuro de la construcción eficiente. El proyecto se ha desarrollado junto al Consorcio de Empresas E3, que son Becsa, Ceracasa, Rockwool Peninsular, Atersa y ApliCAD y forman a una serie de compañías que han colaborado desde su área de actividad. Gracias a ello, la construcción de esta vivienda se encuentra acabada.



Ilustración 7. Fachada principal edificio E³



Ilustración 8. Alzado posterior E³

En el edificio se han aplicado novedosos sistemas constructivos industrializados y modulares, que han permitido reducir notablemente los plazos de construcción y aumentar la calidad de la edificación. Las soluciones desarrolladas conllevan, además, una optimización del volumen de los componentes, lo que facilita su transporte y permite su exportación a mercados internacionales.

Así, se ha conseguido desarrollar una vivienda eficiente, con un consumo de energía casi nulo y que consigue un triple beneficio: por un lado, el ahorro energético; por otro, la reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Esta vivienda industrializada cuenta con, aproximadamente 60 m², donde se han instalado soluciones constructivas que aportan mejoras importantes sobre las prestaciones establecidas en el Código Técnico de la Edificación para la zona climática de Valencia.

La tipología de fachada empleada, en la que se ha aplicado un sistema industrializado con un núcleo formado por paneles tipo sándwich con 100 mm de lana de roca ROCKWOOL, material que permite un óptimo aislamiento térmico, acondicionamiento acústico y que protege al hogar ante los posibles riesgos de incendio. Asimismo, también se ha aplicado lana de roca, con un refuerzo de placas de yeso, en el trasdosado interior para optimizar el comportamiento acústico. Además, se han optimizado los sistemas de protección solar y los sistemas de ventilación natural, que ayudan a mantener las condiciones de confort con un menor impacto en la demanda energética.

Con ello, presenta una clasificación energética A, y una evaluación de la sostenibilidad del edificio de 5 hojas (máxima) según el protocolo VERDE de GBCe en proyecto y obra. Siendo la primera edificación en obtenerlo en España.

16. Descripción de los revestimientos interiores

16.1. Elementos constructivos

Conforme se ha desarrollado en el capítulo del marco teórico sobre la calidad del aire interior el mobiliario y los elementos constructivos afectan a la calidad del aire interior, por ello es conveniente definirlos.

El revestimiento interior vertical es a base de placa de yeso laminado con pintura plástica lisa acabada en blanco mate.

En toda la estancia, se dispone de falso techo continuo de placa de yeso laminado con acabado en pintura plástica lisa, blanco mate.

El solado es de baldosas cerámicas de gres porcelánico, mate recibidas con adhesivo cementoso normal, sin ninguna característica adicional, color gris y rejuntadas con lechada de cemento blanco, L, BL-V 22,5, para junta mínima (entre 1,5 y 3 mm), coloreada con la misma tonalidad de las piezas.

Hay dos puertas de paso, una puerta abatible de acceso desde la habitación hacia el cuarto de baño y otra corredera desde la habitación hacia el comedor/cocina. Ambas puertas son ciegas, de una hoja de tablero de fibras acabado en melamina de color blanco, con alma alveolar de papel kraft; precerco de pino país; galces de MDF, con revestimiento de melamina, color blanco; tapajuntas de MDF, con revestimiento de melamina, color blanco; con herrajes de colgar y de cierre.

Carpintería de aluminio anodizado color inoxidable compuesta por hojas de (40+180+40) cm, con premarco; compuesta por perfiles extrusionados formando cercos y hojas de 1,5 mm de espesor mínimo en perfiles estructurales, herrajes de colgar y apertura, juntas de acristalamiento de EPDM, tornillería de acero inoxidable, elementos de estanqueidad, accesorios y utilajes de mecanizado homologados.

16.2. Mobiliario

En cuanto al mobiliario de la vivienda y oficina es de aglomerado de madera. Los electrodomésticos que conforman la cocina son de acero inoxidable y la bancada de granito.

17. Ventilación interior

17.1. Renovación del volumen de aire interior.

17.1.1.1. Ventilación natural

La dirección predominante del viento implica que sea recomendable el dotar al edificio de una ventana en su lateral derecho, a efectos de ventilación natural.

Se presentan los resultados de las simulaciones llevadas a cabo dentro de un proyecto de investigación y cuyos resultados aparecen publicados en *Sustainability*³¹. Se presenta el tiempo necesario para que se produzca la renovación completa del aire del interior del edificio, en segundos, suponiendo que todos los huecos están abiertos. A menor tiempo mayor ventilación natural.

La dirección del viento simulada es la Sur-Este, con un módulo de 1,4 m/s.

17.1.1.2. Estudio de simulaciones realizadas

En todas las simulaciones se visualiza una misma escala para la magnitud vectorial: velocidad, que es de 0,05 a 3 m/s.

- Caso inicial

Se trata del modelo inicial que servirá como base para comparar con los demás modelos.

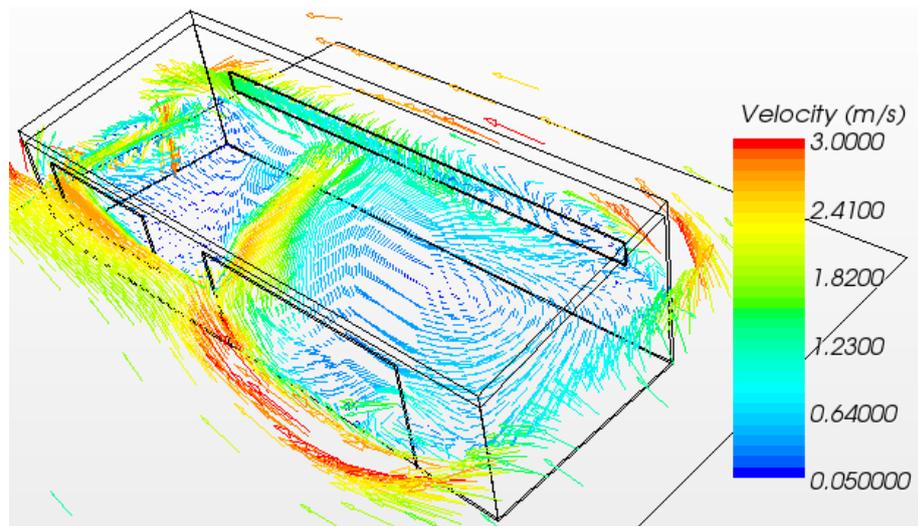


Ilustración 9. Simulaciones. Caso inicial

³¹ Mora, M., Guillén, I., López, G., López, P. (2016) Natural Ventilation Building Design Approach in Mediterranean Regions-A Case Study at the Valencian Coastal Regional Scale (Spain). *Sustainability* 2016, 8, 855.

- Ventana Lat. Izq.

En este modelo se simula una ventana lateral vertical en la zona izquierda. Las dimensiones son de 2 m. de alto por 0,5 m. de ancho.

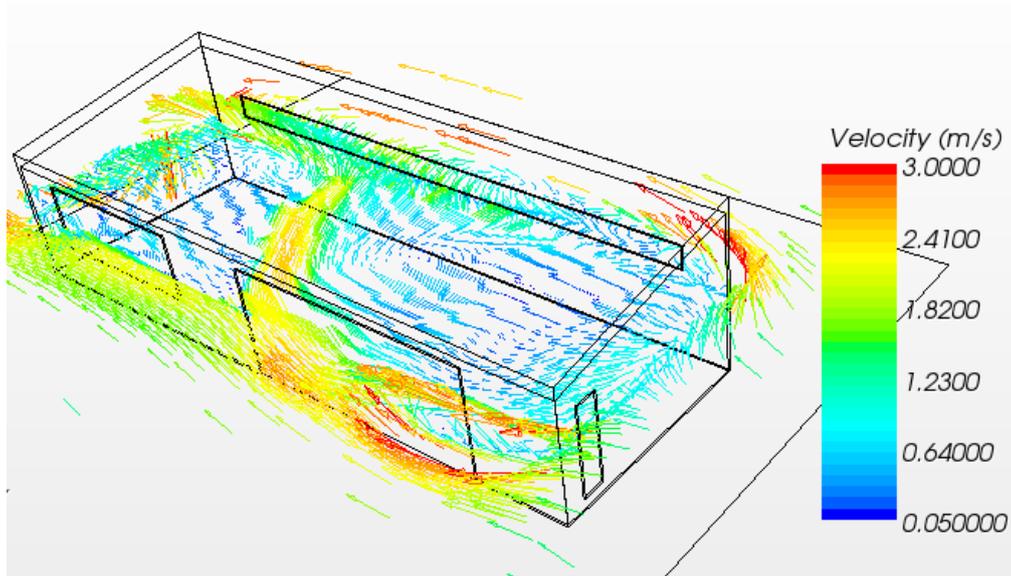


Ilustración 10. Simulaciones. Ventana lateral izquierda

- Ventana Superior

En este modelo se simula una ventana lateral horizontal en la zona superior. Las dimensiones son de 4 m. de ancho por 0,25 m. de alto, manteniendo así una misma área de hueco en el lateral derecho.

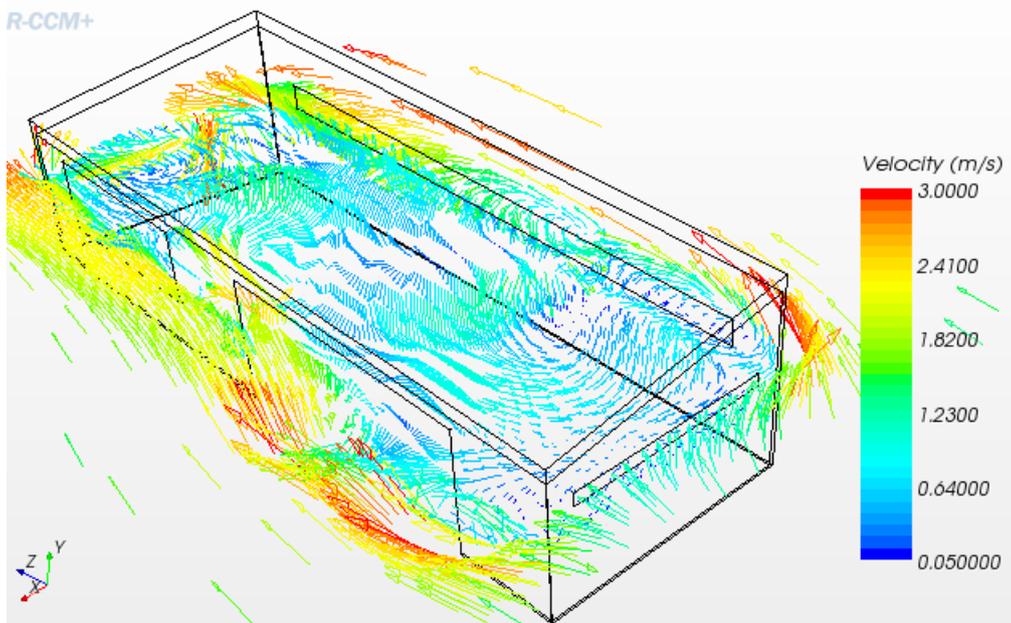


Ilustración 11. Simulaciones. Ventana Superior

- Ventana Inferior

En este modelo se simula una ventana lateral horizontal en la zona interior. Las dimensiones son de 4 m. de ancho por 0,25 m. de alto, manteniendo así una misma área de hueco en el lateral derecho.

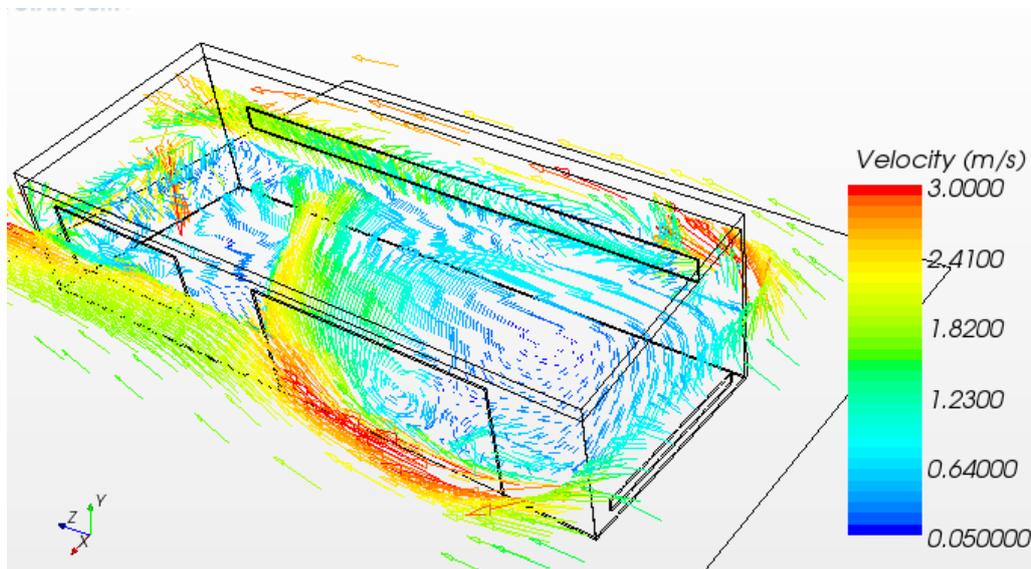


Ilustración 12. Simulaciones. Ventana inferior

- Ventana Lat. Der.

En este modelo se simula una ventana lateral vertical en la zona derecha. Las dimensiones son de 2 m. de alto por 0,5 m. de ancho.

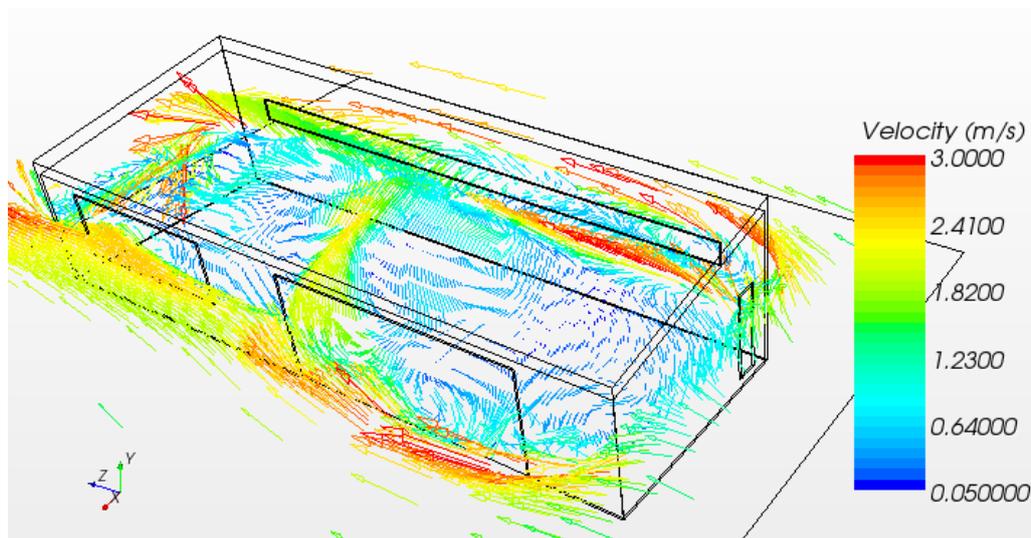


Ilustración 13. Simulaciones. Ventana lateral derecha

17.1.1.3. *Resultados*

La ubicación de las ventanas tal como se encuentran con una velocidad incidente del viento como se ha supuesto (valor amplio desde 0.5 a 3 m/s), propone cuando se encuentran completamente abiertas, un tiempo de renovación para todo el volumen menor a un minuto. **En cualquier caso, este número de renovaciones será superior a 10 renovaciones por hora, lo que asegura una ventilación natural adecuada.**

17.2. Ventilación forzada

El edificio dispone de un sistema de ventilación controlada de flujo constante con recuperador entalpico de calor con filtrado del aire y admisión mediante un intercambiador de calor tierra aire a 1,5m de profundidad. El sistema cumple con las exigencias del Documento Básico del Código Técnico de la Edificación: HS3, Calidad del aire Interior.



CAPITULO V. MATERIAL Y MÉTODOS

CAPITULO V. MATERIAL Y MÉTODOS

18. TOMA DE MUESTRAS MICROORGANISMOS:

18.1. Equipo de medición

En base a la bibliografía consultada se establece una metodología para llevar a cabo el muestreo bacterias y hongos presentes en el aire mediante el aparato SAS (Surface Air System).

Existen variedad de métodos³² para realizar el muestreo de contaminantes biológicos en el aire: sedimentación, recogida en medio acuoso, filtración, impactación y recolector Reuter Centrifugal System). De entre estos, se escoge el aparato SAS, por su gran manejabilidad, portabilidad, propiciar las condiciones y tiempos de medición para cada agente biológico, viabilidad económica y funcionalidad con batería recargable, lo que permite no disponer de una fuente de energía en el lugar de la medición.

SAS permite aspirar un volumen de aire determinado y conducirlo a través de una superficie perforada sobre una placa Petri conteniendo un medio de cultivo determinado, según se pretenda valorar bacterias u hongos. Posteriormente se procede a la incubación a una temperatura adecuada y finalmente se efectúa el conteo de colonias expresando el resultado final en UFC/m³ (unidades formadoras de colonias por metro cubico), por tanto el resultado obtenido es cuantitativo, el conteo se realiza de forma visual. El conteo de microorganismos cualitativo no se ha podido realizar debido a la falta de medios y conocimientos en esta materia, para llevar a cabo el conteo cualitativo se hace necesario comprender y tener experiencia en técnicas bioquímicas y técnicas que pongan de manifiesto la morfología de las diversas especies (tinciones y microscopía).

18.2. Preparación medio de cultivo

Dicho medio de cultivo se deposita sobre una placa Petri preparada con antelación al momento de la toma de muestras.

Para la preparación de medios de cultivo para valorar **bacterias**. Plate Count Agar (PCA) es un medio de cultivo sólido específico para bacterias compuesto por:

- Peptona de caseína (5,0 g/l)
- D (+) Glucosa (1,0 g/l)
- Extracto de levadura (2,5 g/l)
- Agar-agar (14,0 g/l)
- pH del medio a punto de uso: $7,0 \pm 0,2$ a 25°C

En primer lugar se escoge el recipiente (Matraz Erlenmeyer) del doble del volumen a la disolución a elaborar. Se introduce el volumen de agua destilada determinado para la disolución y se mezcla con el medio de cultivo PCA previamente tarado a los gramos proporcionales indicados en el

³² NTP 203. Contaminantes biológicos: evaluación en ambientes laborales

recipiente que contiene el producto: para 1 litro de disolución debe introducirse 22,50gramos, luego para 0.5 litros de disolución deben pesarse y mezclar 11,25 gramos.

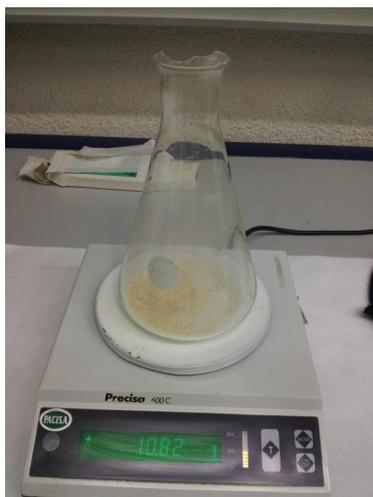


Ilustración 14. Tara de gramos

Una vez realizada la mezcla se tapa la obertura del matraz mediante un algodón y posteriormente con papel de aluminio. Por último, se dispone de cintas indicadores de esterilización (permiten comprobar que la esterilización se ha realizado correctamente, al volverse las rayas que previas a la esterilización son blancas y se vuelven negras al esterilizar la disolución) y se identifica el matraz con las siglas de producto de disolución y con el nombre de responsable de preparación del medio de cultivo, con la finalidad de evitar confusiones entre las distintas personas que forman parte del laboratorio de Microbiología del Departamento de Biotecnología, situada en Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural de la Universidad Politécnica de Valencia.

A continuación, se introduce la disolución en una autoclave, donde se llevará a cabo el proceso de esterilización, que tendrá una duración de 15 min una vez la autoclave alcance los 121°C. La duración completa de este proceso es de una hora aproximadamente.



Ilustración 15. Equipo de esterilización. Autoclave.

Cuando finaliza la autoclave, se traslada la disolución hasta un baño termostático, donde se deja que la temperatura disminuya hasta que se pueda manipular sin el uso de guantes. Para realizar el traslado del matraz desde el autoclave hasta el baño termostático, se utilizan guantes térmicos, en

ambas manos, que cumplen con norma UNE-EN 407:2005 “Guantes de protección contra riesgos térmicos” y con normativa vigente.



Ilustración 16. Baño termostático

Mientras se enfría la disolución se comienzan a preparar las placas Petri donde va a ser vertida la disolución preparada. Para ello, se identifica cada placa con la disolución que contiene, en este caso, se escribirá en un perfil de las mismas “PC”, para esta escritura se ha de tener en cuenta que la posición de acopio de las placas Petri es con la tapa hacia abajo, luego para poder leer correctamente PC se ha de escribir con la posición de la tapa hacia abajo. Se prepara la cabina de seguridad donde se va a realizar el vertido de las placas, para ello se deja encendida la luz ultravioleta unos 5 minutos para esterilizar la zona. Posteriormente, se enciende el mechero bunsen y a la hora del vertido se trabajará lo más próximo a él, para evitar la contaminación del medio de cultivo y trabajar en un medio lo más aséptico posible.



Ilustración 17. Placas Petri con identificación

Cuando la disolución se ha enfriado lo suficiente como para manipular con las manos, comienza a verterse sobre las placas Petri, con la cantidad que haga tapar toda la superficie de la misma. Al terminar el vertido se dejarán las placas enfriar y se lavará el matraz con la ayuda de jabón y agua. En el caso de tener que dejar de verter para ir a atender un asunto, no se dejará bajo ningún concepto, la disolución destapada, se volverá a tapar con el algodón que disponía antes de abandonar el lugar.



Ilustración 18. Enfriamiento de las Placas Petri

Una vez se han enfriado completamente y han cobrado una consistencia sólida, gracias al agar, se introducen en la bolsa donde venían contenidas inicialmente las placas Petri (se introducirán con la tapa hacia abajo) y se almacenan en la nevera del laboratorio hasta su uso.

Preparación de medios de cultivo para valorar hongos: Sabouraud Dextrose Agar (SAB) con cloranfenicol, es un medio de cultivo, también, sólido específico para hongos compuesto por:

- Peptona de caseína (5,0 g/l)
- Peptona de carne (5,0 g/l)
- D (+) Glucosa (40,0 g/l)
- Cloranfenicol (0,5 g/l)
- Agar-agar (15,0 g/l)
- pH del medio a punto de uso: 5.6 ± 0.2

El proceso de elaboración es similar a la elaboración del medio de cultivo Plate Count Agar, en este caso las identificaciones se variarán en vez de constar "PC" de identificará mediante las siglas "SAB". Y las proporciones de disolución varían de la siguiente manera: para la elaboración de 1 litro de disolución será necesario 65 gramos, luego para la elaboración de 0,5 litros se precisará 32,50 gramos, a ello hay que añadirle cloranfenicol la cantidad proporcional exacta reflejada en el recipiente donde se conserva.

18.3. Toma de muestras/trabajo de campo

La toma de muestras se realiza durante un día a la semana, en un periodo comprendido entre las 9:00 h y las 12:00 h. A las 9:00 h, se acude a laboratorio a recoger los medios de cultivo, preparados con anterioridad y almacenamos a 4°C como indica el fabricante, se introducen en una nevera portátil, junto con una placa de hielo (para mantener la temperatura a la que están almacenadas). Al mismo tiempo, se traslada hasta el lugar de muestreo un recipiente con una solución desinfectante, alcohol etílico (etanol) al 70%.

Al llegar al lugar de muestreo y previamente a este es importante la desinfección de las manos o utilización de guantes de guantes estériles para la manipulación de la muestra. También se deberá desinfectar el equipo de muestreo, con alcohol al 70%. Es evidente que en el medio ambiente y en las manos de la persona que ha de tomar las muestras están presentes microorganismos inoocuos para el hombre pero que pueden ser una importante fuente de error en la medición si, debido a que la manipulación de dichos soportes es incorrecta, estos microorganismos pueden crecer en el medio de cultivo falseando los resultados obtenidos

Una vez se ha desinfectado se coloca la placa Petri en el lugar indicado del aparato de muestreo, y se procede a tomar la muestra en los puntos pactados para ello que se

especificarán en los siguientes puntos del presente trabajo. Previamente a su colocación, la placa debe estar adecuadamente identificada en función del punto de muestreo, la tipología de ventilación y la fecha en la que se realiza la muestra, el tipo de medio de cultivo (PC o SAB) ya viene identificado de laboratorio.

Después de cada bloque de toma de muestras, se limpiará la cubierta del equipo con una solución desinfectante, teniendo la precaución de que se haya secado totalmente antes de tomar una nueva muestra.

Finalizada la toma de muestras se traslada inmediatamente al laboratorio para su procesamiento

18.3.1. Puntos de toma de muestras:

Existen cuatro puntos interiores para realizar la toma de muestras y dos exteriores, que se muestran y se enumeran en las siguientes imágenes:



Ilustración 19. Toma de Muestras Agentes Biológicos. PUNTO 1



Ilustración 20. Toma de Muestras Agentes Biológicos. PUNTO 2



Ilustración 21. Toma de Muestras Agentes Biológicos. PUNTO 3



Ilustración 22. Toma de Muestras Agentes Biológicos. PUNTO 4



Ilustración 23. Toma de Muestras Agentes Biológicos. PUNTO 5



Ilustración 24. Toma de Muestras Agentes Biológicos. PUNTO 6

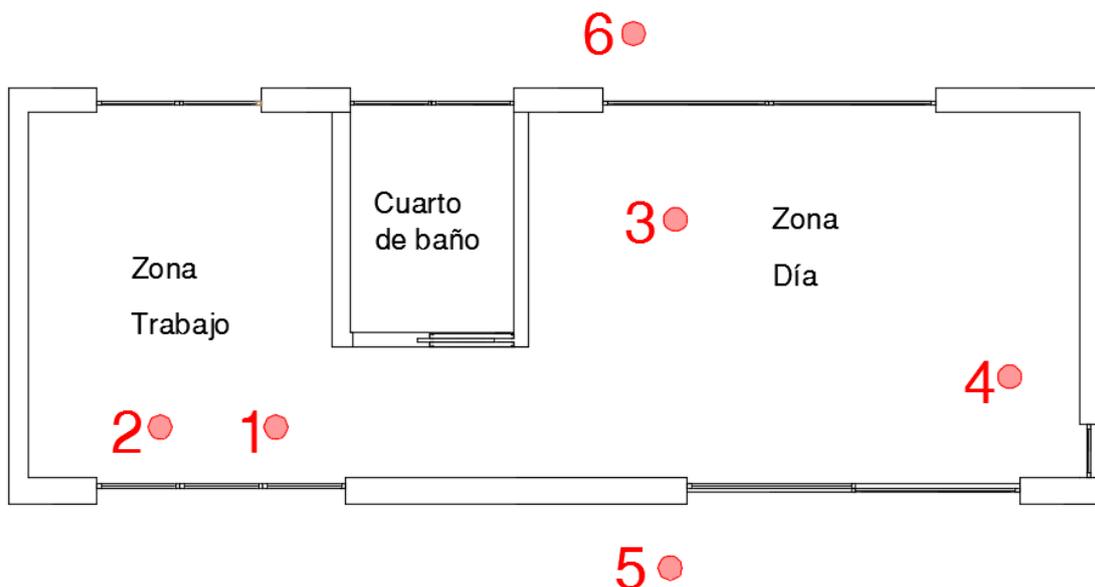


Ilustración 25. Distribución General Toma de Muestras Agentes Biológicos

18.4. Incubación

Una vez de vuelta en el laboratorio de microbiología se almacenan las placas Petri en las incubadoras correspondientes:

Plante Count Agar: estufa de cultivo a 28 ± 1 °C, para el cultivo de bacterias. En este caso, permanecerán durante 48 horas y posteriormente se contarán.

Sabouraud Dextrose Agar: estufa de cultivo a 28 ± 1 °C, para el cultivo de hongos. En este caso, la duración de permanencia en la estufa es de 5 días.

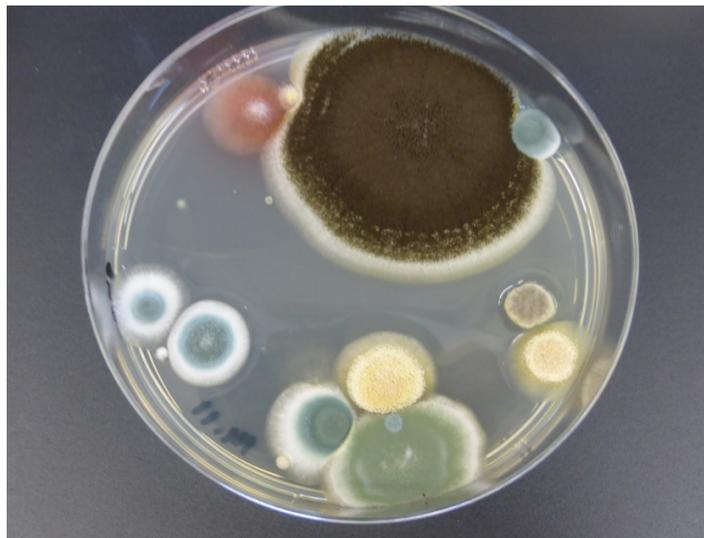


Ilustración 26. Colonias características en medio SAB tras el periodo de incubación

18.5. Enumeración de los microorganismos

Pasado el tiempo de incubación, se observa el crecimiento de las colonias y se procede al recuento de las mismas. El conteo se realiza visualmente.

El número de unidades formadoras de colonia se calcula de la siguiente forma:

$$n^{\circ}UFC/m^3 = \frac{NC \times 1000}{30 \times NU}$$

Siendo:

NC: número de colonias por placa

NU: número de unidades de tiempo empleadas en el muestreo

Una vez determinado el número de colonias, y sabiendo el flujo de aire y el tiempo de muestreo que se ha aplicado, se puede calcular el número de unidades formadoras de colonias por metro cúbico de aire.

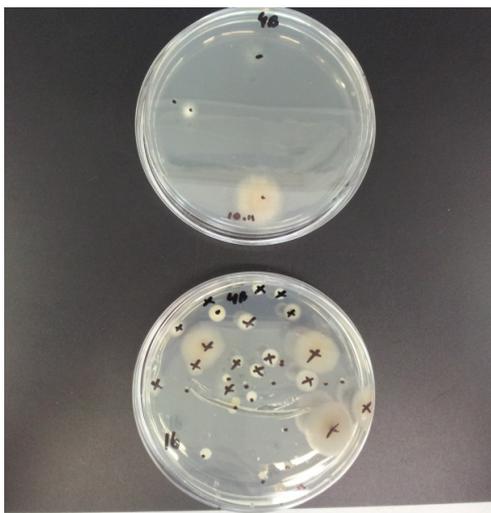


Ilustración 27. Recuento de las colonias observadas tras incubación

18.6. Eliminación de los medios de cultivo analizados

Las placas Petri una vez llevado a cabo el recuento se retiran del laboratorio empleando un contenedor de residuos biológicos, que previamente serán esterilizados en autoclave y posterior eliminación de las muestras por incineración u otros métodos llevados a cabo por Entidades debidamente autorizadas.

19. TOMA DE MUESTRAS: PARTÍCULAS

Un gran número de agentes químicos se presentan en el ambiente laboral en forma de materia particulada, es decir, de partículas suspendidas en el aire. Cuando las partículas son sólidas y se generan de forma mecánica, se utiliza también comúnmente el término polvo. Para la evaluación de la exposición a agentes químicos presentes en el aire en forma de partículas -que es una de las más frecuentes en higiene industrial- es necesario considerar, además de su naturaleza, el tamaño de las partículas ya que de él dependerá la proporción de partículas que penetren en el tracto respiratorio y el lugar en el que se depositen.

19.1. Equipo empleado

Al igual que en microorganismos existen distintos equipos para llevar a cabo la toma de muestras de partículas. Los muestreadores cumplen los requisitos de la norma UNE-EN 481 y UNE-EN 13205, y hay disponibles en mercado distintos modelos:

- IOM
- PGP-GSP3.5
- PGP-GSP10
- CIP10-I
- Button
- PAS-65

En este caso se ha empleado un medidor de partículas de la siguiente referencia:

- Lighthouse, worldwide solutions. Handheld 3016-IAQ

Proporciona hasta 6 tamaños de partículas, además ofrece datos de recuento de partículas acumuladas y diferenciales, así como temperatura y humedad relativa del momento de la medida. Es de un manejo simple y sencillo.

Las características técnicas son las siguientes:

- 0,3-10 μm Rango del tamaño de partículas analizables
- CFM (2.83 LPM) Caudal
- Permite observar 6 tamaños de partícula simultáneamente
- Concentración aproximada en mg / m^3
- 3,5 "(8,89 cm) de interfaz de pantalla táctil a color
- Batería extraíble / recargable de Li-Ion
- Gran memoria para almacenar datos (3.000 muestras)
- Límite de Concentración - 4000000 / ft^3
- Sensor de Temperatura / Humedad Relativa
- 200 puntos a definir por el usuario
- Interfaz fácilmente configurable con zoom
- Mango ergonómico. Permite el empleo de una sola mano para realizar el muestreo
- Alarma Audible Interna
- Diseñado ergonómicamente
- Peso Ligero

- Datos descargables fácilmente al ordenador
- Amplio almacenamiento de datos. Permite la creación de una base de datos.



Ilustración 28. Equipo de la toma de muestras

19.2. Factores que afectan a la eficiencia de la toma de muestras

La eficacia de la toma de muestras puede verse afectada por numerosas variables, de entre ellas las más importantes son el tamaño de las partículas y la velocidad y dirección del viento. Sin embargo, también hay que considerar factores tales como: la composición de la partícula y su carga, la masa de la partícula muestreada, variaciones en el caudal de la bomba de aspiración, etc. Por eso, no todos los equipos cumplen con los requisitos para todas las posibles condiciones ambientales, y es necesario considerar el ambiente (tanto las condiciones climáticas como las del puesto de trabajo) en el que el equipo va a utilizarse para seleccionar el más adecuado.

19.3. CONDICIONES PARTICULARES DE LA TOMA DE MUESTRAS

En la vivienda donde se realiza la toma de muestras es totalmente controlable las distintas tipologías de ventilación.

Puesto que tanto las medidas de partículas como las de microorganismos se toman el mismo día se hace necesario implantar un procedimiento objetivo para que las tomas de muestras se realicen bajo las mismas condiciones, en la medida de lo posible.

Para ello se seguirán varias directrices:

- Previamente al comienzo de la toma de muestras, se conectar los sensores de humedad relativa y temperatura interior.
- Previamente a comenzar la toma de muestras, se regarán dos plantas ornamentales ubicadas una en estancia de noche y otra en estancia de día.
- Puesto que la toma de muestras de agentes biológicos retiene parte de la muestra, se realizará primero la toma de muestras de partículas y una vez finalizada se procederá a tomar muestra de los microorganismos.
- Tanto en ventilación forzada como en condiciones de no ventilación, primero se tomarán todas las muestras de partículas en el interior de la vivienda, en segundo lugar se tomarán las muestras de microorganismos también en el interior de la vivienda y por último se realizarán las tomas en el exterior. Sin realizar aberturas de ventanas y puertas durante la toma.
- Para la toma de muestras de ventilación natural permanecerán abiertas todas las ventanas de las dos zonas.

CAPITULO V: MATERIAL Y MÉTODOS

- Las tomas en el exterior de la vivienda se realizarán a una altura de 1,0 metros de altura. En el caso, de producirse anomalías durante la toma de muestras (por ejemplo, el paso de un vehículo rodado cercano al punto de toma de muestras) se debe repetir la medida.
- En el momento de toma de muestras del puesto de trabajo (punto 4 y 5), la persona encargada de la toma de muestras permanecerá sentada en el propio puesto de trabajo. En el resto de casos, realizará tareas o simulaciones habituales en el comportamiento de un trabajador de tales características.
- Se efectúa una limpieza general de la vivienda cada dos semanas. Entendiéndose por limpieza general, limpiar el polvo de las superficies del puesto de trabajo, bancada de cocina y mesa de comedor, barrer y fregar el suelo.
- Para evitar disminuir el número de contaminantes biológicos, la desinfección de las manos y equipo de muestreo previo a la toma de muestras, se realizará en el exterior de la vivienda.
- Las mediciones se efectúan por la mañana, preferentemente de 9:00 horas a 12:00 horas.

Un inconveniente que presenta el lugar de muestreo es que la zona en la que está ubicada se encuentra sin urbanizar, por lo que la cantidad de partículas puede verse afectadas por este hecho y además existe la presencia de la ejecución de una zanja en las proximidades a la vivienda que propician el movimiento y circulación de partículas.



Ilustración 29 y 30. Espacios exteriores

Además, en la parte posterior de la vivienda hay una palmera que puede contribuir a la formación de contaminantes biológicos.



Ilustración 31 y 32. Espacios exteriores

Como ya se ha comentado el equipo de medición de partículas dispone de un sensor para la medición de temperatura y humedad relativa. A parte de ello, en la vivienda se dispone de tres sensores (1 en la zona de trabajo y 2 en la zona de comedor) que permiten obtener mediciones a lo largo de la duración de la toma de muestras de humedad relativa, temperatura y velocidad del aire en el interior de la vivienda.

Además, el edificio objeto de este estudio se encuentra a unos 100 metros de distancia con una vía de circulación de vehículos, ver imagen 33:

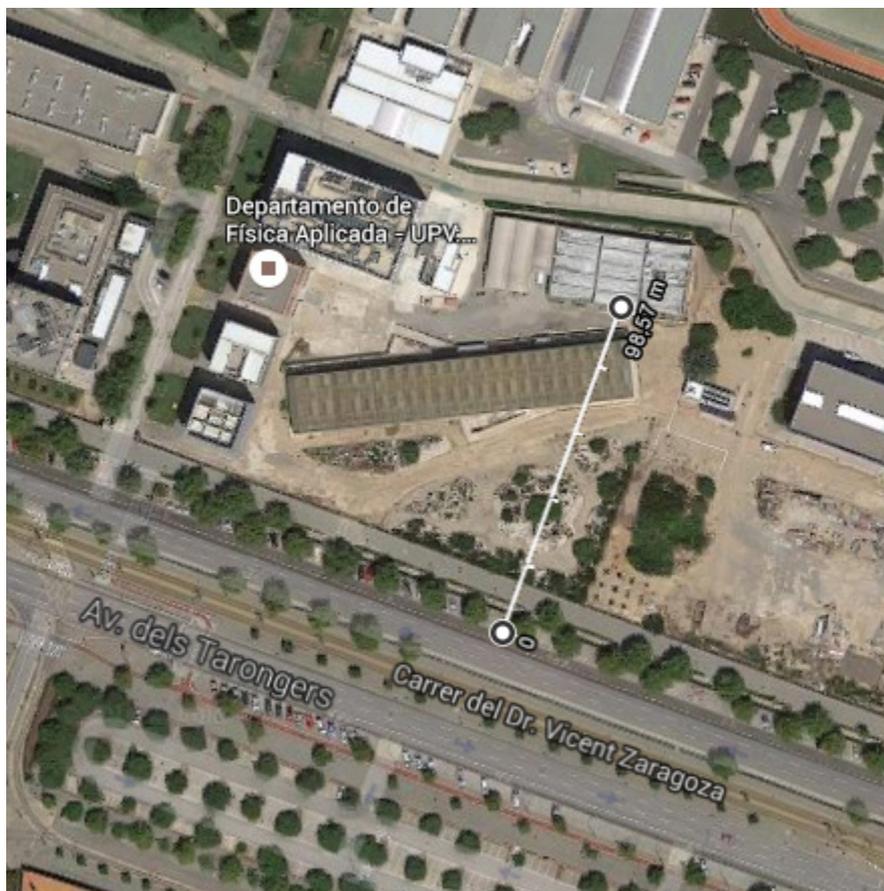


Ilustración 33. Distancia hasta vía de alta ocupación⁷

Esta vía de ocupación, está clasificada³³ como vía de alta ocupación por superar los 10.000 vehículos al día. A continuación se muestra mediante una aplicación que desarrolla la Generalitat Valenciana junto con el Instituto Valenciano de Edificación una fotografía de la ciudad de Valencia, más concretamente de donde se ubica el edificio objeto de este proyecto.

En esta aplicación se pueden observar tres factores:

1. La Intensidad media diaria (IMD) de las vías de circulación cercanas al edificio, caracterizada por la totalidad de vehículos que circulan por ella, alta ocupación (más de 10.000 vehículos al día) o baja ocupación(menos de 10.000 vehículos al día)
2. La distancia del edificio a estas vías de circulación, que se han dividido en tres zonas de servidumbre. , Menos de 100 m, entre 100 m y 200 m. y más de 200 m. esta diferenciación está basada en diferentes estudios que determinan que hasta los 100 metros la concentración de NO₂ que genera el tráfico en distintos puntos es semejante e igual de alta que estando

³³ Instituto valenciano de la edificación. www.calidadaire.es (última fecha de consulta 18/02/2016)

muy próximo al foco de emisión. Entre 100 y 200 metros la concentración disminuye en una proporción considerable y a partir de los 200 metros prácticamente no llegan a recorrer esa distancia y no se ha podido establecer una relación entre las vías de circulación y la concentración de NO_2 que afecten debido a las emisiones de tráfico rodado.

3. Los niveles de concentración de NO_2 , que se representan mediante la distribución espacial promedio de niveles de concentración de dióxido de nitrógeno en el ámbito de la ciudad de Valencia. Los valores se interpolaron a partir de campañas de mediciones de concentraciones de dicha especie (mediante captadores pasivos) en más de cien puntos diseminados sobre el tejido urbano de la ciudad. El plano integra un total de quince muestreos en diferentes periodos de tiempo, con una buena representatividad respecto al comportamiento de la contaminación por NO_2 que registra la red de vigilancia automática. Se han establecido para la presentación actual cuatro intervalos de concentración en una gradación cualitativa de intensidad de color (zonas más oscuras representan valores más elevados de contaminación).

Todos estos datos se resumen mediante la siguiente leyenda y nos ayuda a comprender la información facilitada en el mapa de la ciudad de Valencia.

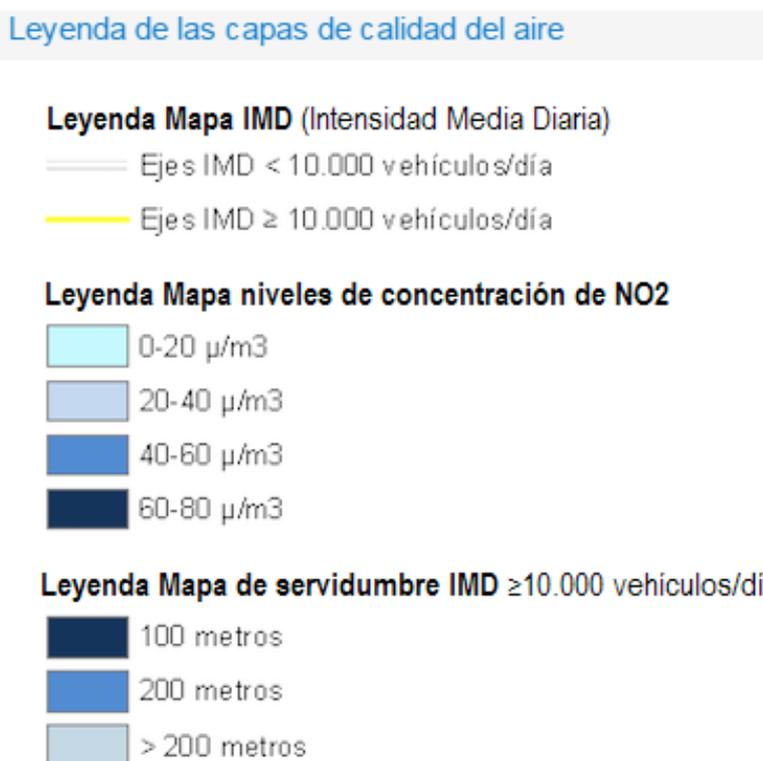


Ilustración 34. Leyenda capas de calidad del aire en la ciudad de Valencia

Así pues, en la imagen 35 se puede observar lo comentado con anterioridad y es que el edificio se encuentra muy próximo a una vía de circulación de alta ocupación y esto puede influir en la concentración de NO_2 , como del mismo modo en concentración de partículas.



Ilustración 35. Ubicación del edificio según vía de circulación

Se observa que el edificio está rozando la distancia de los 100 metros, por lo que una parte de la vivienda marca niveles de concentración de NO_2 de unos $60\text{-}80\mu\text{/m}^3$ mientras que la otra está a unos $40\text{-}60\mu\text{/m}^3$. Estos valores que se indican, son orientativos y siempre van a depender de multitud de factores, entre otros: velocidad del aire, temperatura, humedad, hora de día y estación del año.



Ilustración 36. Ubicación de vehículo según vías de circulación 2

19.4. Planificación de la toma de muestras y lecturas. Fase inicial

En la fase inicial del proceso de establecimiento de criterios objetivos para determinar la metodología final de valoración de los contaminantes biológicos y químicos se realiza una medición semanalmente durante 4 semanas, correspondientes a la temporada de otoño/invierno.

De forma alterna se realizan 4 mediciones, variando en la misma medida las condiciones de ventilación. 2 de las 4 medidas siguen el siguiente orden:

- Sin ventilación
- Ventilación forzada
- Ventilación natural

Las otras dos tomas de muestras se realizan variando las condiciones de ventilación en el siguiente orden:

- Ventilación forzada
- Sin ventilación
- Ventilación natural

La metodología inicial planteada presenta grandes inconvenientes al intervenir distintas variables incontrolables:

- En el primer caso: se comienza con unas condiciones de no ventilación (condiciones que mantiene la vivienda durante 1 semana), posteriormente se realiza la renovación del aire mediante ventilación forzada. El periodo de renovación de aire mediante la tipología de ventilación forzada es de 40 minutos. En 40 minutos se entiende que la totalidad del aire interior ha sido renovado y se procede a realizar la última medida abriendo las ventanas de la vivienda y esperando 15 minutos hasta que el aire se renovará completamente. Como se ha visto anteriormente, 10 minutos son suficientes para la renovación de aire total.
- En el segundo caso: la primera toma se realiza con unas condiciones de ventilación forzada (la ventilación forzada se ha mantenido durante toda una semana). A continuación, se realiza una espera de 30 minutos hasta realizar la siguiente toma de muestras que corresponderá a la tipología sin ventilación. Por último, se abren las ventanas de la vivienda y se espera aproximadamente 15 minutos, hasta que el aire interior se haya renovado y entonces se tomarán las últimas medidas.

De la anterior metodología se puede concluir que presenta muchos factores que pueden producir fluctuaciones y llevar a un error en el análisis de los datos. Se habla de variables no controlables, como las oscilaciones estacionales o temporales.

20. Metodología empleada

Observando los resultados obtenidos y no siendo éstos significativos ni determinantes, se establece una nueva metodología de evaluación, que se considera más homogénea y por tanto más adecuada.

En base a todo lo anteriormente expuesto se establece un **tipo de muestreo sistemático**, el cual sigue un procedimiento en el que se especifica: tipo, tamaño, frecuencia, periodo del muestreo y lugar.

En el muestreo se mantienen las mismas condiciones de ventilación durante 5 semanas, periodo en el que se toman las muestras.

Este segundo procedimiento para la toma de muestras de partículas, se elabora a partir del artículo: “A pilot investigation into associations between indoor airborne fungal and non-biological

particle concentrations in residential houses in Brisbane, Australia”³⁴. Este artículo es la base principal del presente proyecto, pues se ajusta a los objetivos que se persiguen y se elabora un procedimiento viable de ejecutar.

20.1. Tipo de muestreo

Tal y como se ha expuesto con anterioridad el tipo de muestreo es el siguiente:

- Para la **determinación de hongos** en el ambiente laboral: se emplea el equipo muestreador SAS (Surface Air System) con un medio de cultivo de Sabourad Dextrose Agar específico para hongos.
- Para la **determinación de bacterias** en el ambiente laboral: también se emplea el equipo muestreador SAS (Surface Air System) con un medio de cultivo de Plate Count Agar, adecuado para su conteo.
- Para la **determinación de partículas** en el aire: se utiliza un equipo con un sensor que permite distinguir entre 6 tamaños de partículas (0,3µm, 0,5 µm, 1,0 µm, 2,5 µm, 5,0 µm y 10,0 µm). Además permite saber la temperatura y humedad relativa presente en el momento de la medida en el lugar de la medida.
Se trata de un equipo cuya referencia es la siguiente: Lighthouse, worldwide solutions. Handheld 3016-IAQ

20.2. Tamaño de muestreo

En base a la bibliografía, normativa, reglamentos, normas de carácter no obligatorio analizada se establece seguir los criterios establecidos en la norma UNE EN ISO 14644-1:1999. Salas limpias y locales anexos. Parte 1: Clasificación de la limpieza del aire.

Esta misma norma UNE define sala limpia como “local en el que se controla la concentración de partículas contenidas en el aire y que además su construcción y utilización se realiza de forma que el número de partículas introducidas o generadas y existentes en el interior del local sea lo menor posible y en la que además se puedan controlar otros parámetros importantes como: temperatura, humedad y presión”

En cada punto de toma de muestras se ha de tomar un caudal de aire suficiente, que viene definido por la siguiente ecuación:

$$V_s = \frac{20}{C_{n,m}} \cdot 1000$$

Siendo,

V_s Caudal de aire mínimo por toma de muestras expresado en litros

$C_{n,m}$ Es el límite de clase (número de partículas por metro cúbico) para el mayor tamaño de partícula tomada en consideración de la clase correspondiente

20 es el número de partículas definida que puede ser controlada si la concentración de partículas estuviera en el límite de la clase

En base a estos cálculos se termina un tiempo de muestro de 1 minuto y 25 segundos por cada toma de muestras y 3 tomas de muestras por punto.

³⁴ Hargreaves M, Parappukaran S, Morawska L, Hitchins J, He C, Gilbert D. A pilot investigation into associations between indoor airborne fungal and non-biological particle concentrations in residential houses in Brisbane, Australia. Science of the Total Environment. 2003;312(1-3):89-101.

20.3. Puntos de muestreo

Los contaminantes no se reparten homogéneamente por la estancia, por tanto puede que donde esté situada la salida del aire interior no sea donde mayor concentración existe del contaminante.

Para los usuarios del edificio, y desde el punto de vista sanitario, la máxima importancia recae en aquella zona del espacio en la que va a respirar. La falta de homogeneidad de la calidad del aire afecta a las necesidades de ventilación del recinto.

El número mínimo de puntos de toma de muestras se define en base a la norma UNE EN ISO 14644-1:1999. Los puntos se determinan en función a la siguiente fórmula:

$$N_L = \sqrt{A}$$

Siendo:

N_L Número mínimo de puntos de muestras (redondeado a un número entero)

A superficie de la sala limpia o zona limpia en metros cuadrados.

En este caso, la vivienda objeto del presente trabajo tiene una superficie de 80 m², con lo cual el número mínimo de puntos para la toma de muestras es de 9 puntos. Sin embargo, se han tomado 11 puntos en el interior de la vivienda y 2 puntos en el exterior, tal y como se muestra en las siguientes imágenes:

20.3.1. Zona de trabajo, puntos: 1,2,3,4,5



Ilustración 37. Toma de muestras. Partículas. Punto 1 y 2



Ilustración 38. Toma de muestras. Partículas. PUNTO 3 Y 4



Ilustración 39. Toma de muestras Partículas. PUNTO 5

20.3.2. Zona de día, puntos:6,7,8,9,10,11



Ilustración 40. Toma de muestras Partículas. PUNTO 6 y 7



Ilustración 41. Toma de muestras Partículas. PUNTO 8 y 9

Los últimos puntos de la zona de día que se muestran a continuación se ubicaban unos a 1 metro del suelo para estar en igualdad de condiciones con respecto a los otros puntos de medida.



Ilustración 42. Toma de muestras Partículas. PUNTO 10 y 11

20.3.3. **Zona exterior, puntos: 12 y 13**

Estos dos puntos coinciden con los puntos exteriores de la toma de muestras en agentes biológicos.



Ilustración 43. Toma de Muestras. Partículas. PUNTOS 12 Y 13

20.3.4. **Distribución general de puntos de medida**



Ilustración 44. Distribución General Toma de Muestras Partículas

Cada uno de los puntos que se muestran en la ilustración 44 están situados a una altura entre 0,80 metros y 1,10 metros. En el caso de los puntos que miden el habiente laboral de trabajo, se ubican

de forma muy cercana a la situación del trabajador, para simular lo más exactamente posible el lugar de respiración del mismo.

20.4. Frecuencia y periodo de muestreo

Se establece una frecuencia de muestreo de 1 muestra por semana, de manera que las muestras quedan distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 10. Frecuencia y periodo de muestreo

Fecha	Tipología de ventilación	Estación
17/02/2015	Sin ventilación	Invierno
24/02/2015	Sin ventilación	Invierno
10/03/2015	Sin ventilación	Primavera
24/03/2015	Sin ventilación	Primavera
31/03/2015	Sin ventilación	Primavera
21/04/2015	Ventilación natural	Primavera
28/04/2015	Ventilación natural	Primavera
05/05/2015	Ventilación natural	Primavera
12/05/2015	Ventilación natural	Primavera
19/05/2015	Ventilación natural	Primavera
22/05/2015	Ventilación natural	Verano
29/05/2015	Ventilación forzada	Verano
06/06/2015	Ventilación forzada	Verano
13/06/2015	Ventilación forzada	Verano
20/06/2015	Ventilación forzada	Verano

20.5. Toma de muestras

La toma de muestras se realiza una vez a la semana en un periodo comprendido entre las 09:00h y las 12:00 h.

El equipo se dispone en los puntos determinados para ello, tal y como se expone en los apartados anteriores.

En esta segunda metodología se mantienen la misma tipología de ventilación durante 5 semanas, siendo entonces cuando se toman las 5 muestras correspondientes a esta tipología de ventilación.

De esta manera se consigue crear en el interior de la vivienda unas condiciones más homogéneas y más cercanas a la realidad. Puesto que, en invierno no hay renovaciones de aire en el interior de la vivienda ya que el trabajador dispondría de una radiador y la ventilación forzada permanecería apagada y la ventanas cerradas. En primavera, la temperatura en el exterior es la apropiada para tener las ventanas abiertas y es la tipología empleada durante las 5 semanas siguientes. Por último, la ventilación forzada coincide con el verano, generando entonces esta tipología para las últimas 5 tomas de muestras.

20.6. Análisis de datos

Para realizar el análisis de datos se hace necesario realizar un tratamiento estadístico de los mismos.

Se genera una tabla con todos los datos recogidos, tanto de partículas y microorganismos (variables), como de temperatura, humedad relativa y velocidad de aire en el interior de la vivienda (factores) y se simplificará lo máximo posible, con la finalidad de facilitar el análisis.

Este análisis consta de 3 apartados:

1. Inicialmente se lleva a cabo el estudio de cada una de las variables y factores por separado. Examinando posibles influencias de parámetros no controlables en el estudio y determinando, en la medida de lo posible, la influencia de los factores con las variables

2. En el siguiente apartado, se relaciona la variable con los distintos factores. Con la finalidad de exponer los detalles más relevantes del estudio con relación a la variable.
3. El último apartado es el análisis normativo. Se compara el valor de los resultados con valores estándares. Dada la complejidad de obtener unos valores estándares, en los siguientes apartados se detalla el criterio escogido.

20.6.1. Criterio de evaluación de agentes biológicos

Para la evaluación de agentes biológicos cuantitativamente no existe normativa legal sobre “valores límite”.

Según la NTP 409 del INSHT, no pueden establecerse valores límites de exposición general para la concentración de bioaerosoles cultivables (hongos y bacterias totales), porque la respuesta de los seres humanos a los bioaerosoles varía desde efectos inocuos hasta enfermedades graves, dependiendo del agente específico y de los factores de susceptibilidad de cada persona.

El hecho de que hoy no se conozcan las relaciones dosis-respuesta entre muchos contaminantes biológicos y enfermedades en los seres humanos, es el mayor obstáculo a la hora de establecer unos criterios de valoración, que faciliten la evaluación de la exposición a dichos contaminantes.

La comisión para los bioaerosoles de la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) afirma que para la evaluación de la exposición a contaminantes biológicos en ambientes interiores se debe tener en cuenta la valoración médica de los síntomas, la valoración del funcionamiento del edificio y el juicio profesional.

La ACGIH explica las razones por las que, hoy por hoy, no es posible establecer dichos criterios.

1. Un valor límite de exposición general para la concentración de los bioaerosoles cultivables (hongos y bacterias totales) o contables (polen total, esporas de hongos o bacterias) no tiene justificación científica porque:
 - a. Los bioaerosoles son mezclas complejas de diferentes clases de partículas.
 - b. Las respuestas de los seres humanos a los bioaerosoles varían desde efectos inocuos hasta enfermedades graves, dependiendo del agente específico y de los factores de susceptibilidad de cada persona.
 - c. Las concentraciones medidas de los bioaerosoles cultivables y contables dependen del método de toma de muestra y análisis. No es posible recoger y evaluar todos los componentes de los bioaerosoles utilizando un único método de muestreo.
2. No se han establecido valores límite de exposición para los bioaerosoles individuales cultivables o contables para prevenir la irritación o las respuestas tóxicas o alérgicas. Actualmente, la información relativa a las concentraciones de los bioaerosoles cultivables o contables que han producido irritación o respuestas tóxicas o alérgicas procede, en su mayor parte, de estudios de casos que contienen sólo datos cualitativos de la exposición. Los datos epidemiológicos que existen son insuficientes para describir las relaciones exposición- respuesta. Las razones de la ausencia de unos datos epidemiológicos de calidad para establecer esa relación son:
 - a. La mayor parte de los datos de las concentraciones de los bioaerosoles específicos proceden más de medidas indicadoras que de la determinación de los agentes causantes reales. Por ejemplo, la determinación de hongos cultivables se utiliza para representar la exposición a los alérgenos. Además, la mayor parte de las determinaciones proceden de los puntos de acumulación de estos agentes (reservorios) o de las muestras del aire ambiental. Es poco probable que estas aproximaciones representen exactamente la exposición humana a los agentes causantes reales.

- b. Los componentes y las concentraciones de los bioaerosoles varían ampliamente. Los muestreadores de aire más comúnmente utilizados sólo toman muestras "puntuales" en períodos cortos de tiempo y estas muestras aisladas pueden no representar la exposición humana. Las muestras puntuales en períodos cortos de tiempo pueden contener una cantidad de un bioaerosol en concreto en órdenes de magnitud superiores o inferiores a la concentración media ambiental. Algunos organismos liberan aerosoles como "concentraciones de irrupción", que raramente pueden detectarse utilizando muestras puntuales. Estos episodios de los bioaerosoles pueden producir efectos significativos para la salud.
3. Para algunos bioaerosoles infecciosos hay datos de dosis-respuesta. Actualmente, los protocolos del muestreo ambiental para los agentes infecciosos son limitados y adecuados solamente como tentativa científica. Los métodos tradicionales de salud pública, incluyendo los de inmunización, descubrimiento del agente activo y tratamiento médico siguen siendo las defensas primarias frente a los bioaerosoles infecciosos. En ciertos servicios públicos y médicos con riesgo elevado para la transmisión de la infección (por ejemplo, la tuberculosis), se deberían emplear controles de la exposición para reducir las posibles concentraciones ambientales a los agentes patógenos virulentos y oportunistas.
4. Los contaminantes de procedencia biológica que son analizables son sustancias producidas por la materia viva, que se pueden detectar utilizando ensayos químicos, inmunológicos o biológicos y comprenden a las endotoxinas, micotoxinas, alérgenos y compuestos orgánicos volátiles. Los hechos todavía no respaldan el establecimiento de valores límite de exposición para ninguna de estas sustancias analizables. Los métodos de ensayo para ciertos aeroalergenos comunes y endotoxinas están avanzando constantemente. También, las técnicas moleculares innovadoras están permitiendo analizar la concentración de organismos específicos, detectados normalmente sólo por cultivo o recuento. En estudios experimentales y ocasionalmente en estudios epidemiológicos se han observado relaciones dosis-respuesta para algunos bioaerosoles analizables. Asimismo, está progresando la validación de estos ensayos en el puesto de trabajo

20.6.2. Pautas para la evaluación de la exposición a agentes biológicos

El RD 664/1997, en su artículo 4, da las siguientes pautas para poder realizar la evaluación de la exposición a contaminantes biológicos:

- 1) Identificados uno o más riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, se procederá, para aquellos que no hayan podido evitarse, a evaluar los mismos determinando la naturaleza, el grado y duración de la exposición de los trabajadores.
- 2) Cuando se trate de trabajos que impliquen la exposición a varias categorías de agentes biológicos, los riesgos se evaluarán basándose en el peligro que supongan todos los agentes biológicos presentes. Ver la clasificación de los agentes biológicos en grupos, incluyendo ejemplos de agentes clasificados en cada grupo en la tabla siguiente.

Tabla 11. Categorías de Agentes Biológicos según RD 664/1997.

Categoría	Definición	Ejemplos
Grupo 1	Agente biológico que resulte poco probable que cause enfermedad en el hombre.	La clasificación comunitaria no incluye los agentes biológicos del grupo 1, el hecho de que un agente biológico no esté clasificado en los grupos de riesgo 2 a 4 de esta clasificación no significa que estén implícitamente clasificados en el grupo 1.
Grupo 2	Agente patógeno que pueda causar una enfermedad en el hombre y pueda suponer un peligro para los trabajadores; es poco probable que se propague a la colectividad; existen, generalmente, profilaxis o tratamientos eficaces	Bacterias: <i>Legionella pneumophila</i> Virus: virus de la gripe Hongos: <i>Penicillium</i> sp.
Grupo 3	Agente patógeno que pueda causar una enfermedad en el hombre y presente un serio peligro para los trabajadores; exista el riesgo de que se propague a la colectividad, pero existen, generalmente, profilaxis o tratamientos eficaces	Bacterias: <i>Mycobacterium tuberculosis</i> Virus: virus de la hepatitis B Hongos: <i>Histoplasma capsulatum</i>
Grupo 4	Agente patógeno que pueda causar una enfermedad en el hombre y presente un serio peligro para los trabajadores; exista el riesgo de que se propague a la colectividad, pero existen, generalmente, profilaxis o tratamientos eficaces	Bacterias: no hay ninguna clasificada en este grupo Virus: virus de Ébola Hongos: no hay ninguno clasificado en este grupo

- 3) Esta evaluación deberá repetirse periódicamente y, en cualquier caso, cada vez que se produzca un cambio en las condiciones que pueda afectar a la exposición de los trabajadores a agentes biológicos.
- 4) Asimismo, se procederá a una nueva evaluación del riesgo cuando se haya detectado en algún trabajador una infección o enfermedad que se sospeche que sea consecuencia de una exposición a agentes biológicos en el trabajo.
- 5) La evaluación mencionada se efectuará teniendo en cuenta toda la información disponible y, en particular:
 - a. La naturaleza de los agentes biológicos a los que estén o puedan estar expuestos los trabajadores y el grupo a que pertenecen. Si un agente no consta en la tabla, el empresario, previa consulta a los representantes de los trabajadores, deberá estimar su riesgo de infección teniendo en cuenta las definiciones previstas, a efectos de asimilarlo provisionalmente a los incluidos en uno de los cuatro grupos previstos en el mismo. En caso de duda entre dos grupos deberá considerarse en el de peligrosidad superior.
 - b. Las recomendaciones de las autoridades sanitarias sobre la conveniencia de controlar el agente biológico a fin de proteger la salud de los trabajadores que estén o puedan estar expuestos a dicho agente en razón de su trabajo.
 - c. La información sobre las enfermedades susceptibles de ser contraídas por los trabajadores como resultado de su actividad profesional.
 - d. Los efectos potenciales, tanto alérgicos como tóxicos, que puedan derivarse de la actividad profesional de los trabajadores.
 - e. El conocimiento de una enfermedad que se haya detectado en un trabajador y que esté directamente ligada a su trabajo.

- f. El riesgo adicional para aquellos trabajadores especialmente sensibles en función de sus características personales o estado biológico conocido, debido a circunstancias tales como patologías previas, medicación, trastornos inmunitarios, embarazo o lactancia.

20.6.3. Criterio de evaluación de partículas

En cuanto a las partículas se lleva a cabo el estudio de PM 2,5 PM 10,0 y TPM.

PM 2,5 Y PM10,0 son los 2 tamaños que diferencian la penetración de las mismas en el aparato respiratorio:

- Inhalable: fracción másica del aerosol total que se inhala a través de la nariz y la boca. (PM 10,0)
- Respirable: La fracción másica de las partículas inhaladas que penetran en las vías respiratorias no ciliadas. (PM 2,5)

De este modo se procede al análisis comparativo con diversa legislación/reglamentación/recomendaciones encontradas, pero fundamentalmente el análisis recae en Ashrae Standard (Ansi/Ashrae Standard 62.1-2007): Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.

En esta guía, se establecen unos valores de referencia para un periodo de 24 h. El procedimiento de medición llevado a cabo para la obtención de los resultados no ha sido igual, no obstante, puesto que se obtiene un valor límite, se toma como referencia para llevar a cabo una comparación y poder determinar la elevada, normal o baja concentración de partículas en el aire.



CAPITULO VI. RESULTADOS Y ANALISIS DE DATOS

CAPITULO VI. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Este capítulo tiene como objetivo dar a conocer de forma detallada los resultados que se obtuvieron durante el proceso de investigación a través de la toma de muestras.

Para ello, se procede a realizar el análisis estadístico de los datos comparando las seis variables dependientes con los respectivos factores.

Las variables medidas:

- Mohos y Levaduras en zona interior
- Viables en zona interior
- Tamaño total de partículas en zona interior
- Tamaño de partículas de $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en zona interior
- Tamaño de partículas de $\text{PM } 5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en zona interior
- Tamaño de partículas de $\text{PM } 10,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en zona interior

Los factores a comparar son los siguientes:

- Concentración de partículas, Mohos y Levaduras y Viables en el exterior
- Tipo de ventilación
- Temperatura interior
- Humedad relativa interior
- Temperatura exterior
- Humedad relativa exterior
- Velocidad del aire en el interior
- Velocidad del aire en el exterior

21. VARIABLE: Mohos y Levaduras

21.1. Zona exterior y tipología de ventilación

Al comparar los datos recogidos para esta variable, entre zona interior y zona exterior, diferenciando entre las diferentes tipologías de ventilación se obtienen los siguientes datos:

Tabla 12 Datos zona exterior y tipología de ventilación

Zona	Tipo Vent	UFC/m ³ Int.	UFC/m ³ Int.	UFC/m ³ Ext.	σ Int	σ Ext.	Valor máx. Int.	Valor mín. Int.	Valor máx. Ext.	Valor mín. Ext.
Trab.	SV ^a .	1,0	21,0	75,0	44,77	52,55	145,0	0,0	130,0	5,0
Día		41,0								
Trab.	VN ^b	130,0	87,0	64,0	133,44	33,37	455,0	10,0	115,0	10,0
Día		44,0								
Trab.	VF ^c	24,0	21,5	45,0	29,82	41,68	85,00	0,0	105,0	5,0
Día		19,0								

a: Sin Ventilación

b: Ventilación Natural

c: Ventilación Forzada

Como se observa en la tabla anterior, la cantidad de Mohos y Levaduras en el interior (21 UFC/m³; 87 UFC/m³; 21,50 UFC/m³), dependen notablemente de la tipología de ventilación.

En el caso de **no ventilar**, la cantidad de Mohos y Levaduras en el interior disminuye considerablemente con respecto al exterior, si bien los microorganismos del exterior no entran en contacto con el interior, los presentes en el interior permanecen en esta zona. Se han hallado para el interior un valor máximo de 145,0 UFC/m³ y un valor mínimo de 0,00 UFC/m³, con lo cual se denota la gran diferencia entre un valor y otro y pone de manifiesto la variabilidad de sucesos para las mismas condiciones de ventilación y similares condiciones en el exterior. La desviación estándar obtenida, para estos valores, es alta y remarca lo anteriormente expuesto. Es por ello necesario tener en cuenta y analizar el resto de factores que intervienen en la cantidad de microorganismos presentes en el interior.

En condiciones de **ventilación natural** se observa que el recuento de mohos es mayor en el interior que en los otros casos (ventilación forzada y sin ventilación). Los valores hallados en el interior se asemejan a los del exterior. Existe gran semejanza entre los valores máximos y mínimos del exterior e interior, salvo un pico que se observa en el interior en la zona de trabajo donde se midieron 455,00 UFC/m³. Sin embargo, el siguiente valor obtenido es 100,00 UFC/m³, por lo que muy probablemente este pico se deba a alguna variable no controlada presente durante la medida, como puede ser un movimiento de la persona que lleva a cabo la medición, una corriente de aire, un movimiento de vehículos en el exterior...

Por último, en el caso de **ventilación forzada**, los datos de la muestra son parecidos a los obtenidos en condiciones sin ventilación. La desviación estándar sigue mostrando unos valores altos que remarcan la cantidad de variables de las que dependen estos resultados. Se obtiene un valor máximo para el interior de 85,00 UFC/m³ y un valor mínimo de 0,00 UFC/m³ y para el exterior 105,00 UFC/m³ y 5,00 UFC/m³ valores máximos y mínimos respectivamente. La gran diferencia entre el exterior y el interior en este caso se debe a que la ventilación forzada lleva filtros que retienen los microorganismos impidiendo su entrada al interior.

En la siguiente tabla se muestran los datos obtenidos para la zona interior (sin diferenciar entre zona de trabajo y zona de día), zona exterior y relacionándolos, a su vez, con la tipología de ventilación.

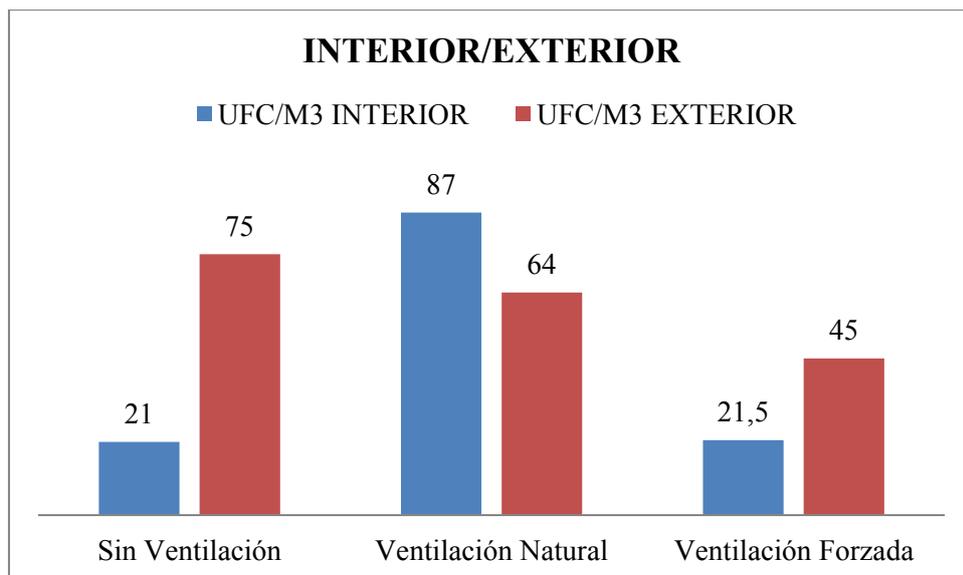


Figura 1. Tipología de ventilación y concentración interior y exterior.

En el gráfico anterior se analiza la relación existente entre la zona interior, la zona exterior y la tipología de ventilación, observándose que en el caso de **sin ventilación** (21 UFC/m³ en el caso del interior y 75 UFC/m³ en el exterior), la diferencia entre el interior y el exterior es notable, ello puede ser debido a que la concentración de Mohos y Levaduras en el interior se mantiene al no haber intercambio con el exterior y en el interior no haber fuentes de contaminación. También puede influir el periodo de medición ya que la medición para la condición sin ventilación se lleva a cabo en invierno.

Por otra parte, en el caso de **ventilación natural** la diferencia entre el valor medio en el interior y el exterior es de 23 UFC/m³ siendo mayor en la zona interior. Pese a que durante el periodo de medición (5 semanas) el interior se encuentra en renovación de aire constante el valor medio interior es mayor que el del exterior, lo que puede ser debido a la acumulación de microorganismos en zonas donde la ventilación es más deficiente. Destacar que el periodo de medición de Mohos y Levaduras para ventilación natural coincide con primavera, estación en la que la concentración de estos microorganismos es mayor con respecto a otras estaciones. En el interior se encuentran dos plantas ornamentales que pueden generar e incrementar la carga microbiológica, sin embargo en el exterior, el punto 6 de medida de microorganismos está próximo a una palmera, que podría incrementar la carga microbiana y por tanto la medición de dichos microorganismos en el exterior.

Por último, en el caso de **ventilación forzada** la diferencia entre los valores medios en el interior y en el exterior es aproximadamente el doble, siendo mayor en el exterior pero menor que en las otras dos medidas. En este caso la renovación del aire en el interior es constante, como sucedía en el caso de ventilación natural, con la diferencia de que la renovación en caso de ventilación forzada es más lenta; en el caso de ventilación la natural el aire interior queda renovado en unos 10 minutos, mientras que en el caso de ventilación forzada la renovación total se produce en unos 40 minutos.

Al obtener valores inferiores en el interior con respecto al exterior es posible que actúen los filtros de la ventilación forzada impidiendo parcialmente la entrada de microorganismos y eliminando microorganismos del interior al exterior. Así pues, en general la acumulación en el interior de microorganismos resulta menor con respecto a las otras tipologías de ventilación. Sin embargo, también es destacable que en el periodo de medición

con ventilación forzada, se obtienen los menores niveles de concentración de Mohos y Levaduras en el exterior con respecto a las otras mediciones.

De este modo, y si observamos la figura 2 se puede determinar que en el caso de **sin ventilación** al existir un intercambio de aire mínimo entre el interior y el exterior la concentración de Mohos y Levaduras en el exterior no determina la concentración en el interior, ya que ésta es mucho menor en este caso de aplicación. La diferencia de concentración entre el interior y el exterior es del 56,25%, siendo causa de ello los altos valores medidos en el exterior para este periodo y la baja generación de estos microorganismos en el interior.

De la misma manera, con respecto a la **ventilación natural** se observa que, en valores porcentuales, la concentración en el interior y en el exterior es muy similar, teniendo mucha importancia el intercambio constante de aire entre el interior y el exterior durante el periodo de medición. La diferencia entre concentración interior y exterior es de un 15,24%, siendo la concentración mayor la obtenida en el interior. Así pues, es lógico afirmar que las concentraciones interior y exterior tienden a igualarse cuando en la oficina se opte por emplear la ventilación natural (se deberá tener en cuenta la contaminación ambiental medida en los alrededores de esta oficina, teniendo que analizar las circunstancias favorables y desfavorables que puedan rodear al edificio donde esté ubicada). En nuestro caso de aplicación y para este periodo de medición, la mejor opción no es realizar una ventilación natural ya que en los otros dos casos se han medido mayores niveles de concentración en el exterior que en el interior.

Por último, en el caso de **ventilación forzada** la diferencia porcentual entre la concentración interior y exterior es de 35,34%, siendo un caso similar a la tipología sin ventilación. La concentración medida en el interior es similar a la obtenida en el periodo de medición sin ventilación, sin embargo la concentración en el exterior es casi el doble en caso de sin ventilación lo que no nos permite realizar una buena comparación entre ambas.

No obstante, podemos afirmar que al utilizar una ventilación forzada se impide que la concentración en el interior aumente por el intercambio de aire con el exterior, ya que el aparato de aire acondicionado presenta filtros que impiden la entrada de microorganismos.

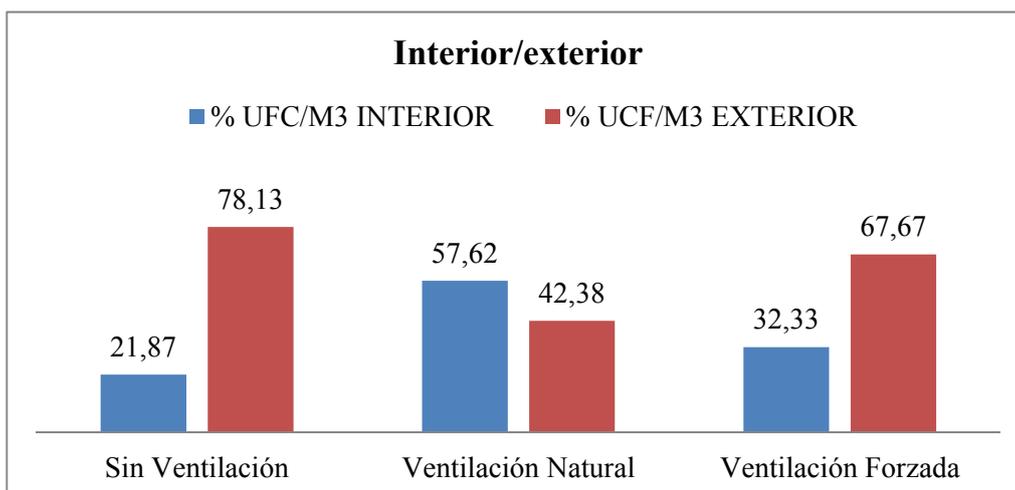


Figura 2. Tipología de ventilación y concentraciones interior y exterior (%)

En la tabla siguiente se muestran los valores máximos y mínimos recogidos tanto en el interior como en el exterior y se puede observar que la diferencia entre interior y exterior en el caso de valores extremos no tiene una gran variación.

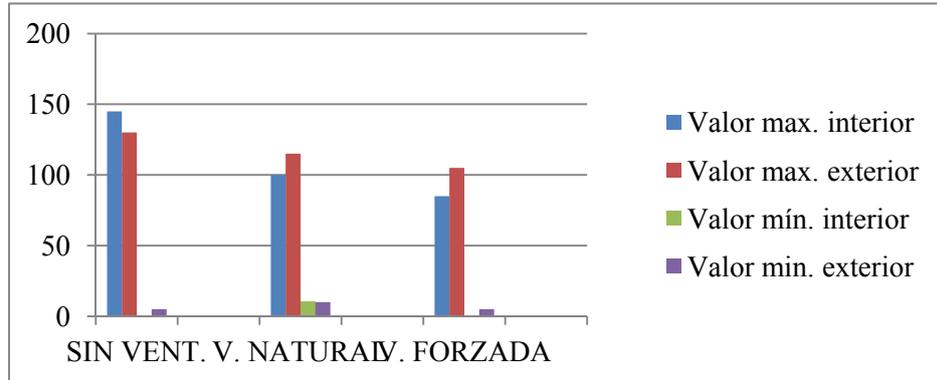


Figura 3. Valores máximos y mínimos de interior y exterior, en función de tipo de ventilación

Así mismo se muestra a continuación el gráfico de medias, en el que se analizan las medias de los tres parámetros, determinando que al solaparse existe una diferencia estadísticamente significativa entre las tipologías de ventilación para el caso de Mohos y Levaduras (P-Valor= 0,0000).

Siendo:

- 1: Sin ventilación
- 2: Ventilación Forzada
- 3: Ventilación Natural

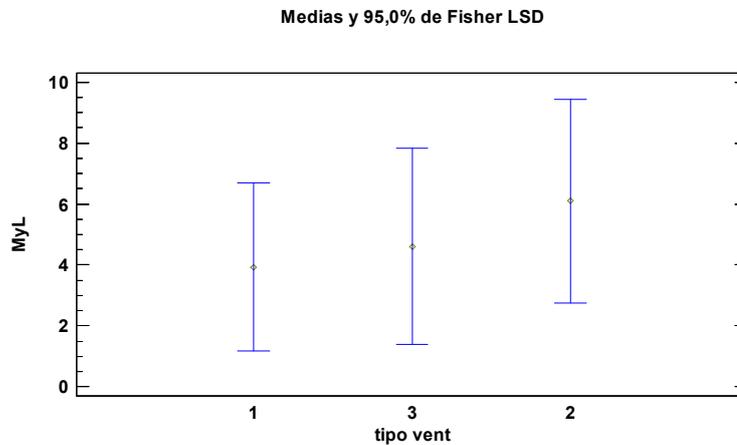


Figura 4. Medias de Mohos y Levaduras con respecto a la tipología de ventilación

21.1.1. **Temperatura interior**

En la siguiente tabla se resumen los datos obtenidos de la temperatura interior, tanto en zona de trabajo como en zona de día, y se muestran los datos que se obtienen de microorganismos para poder proceder a su análisis.

Tabla 13. Datos zona exterior y tipología de ventilación

Zona	Tipo Vent	UFC/m ³ Int.	T ^a media Int.	σ UFC/m ³	σ T ^a int media	UFM/m ³ max. Int.	UFM/m ³ mín. int.
Trab.	SV ^a	1,0	21,19	2,23	2,92	5,0	0,0
Día		41,0	21,20	59,20	2,98	145,0	0,0
Trab.	VN ^b	130,0	21,16	184,42	1,90	455,0	20,0
Día		44,0	21,52	37,81	2,12	100,0	10,0
Trab.	VF ^c	24,0	29,28	35,60	1,20	85,0	0,0
Día		19,0	30,14	26,78	1,35	65,0	0,0

a: Sin Ventilación

b: Ventilación Natural

c: Ventilación Forzada

Como se observa en la tabla siguiente la diferencia entre las temperaturas medias a lo largo de los tres periodos de medición es de 9 °C; en una diferencia de 9 °C no se llegan a obtener de forma determinante una relación entre la temperatura interior y la cantidad de Mohos y Levaduras.

No obstante se observa que para una temperatura media interior de 30 °C se mide una concentración media de Mohos y Levaduras de 19 UFC/m³. Mientras que para una temperatura interior media de 21°C se mide una concentración media de 130,00 UFC/m³. Esta diferencia entre las dos concentraciones puede deberse a que a temperaturas entre los 21 y 22°C proliferen mayor UFC/m³ de Mohos y Levaduras que a temperaturas inferiores o mayores. Se observa que a una temperatura de entre 21°C y 22°C se obtienen concentraciones medias de 1, 41, 130 y 44 UFC/m³ mientras que a una temperatura superior como es entre 29 y 31°C las concentraciones medias son de 24 y 19 UFC/m³, algo menores que a temperatura de entre 21 y 22°C.

Tras omitir el valor pico medido en ventilación natural (455,00 UFC/m³), se obtiene en la Figura 5 en el que observamos la distribución de microorganismos en el rango de temperaturas en el cual se ha realizado la medición (entre 17°C y 32°C).

En este gráfico se observa que las concentraciones medidas de Mohos y Levaduras dependiendo de la tipología de ventilación y, a su vez, de la temperatura interior se han clasificado de forma que apenas coinciden los resultados comparando los 3 periodos.

En el caso de **sin ventilación y ventilación natural** como la temperatura en ambos periodos de medición se ha mantenido muy similar se observa que algunas mediciones coincidan aproximadamente entre sí. Mientras que para el caso de **ventilación forzada** al realizarse las mediciones con unas temperaturas de unos 29°C (unos 8°C por encima con respecto a las otras mediciones) se observa de media una concentración menor, si bien se han medido picos (65 y 85 UFC/m³)

Tanto en ventilación forzada y sin ventilación los niveles de concentración se observan más bajos con respecto a la otra tipología (ventilación natural). De este modo, se puede afirmar que en nuestro caso, sería conveniente no ventilar la oficina mediante ventilación natural, pues con ésta se miden concentración de Mohos y Levaduras superiores con respecto a las otras tipologías de ventilación.

En este caso, y según el gráfico a la hora de decantarnos entre ventilación forzada y sin ventilación se observa que los niveles de concentración no muestran diferencias que nos hagan decantarnos por una u otra, teniendo en cuenta únicamente aspectos relativos a la calidad del aire y dejando aspectos de confort al margen para llevar a cabo el estudio.

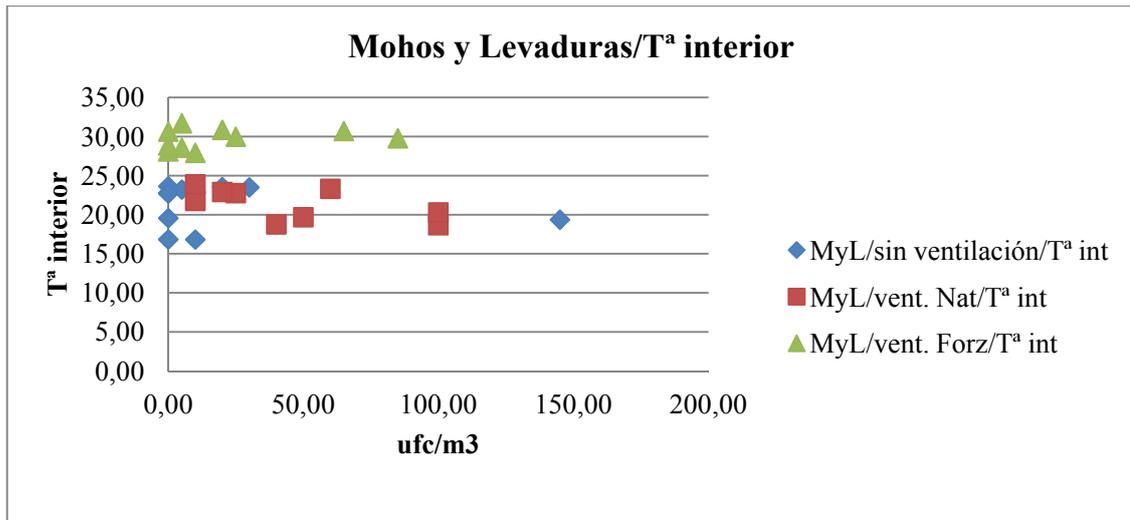


Figura 6. Concentración de Mohos y Levaduras en función de la temperatura interior y tipología de ventilación

A continuación se muestra la Figura 7. que relaciona la temperatura media interior de cada zona y en cada tipología de ventilación con la concentración media de Mohos y Levaduras en esta zona.

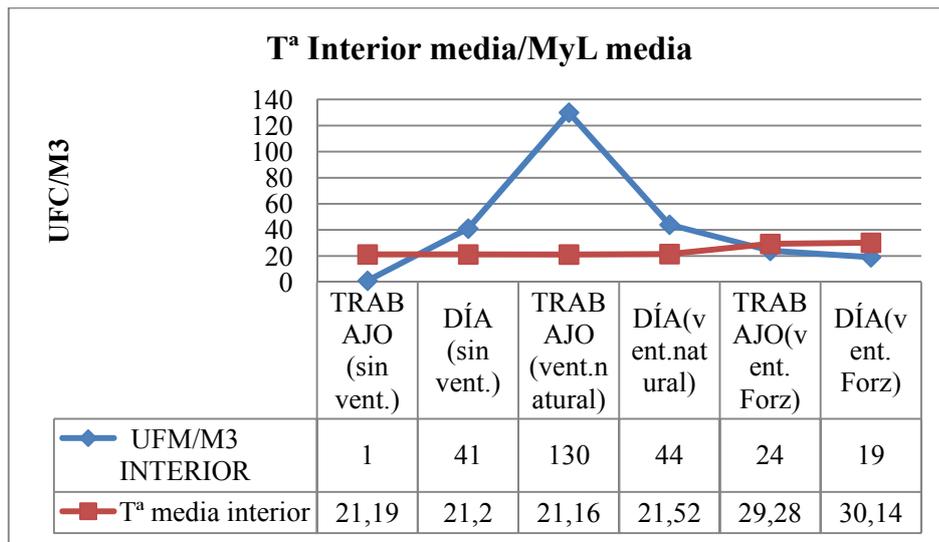


Figura 8. Concentración media de Mohos y Levaduras en función de temperatura interior y tipología de ventilación

En este gráfico se observa que en los cuatro primeros casos la temperatura es muy similar, y sin embargo el rango en el que se mueven la concentración media de microorganismos es muy amplia sobre todo en la zona de trabajo. Ello pone de manifiesto la cantidad de factores no controlables que pueden intervenir a la hora de llevar a cabo la toma de muestras y la importancia de la elaboración de una estudiada metodología que permita controlar al máximo los diversos factores, para no pudiéndolos controlar saber en qué medida pueden afectar a la concentración de Mohos y Levaduras.

Al llevar a cabo el análisis estadístico entre los parámetros de temperatura interior y la concentración de Mohos y Levaduras se ha determinado que existe una diferencia estadísticamente significativa entre ambos ($P\text{-Valor}=0.0049$).

21.1.2. **Humedad relativa interior**

A continuación se muestran los datos para llevar a cabo el análisis de las variaciones que puede producir la humedad relativa interior con respecto a las concentraciones.

Tabla 14 Datos zona exterior y tipología de ventilación

Zona	Tipo Vent	UFC/m ³ Int.	Hr media interior	σ UFC/m ³	σ Hr int.	UFC/m ³ max. Int.	UFC/m ³ mín. int.	Hr max. int.	Hr min. int.
Trab.	SV ^a	1,0	47,58	2,23	11,84	5,0	0,0	62,97	35,85
Día		41,0	48,30	59,20	11,84	145,0	0,0	64,90	37,50
Trab.	VN ^b	130,0	51,72	184,42	11,79	455,0	20,0	68,14	38,22
Día		44,0	51,60	37,81	13,89	100,0	10,0	70,70	36,15
Trab.	VF ^c	24,0	53,50	35,60	4,70	85,0	0,0	60,88	48,13
Día		19,0	52,10	26,78	4,32	65,0	0,0	58,26	46,42

- a: Sin Ventilación
- b: Ventilación Natural
- c: Ventilación Forzada

Para los valores medidos de la humedad relativa media interior se observa que son muy similares a lo largo de los tres periodos de medición, situándose alrededor del 50%. A su vez, se observa que para mismos valores medios de humedad relativa interior hay una amplia diferencia entre valores de concentración, ya que para una humedad relativa media de 47,58% se miden concentraciones de 1UFC/m³ mientras que para un valor de humedad relativa media de 51,72% el valor de Mohos y Levaduras es de 130 UFC/m³.

En el siguiente grafico se pone de manifiesto como para una variación de valores de humedad relativa entre 36,15 (valor mínimo medido de humedad relativa) y 70,70 (valor máximo medido de humedad relativa) la concentración de Mohos y Levaduras se distribuye de forma similar.

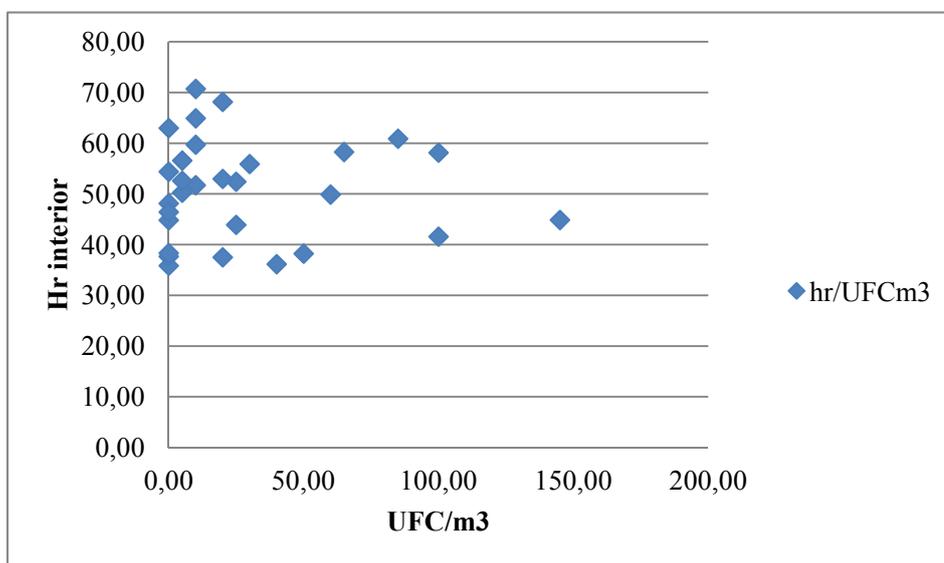


Figura 9. Concentración de Mohos y Levaduras en función de la humedad relativa.

En la siguiente Figura 10, se relaciona la humedad relativa interior, separada por estancias (zona de trabajo y zona de día), por tipología de ventilación y se compara con la concentración media de Mohos y Levaduras muestreada.

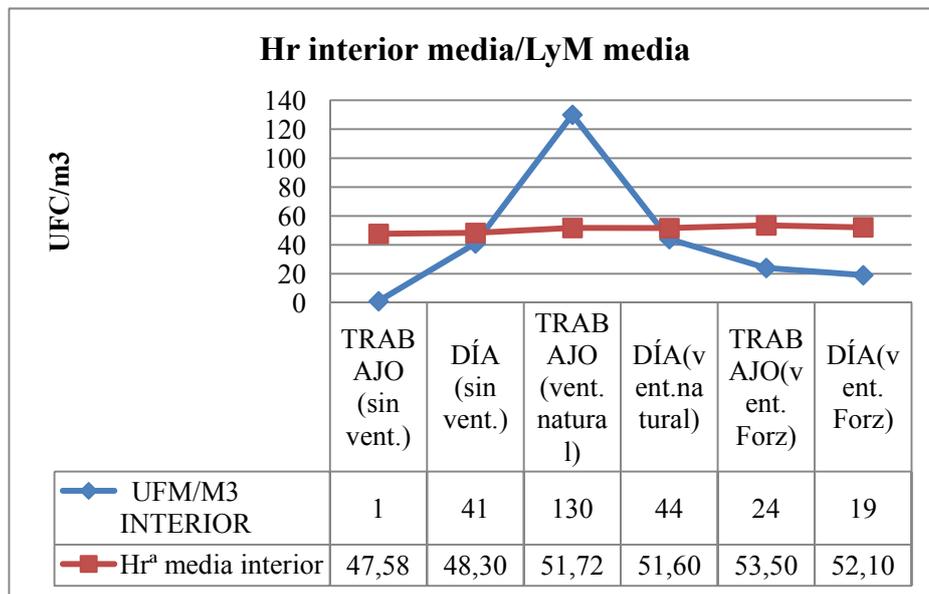


Figura 11. Humedad relativa interior relacionada con la cantidad de Mohos y Levaduras, tipología de ventilación y por zona

Se observa que para humedades relativas muy similares los valores de concentración de microorganismo son muy dispares, en un rango que va desde 1UFC/m³ y 130 UFC/m³. Tras realizar el análisis estadístico se establece que no existe una relación estadísticamente significativa (P-Valor=0,1241), entre la humedad relativa interior y la concentración de Mohos y Levaduras con un intervalo de confianza del 95,0%.

21.1.3. Parámetros exteriores: temperatura, humedad relativa, concentración de microorganismos en el exterior.

A continuación se muestra los datos de los valores medios para la temperatura media exterior e interior así como los valores de concentración de Mohos y Levaduras.

Tabla 15. Datos exteriores

Zona	T.V	UFC/m ³ Int.	Tª media int.	Tª media ext.	Tªint - Tªext	UFC/m ³	Tª int.	Tª ext.	UFC/m ³ max. int.	UFC/m ³ mín. int.	Tª ext máx	Tº ext min
Trab.	SV ^a	1,0	21,19	18,37	2,83	2,23	2,9	4,58	5,0	0,0	26,1	14,4
Día		41,0	21,2			59,2			2,9	145,0		
Trab.	VN ^b	130,0	21,16	22,58	-1,24	184,4	1,9	3,05	100,0	20,0	25,9	19,1
Día		44,0	21,52			37,8			2,1	100,0		
Trab.	VF ^c	24,0	29,28	28,85	0,86	35,6	1,2	1,62	85,0	0,0	30,9	27,2
Día		19,0	30,14			26,7			1,3	65,0		

- a: Sin Ventilación
- b: Ventilación Natural
- c: Ventilación Forzada

Tal y como se observa en el cuadro anterior, la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior es de unos 3°C, de esta manera la temperatura exterior está relacionada con la temperatura interior y a su vez con la concentración de Mohos y Levaduras.

Al llevar a cabo el análisis estadístico se obtiene que existe una relación estadísticamente significativa entre la temperatura exterior y la concentración de Mohos y Levaduras (P-Valor=0,0015),

del mismo modo que existen diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95% de confianza entre la humedad relativa exterior y la concentración de estos microorganismos (P-Valor=0,0000)

21.1.4. Análisis estacional

En la tabla siguiente se muestra los parámetros obtenidos de los factores de exterior, así como los valores de concentración de Mohos y Levaduras en el exterior:

Tabla 16. Análisis de concentración de Mohos y Levaduras en función de la época del año.

	Periodo	UFC/m3 exterior	Tª media exterior	Hr media exterior	UFC/m3 exterior σ	Tª media exterior σ	Hr media exterior σ
Invierno/Primavera	Del 17/02/2015 al 31/03/2015	75,00	18,37	47,87	52,56	4,58	24,63
Primavera	Del 21/04/2015 al 19/05/2015	64,00	22,58	49,61	37,32	3,06	19,41
Verano	Del 22/06/2015 al 06/07/2015	45,00	28,85	58,07	41,68	1,62	5,79

Los datos más relevantes que se pueden observar en la anterior tabla son que a medida que aumenta la temperatura y la humedad relativa disminuye la concentración de Mohos y Levaduras y que las concentraciones de Mohos y Levaduras más altas coinciden con Primavera (Tª media de 22°C).

21.1.5. Velocidad del aire en interior y exterior

Tal y como se muestra en la siguiente tabla los datos obtenidos para velocidad de aire interior y velocidad de aire exterior son diferentes, ya que ni siquiera en ventilación natural el flujo de aire interior se ve modificado considerablemente por el exterior.

Tabla 17. Concentración de Mohos y Levaduras en función de la velocidad del aire

	UFC/m3 interior	UFC/m3 exterior	flujo interior (km/h)	flujo exterior (km/h)	flujo interior σ	flujo exterior σ
TRABAJO (sin vent.)	1		0,04	14,46	0,01	8,23
DÍA (sin vent.)	41		0,07	14,82	0,03	11,20
Exterior (sin vent.)		75,00		18,16		15,00
TRABAJO (vent.natural)	130		0,10	11,12	0,05	11,18
DÍA (vent.natural)	44		0,19	12,27	0,08	10,08
Exterior (vent.natural)		64,00		10,76		7,98
TRABAJO (vent. Forz)	24		0,08	5,22	0,00	5,59
DÍA (vent. Forz)	19		0,09	5,02	0,01	3,77
Exterior (vent. Forz)		45,00		5,78		7,33

Al analizar estas variables estadísticamente se obtiene que no existen diferencias significativas entre la presencia de Mohos y Levaduras y el flujo de aire exterior ($P\text{-Valor}=0.0957$), mientras que entre el flujo del aire interior y la concentración de Mohos y Levaduras muestran una relación estadísticamente significativa ($P\text{-Valor}=0.0000$).

21.1.6. Análisis normativo

Según la Organización Mundial de la Salud, documento editado en 1993 por la Comisión de Comunidades Europeas (Cost Project 613 Report nº 12) establece la siguiente clasificación:

Tabla 18. Clasificación niveles de concentración de Mohos y Levaduras

Nivel de contaminación	Concentración de Mohos y Levaduras (UFC/m ³ en el aire)
Muy baja	<25
Baja	25-100
Intermedia	100-500
Alta	500-2000
Muy alta	>2000

Teniendo en cuenta la tabla anterior y los valores obtenidos en las mediciones (que se muestran en la tabla siguiente) se procede a valorar cuantitativamente los resultados obtenidos.

Tabla 19. Datos de concentración de Mohos y Levaduras medios, máximos y mínimos

Zona	Tipo Vent	UFC/m ³ Int.	UFC/m ³ Int.	σ Int	Valor máx. Int.	Valor mín. Int.
Trab.	SV ^a	1,0	21,0	44,77	145,0	0,0
Día		41,0				
Trab.	VN ^b	130,0	87,0	133,44	455,0	10,0
Día		44,0				
Trab.	VF ^c	24,0	21,5	29,82	85,00	0,0
Día		19,0				

- a: Sin Ventilación
- b: Ventilación Natural
- c: Ventilación Forzada

En el caso del primer periodo de medición, la concentración media se encuentra en niveles de contaminación entre “muy bajo” y “bajo”, ya que no supera los 100UFC/m³. No obstante, si analizamos valores puntuales máximos, se observa que en un momento determinado se alcanzaron concentraciones superiores a 100 UFC/m³, llegando hasta los 145,0 UFC/m³, que entra dentro del nivel de contaminación intermedio.

En el segundo periodo de medición, el nivel de contaminación es mayor que en el primer periodo estando entre “baja” e “intermedia” y llegando en un valor puntual hasta un nivel de concentración de 455,0 UFC/m³ (nivel intermedio de contaminación).

Por último, en el tercer periodo de medición los valores medios permanecen en un nivel de concentración “muy bajo” y el valor máximo que se recoge no sobrepasa el nivel “bajo” (85,0 UFC/m³).

22.VARIABLE: Viables

22.1. Tipología de ventilación

De los datos obtenidos mediante el recuento de Viables muestreados para esta variable, entre zona interior y zona exterior, diferenciando entre las diferentes tipologías de ventilación se obtienen los siguientes datos:

Tabla 20. Tipología de ventilación, concentración de Viables y valores máximos y mínimos.

Zona	Tipo Vent	UFC/m ³ Int.	UFC/m ³ Int.	σ Int.	UFC/m ³ Ext.	σ Ext.	Valor máx. Int.	Valor mín. Int.	Valor máx. ext.	Valor mín. ext.
Trab.	SV ^a	235	258	167,9	645,0	526,1	595,0	70,0	1060,0	30,0
Día		281								
Trab.	VN ^b	1066	1050	658,3	1239,0	677,1	2355,0	280,0	2475,0	605,0
Día		1034								
Trab.	VF ^c	237	222	214,0	297,0	266,4	560,0	30,0	750,0	100,0
Día		207								

a: Sin Ventilación

b: Ventilación Natural

c: Ventilación Forzada

Como se observa en la tabla anterior la cantidad de Viables aerobios mesófilos en el interior no está únicamente relacionada con los existentes en el exterior, puesto que para 645,0 UFC/m³ medidos en el exterior hay 258,0 UFC/m³ en el interior en el periodo de medición de tipología **sin ventilación**; mientras que para el periodo de medición con **ventilación natural** el dato medio del Viables aerobios mesófilos en el exterior es de 1.239,0 UFC/m³ y en el interior es de 1.050,0 UFC/m³, y por último en el caso de **ventilación forzada** las medidas en el exterior y en el interior son de 297,0 y 222,0 UFC/m³ respectivamente.

En la tabla anterior también se puede observar una alta diferencia entre los valores máximos y mínimos tanto como interior como exterior. El caso extremo se observa durante el periodo de medición con **ventilación natural**, en el que se observa una diferencia entre ambos valores de 2.075,0 UFC/m³ en el caso de valores interiores y 1.870,0 UFC/m³ en el exterior.

En esta misma línea se observa que para las tres tipologías de ventilación y tanto en el exterior como en el interior, la desviación estándar es alta, lo que pone de manifiesto la dispersión de los datos para unas similares condiciones ambientales.

Centrándonos en las tipologías de ventilación, para la tipología de **no ventilar** la oficina, la cantidad de Viables en el interior (258,0 UFC/m³) disminuyen aproximadamente a la mitad con respecto al exterior (645,0 UFC/m³).

Se ha muestreado en el interior un valor máximo de 595,00 UFC/m³ y un valor mínimo de 70,00 UFC/m³, el amplio rango entre el valor mínimo y el máximo junto con la alta desviación típica obtenida vuelve a poner de manifiesto la variabilidad de sucesos para las mismas condiciones de ventilación y similares condiciones en el exterior.

En condiciones de **ventilación forzada**, los datos de la muestra en el interior son parecidos a los obtenidos en condiciones sin ventilación. Sin embargo, la cantidad de Viables muestreados en el interior junto a su desviación estándar siguen mostrando unos valores altos que remarcan la cantidad de variables de las que dependen estos resultados. Se obtiene un valor máximo para el interior de 560,00 UFC/m³ y un valor mínimo de 30,00 UFC/m³ y para el exterior 750,00 UFC/m³ y 100,00 UFC/m³ valores máximos y mínimos respectivamente. En este caso, la diferencia entre el interior y el exterior es de 75 UFC/m³, teniendo en cuenta el resto de resultados esta diferencia no es tan amplia, ello puede ser debido a que los filtros con los que consta la ventilación forzada puedan dejar pasar gran parte de los microorganismos.

Por último, en el caso de **ventilación natural** se observa que las UFC/m³ son mucho mayor en el interior que en los dos anteriores casos (ventilación forzada y sin ventilación), en concreto supera al valor medio recogido en ventilación forzada en 222 UFC/m³. En cuanto al exterior los datos recogidos son similares a los del interior. Cabe destacar que existe gran semejanza entre los valores mínimos y máximos del exterior e interior, así como en la desviación estándar, ello indica que la dispersión de los valores se comporta de manera similar, teniendo en cuenta que en lo referente a los valores mínimos del interior y exterior hay una diferencia de 325 UFC/m³).

En el siguiente gráfico se muestran los datos obtenidos para la zona interior (sin diferenciar entre zona de trabajo y zona de día) dependiendo, a su vez, del tipo de ventilación.

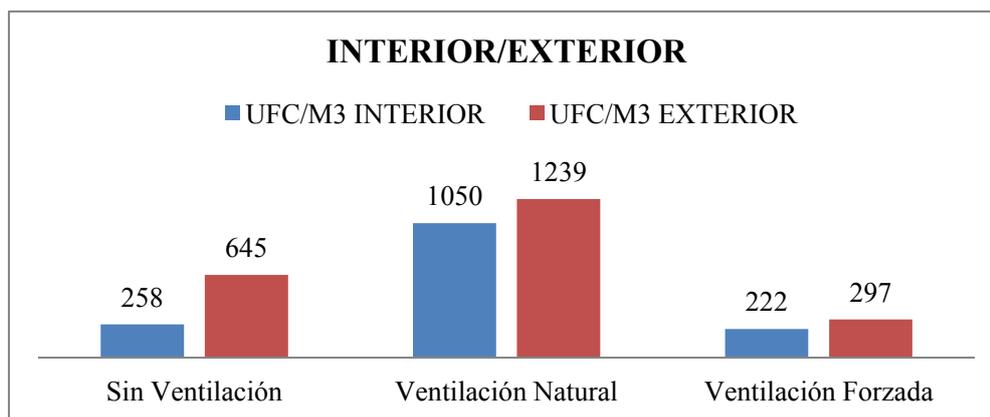


Figura 12. Tipología de ventilación y concentración de Viables exterior e interior.

Tal como se observa en el gráfico existen grandes diferencias entre los valores muestreados en el exterior, ello puede ser debido a que las tomas de muestras se toman en diferentes estaciones del año, y por tanto en diferentes rangos de temperatura y humedad relativa. Se observa que la diferencia de Viables en el exterior entre el periodo de toma de muestra en condición de no ventilación (del 17/02/2015 al 31/03/2015) y el periodo en el que se muestrea la ventilación natural (del 21/04/2015 al 19/05/2015) es casi del doble, dándose la mayor concentración en el segundo periodo. Con respecto al periodo de medición de ventilación forzada (del 26/05/2015 al 06/07/2015), es el periodo en el que se dan las menores concentraciones en el exterior, siendo estas superadas en el caso de sin ventilación en el doble y en el caso de ventilación natural se hayan concentraciones cuatro veces mayores con respecto al periodo de ventilación forzada.

Como se ha argumentado en el apartado anterior, las diferentes concentraciones halladas en el exterior para los diferentes periodos de tiempo impiden observar la importancia de las tipologías de ventilación, por lo que en la siguiente gráfica que exponen los valores en porcentaje:

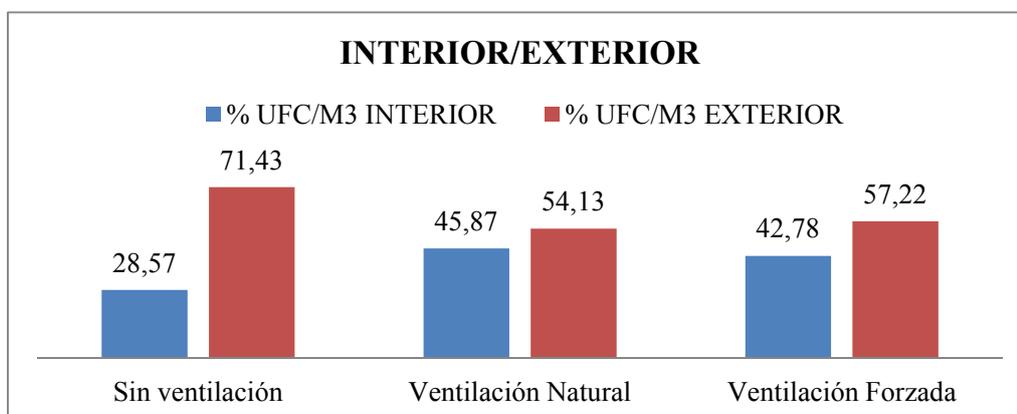


Figura 13. Tipología de ventilación y proporción concentración de Viables

Por consiguiente, se observa que en condiciones de **no ventilación** la concentración en el exterior es de un 70% con respecto a la muestreada en el interior, con lo cual se puede determinar que al no ventilar el puesto de trabajo, propiciamos que no entren microorganismos, teniendo en cuenta que, a su vez, se impide la salida de los mismos.

Se puede destacar que la concentración en el interior procede de múltiples focos como pueden ser: los materiales de construcción, los muebles, las plantas ornamentales, la actividad llevada a cabo entre otros, y que en este caso en particular, del puesto de trabajo de oficina. Se observa que los materiales de construcción y el mobiliario no determinan notablemente la concentración de Viables. Además, puesto que en este caso en particular, se hallan altas concentraciones en el exterior puede resultar beneficioso no ventilar.

En el caso de **ventilación natural** se observa, como era de esperar, que las concentraciones entre el interior y el exterior apenas marcan diferencia (8,26 % de diferencia). Ello es debido a que el aire interior se renueva constantemente con el aire exterior.

Por último, al observar los datos de **ventilación forzada** se observa que la diferencia de concentración es del 14,44%, también es mínima comparándola con los datos sin ventilación, pero es algo mayor que lo que se observa en caso de ventilación natural. En este caso, la ventilación forzada consta de unos filtros que impiden la entrada de determinados microorganismos al interior de donde se ubica el puesto de trabajo y que pese a que la renovación del aire interior también es constante la concentración de Viables es menor.

Tras los datos hallados la única tipología de ventilación que muestra una diferencia notable entre el exterior y el interior es en condiciones de no ventilación, mientras que en las otras dos tipologías de ventilación las condiciones entre el interior y el exterior no son sustancialmente variables, poniendo de manifiesto la indiferencia entre el uso de una ventilación u otra.

Se lleva a cabo el análisis estadístico de los datos obtenidos mediante la Prueba de Múltiple Rango y se determina (Ver anexo I) que entre ventilación forzada y en condiciones de no ventilación se hayan diferencias estadísticamente significativas, mientras que en el caso de ventilación natural con respecto a las otras dos tipologías no existen diferencias estadísticamente significativas puesto que no se encuentra dentro del mismo grupo homogéneo.

En la siguiente Figura 14, se observa que entre condiciones de no ventilación y ventilación natural, y por otro lado, ventilación natural y ventilación forzada existen diferencias estadísticamente significativas mientras que entre condiciones de no ventilación y ventilación forzada no existe ninguna relación estadísticamente significativa.

Medias y 95,0% de Fisher LSD

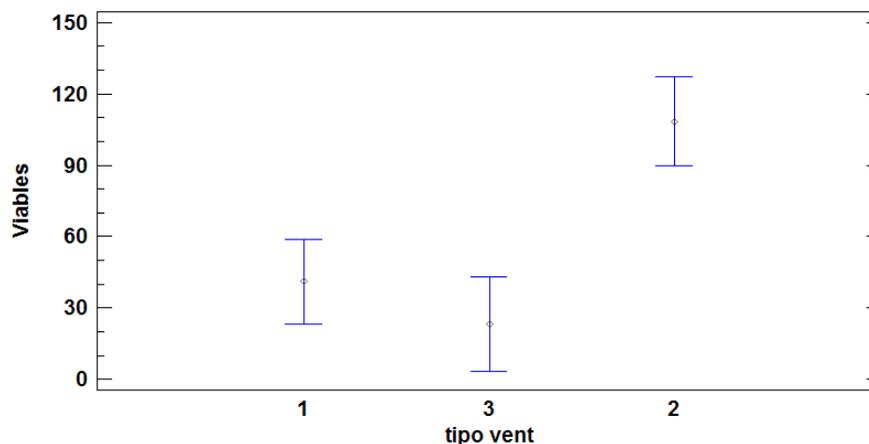


Figura 15. Análisis estadístico de las diferencias estadísticamente significativas entre tipología de ventilación y Viables.

Siendo: 1: sin ventilación 2: ventilación natural 3: ventilación forzada.

22.1.1. **Temperatura**

En la siguiente tabla se pueden observar el resumen de las mediciones realizadas y relacionadas con la variable de temperatura interior y exterior.

Tabla 21. Datos de concentración de Viables con temperatura interior y exterior.

Tipo vent	UFC/m ³	T ^a media int.	T ^a media ext.	int-ext	σ UFC/m ³	σ T ^a int.	σ T ^a ext.	UFC/m ³ máx. Int.	UFC/m ³ mín. int.	T ^a ext máx	T ^o ext min
Tra	235	21,19	15,41	5,7	163,24	2,9	3,8	500,0	16,83	22,3	12,3
Día	281	21,2			188,32	3,0		595,0	16,82		
Ext	645				526,17			1060,0	30,0		
Tra	1066	21,16	22,46	-1,1	779,88	1,9	3,8	2355,0	18,65	26,9	17,2
Día	1034	21,52			605,11	2,1		1905,0	18,77		
Ext	1239				757,09			2475	605		
Tra	237	29,28	28,73	1,0	242,01	1,2	1,5	560,0	27,91	31,3	27,2
Día	207	30,14			209,51	1,4		555,0	28,56		
Ext	297				266,50			750	100		

- a: Sin Ventilación
- b: Ventilación Natural
- c: Ventilación Forzada

En la tabla anterior se puede observar que para una similar temperatura interior media (alrededor de 21,50 °C) se muestrean diferentes concentraciones medias que pueden ir desde 207 UFC/m³ hasta 1239 UFC/m³, lo que pone de manifiesto la gran dispersión de los valores de concentración medidos en la toma de muestra, como ya se ha comentado en apartados anteriores la desviación típica en cualquier de las tres tipologías de ventilación es alta, con valores de desviación típica que van desde 163,24 UFC/m³ hasta 779,88 UFC/m³.

A continuación se muestra la Figura 16 que relaciona la temperatura media interior de cada zona y en cada tipología de ventilación con la concentración media de Viables:

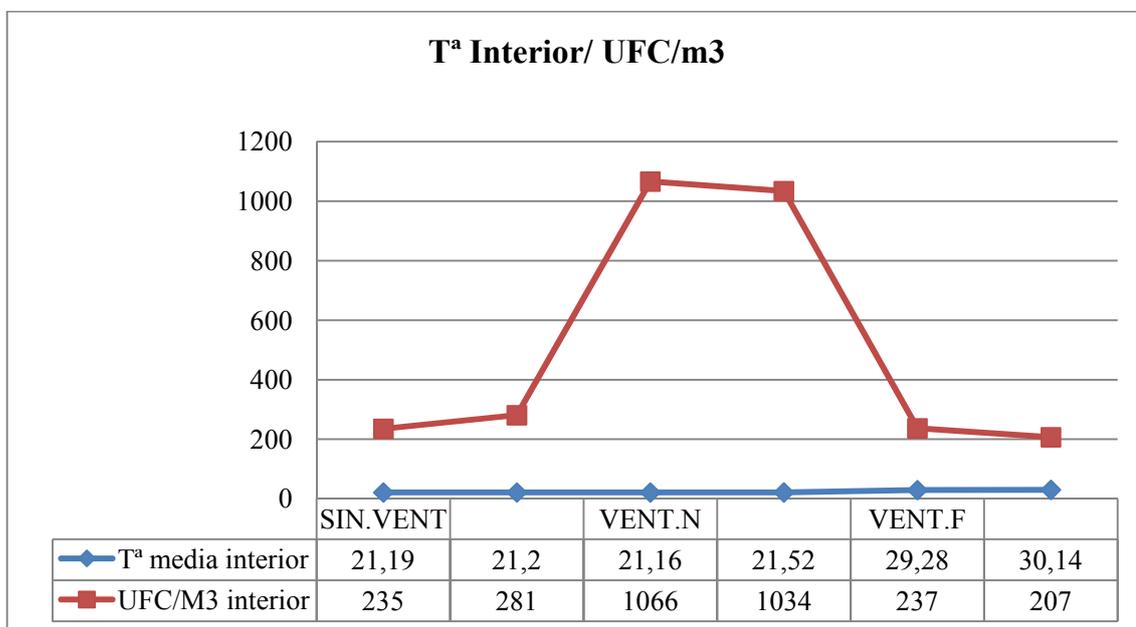


Figura 17. Concentración de Viables en relación con la tipología de ventilación y temperatura interior.

En el gráfico se observa que las concentraciones de Viables aerobios mesófilos se comportan indistintamente para temperaturas interiores similares. En el caso de una temperatura media interior de 21 °C se muestrea una concentración media de

281,0UFC/m³ mientras que para una temperatura media interior de 21°C la concentración media obtenida es de 1066 UFC/m³.

Los datos manifiestan que la temperatura puede no influir de manera determinante en la concentración de Viables aerobios mesófilos.

Realizando el análisis estadístico se obtiene que sí existe una relación estadísticamente significativa (P-Valor=0,000), entre la temperatura interior y la concentración de Viables con un intervalo de confianza del 95,0 %.

22.1.2. Temperatura exterior

A continuación se muestran los datos obtenidos de temperatura exterior, relacionándolos con la concentración de Viables aerobios mesófilos.

Tabla 22. Datos de concentración de Viables y de temperatura

ZONA		UFC/m ³	T ^a media	T ^a media ext.	Int -ext	σ UFC/m ³	σ T ^a int.	σ T ^a ext	UFC/m ³ max Int.	UFC/m ³ mín. int.	T ^a ext máx	T ^a ext min
Trab.	a	235	21,19	15,41	5,7	163,2	2,9	3,8	500,0	16,83	22,3	12,3
Día		281	21,2			188,3	2,9		595,0	16,82		
Ext.		645		18,37		526,2		4,5	1060,0	30,0	26,1	14,4
Trab.	b	1066	21,16	22,46	-1,1	779,8	1,9	3,8	2355,0	18,65	26,9	17,1
Día		1034	21,52			605,1	2,1		1905,0	18,77		
Ext.		1239		22,58		757,1		3,0	2475	605	25,9	19,1
Trab.	c	237	29,28	28,73	0,9	242,0	1,2	1,4	560,0	27,91	31,3	27,2
Día		207	30,14			209,5	1,3		555,0	28,56		
Ext.		297		28,85		266,5		1,6	750	100	30,9	27,3

a: Sin Ventilación
 b: Ventilación Natural
 c: Ventilación Forzada

Tal y como se observa en el cuadro anterior, la máxima diferencia de temperatura entre los valores medios del interior y el exterior es de 5,7°C, por lo que la variación de temperatura no es excesivamente importante.

Como en el apartado anterior, se observa que para similares valores de temperatura los valores de concentración son muy dispersos, algo que se observa claramente con la desviación típica.

En los gráficos siguientes se muestran la concentración de Viables a lo largo de la medición en las tres tipologías de ventilación y se muestra como la concentración de Viables no sigue una distribución en función de la temperatura y humedad relativa exterior, pues para similares valores de los factores existe un amplio intervalo de valores medios de Viables.

Tras realizar el análisis estadístico se establece que existe una relación estadísticamente significativa (P-Valor=0,000) entre la temperatura exterior y la concentración de Viables con un intervalo de confianza del 95,0%.

22.1.3. Humedad relativa

En la siguiente tabla se recogen los datos para llevar a cabo el análisis de la humedad relativa interior y exterior:

Tabla 23. Datos de concentración de Viables y de humedad relativa.

ZONA Tipo vent	UFC/m ³ Int.	Hr media	Hr media ext.	σ UFC/m ³	σ Hr int.	σ Hr ext.	UFC/m ³ max. Int. Máx	UFC/m ³ mín. int. Mín	Hr max.	Hr min.	
Trab.	a	235	47,58	50,47	163,2	11,85	18,55	500,00	70,00	62,97	35,85
Día		281	48,30	50,47	188,3	11,85	18,55	595,00	100,00	64,90	37,50
Ext.		645		47,87	526,2		24,63	1060,0	30	87,30	22,09
Trab.	b	1066	21,16	46,44	779,8	11,79	15,80	2355,00	280,00	68,14	38,22
Día		1034	21,52	46,44	605,1	13,90	15,80	1905,00	365,00	70,70	36,15
Ext.		1239		49,61	757,1		19,422	2475,0	605,00	75,95	30,90
Trab.	c	237	29,28	46,44	242,0	4,70	4,52	560,00	50,00	60,88	48,13
Día		207	30,14	51,11	209,5	4,32	4,52	555,00	30,00	58,26	46,42
Ext.		297		58,07	26,5		5,79	750,00	100,00	64,47	52,62

a: Sin Ventilación

b: Ventilación Natural

c: Ventilación Forzada

En la tabla anterior se puede observar que para unos valores de humedad relativa interior medios de 21 (caso de ventilación natural) se miden concentraciones medias superiores a 1000 UFC/m³. De la misma forma, para una humedad relativa media interior de alrededor de 30 (caso de ventilación forzada) se muestrea una concentración media de 222 UFC/m³, mientras que para una humedad media del 50 la concentración media es de unos 258UFC/m³.

En esta misma tabla, se observa que la humedad relativa interior y exterior en el caso de sin ventilación permanece similar, alrededor del 50 %. No obstante, en las otras dos tipologías de ventilación las medias de humedad relativa interior y exterior se reducen a la mitad, siendo menor en el interior. Los datos medios en el caso de ventilación natural, para humedad relativa interior es de 21,34 mientras que para el exterior es de 46,44, algo más del doble, teniendo en cuenta que en esta tipología de ventilación existe un intercambio de aire entre el interior y el exterior, es esperable encontrar valores similares. En el caso de ventilación forzada, se repite siendo la humedad relativa interior alrededor de 30 y la exterior sobre los 50.

Asimismo, los valores de concentración de microorganismo son muy dispares, en un rango que va desde 30 UFC/m³ y 2355 UFC/m³ en valores mínimos y máximos no pudiendo realizar una relación determinante entre humedad relativa y concentración de Viables aerobios mesófilos en los datos recogidos. Pues para el valor máximo de humedad relativa exterior 87,30 corresponde con el valor máximo de concentración 1060,0 UFC/m³ pero para el valor mínimo de humedad relativa 22,09 el valor de concentración es de 995,0 UFC/m³ con lo cual para humedades relativas distintas las concentraciones no muestran grandes diferencias. Ambos valores corresponden con el periodo de medición en la tipología de sin ventilación. Si observamos los valores muestreados en el caso de ventilación natural seguimos sin observar una relación ya que para el valor máximo de humedad relativa (75,95) la concentración es de 750,0 UFC/m³ mientras que para el valor mínimo (30,90) la concentración es de 605,0 UFC/m³, valores de concentración, de nuevo, muy similares.

En el siguiente gráfico, se relaciona la humedad relativa interior, sin diferenciar por estancias (zona de trabajo y zona de día), por tipología de ventilación y se compara con la concentración media de Viables para cada zona. Además también se relaciona con la humedad relativa exterior.

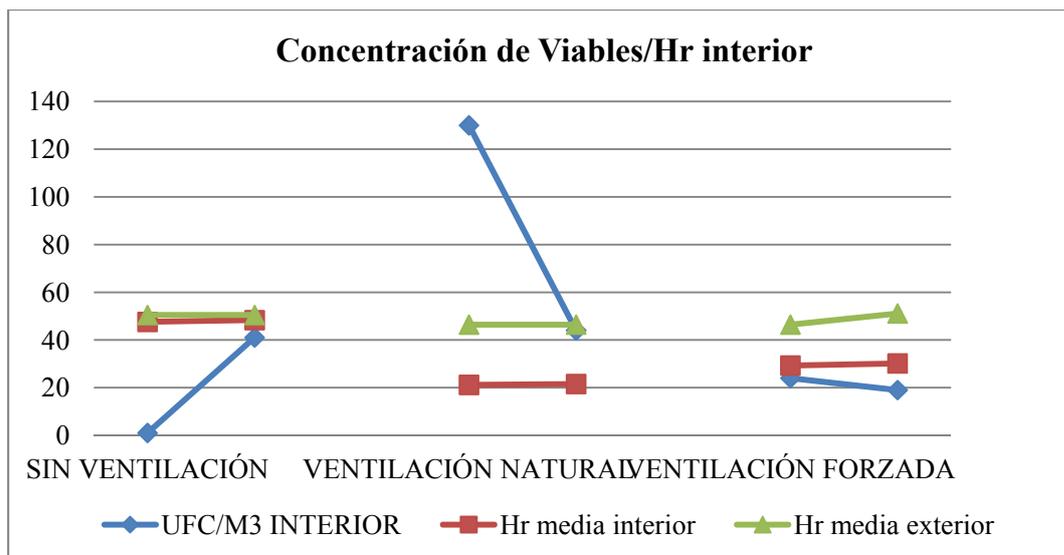


Figura 18. Concentración de Viables en función de la tipología de ventilación y humedad relativa interior.

En este gráfico se observa lo indicado en anteriores párrafos y es que en el caso de ventilación natural y forzada la humedad relativa varía en el interior y en el exterior, siendo similar en el caso de sin ventilación.

Además, se observa que para valores de humedad relativa interiores similares los valores de concentración medios son muy dispares.

Tras realizar el análisis estadístico se establece que existe una relación estadísticamente significativa ($P\text{-Valor}=0,0000$) entre la humedad relativa interior y exterior y la concentración de Viables con un intervalo de confianza del 95,0%.

22.1.4. Comportamiento estacional

En la siguiente tabla, se muestran los datos obtenidos de las variables exteriores en función de la estación del año en la que se ha realizado la medición.

Tabla 24. Análisis de la concentración de Viables en función de la estación del año.

Estación	Periodo	UFC/m ³ exterior	T ^a media exterior	Hr media exterior	σ UFC/m ³ exterior	σ T ^a exterior	σ Hr exterior
Invierno/Primavera	Del 17/02/2015 al 31/03/2015	645,00	18,37	47,87	526,17	4,58	24,63
Primavera	Del 21/04/2015 al 19/05/2015	1239,00	22,58	49,61	757,09	757,09	19,41
Verano	Del 22/06/2015 al 06/07/2015	297,00	28,85	58,07	266,50	1,62	5,79

En esta tabla se puede observar que con gran diferencia, es en la primavera donde se mide mayor concentración de Viables aerobios mesófilos (1.239,0 UFC/m³), y el verano la que menor concentración (297,0 UFC/m³).

Además, entre el primer periodo de toma de muestras y el último se observa una variación de temperaturas de unos 10 °C, al igual que en la humedad relativa del 10%, siendo en ambos casos superior en verano.

En el gráfico siguiente, se recogen estos datos y se muestra de manera gráfica como en primavera se haya la máxima concentración de Viables aerobios mesófilos y en verano la menor.

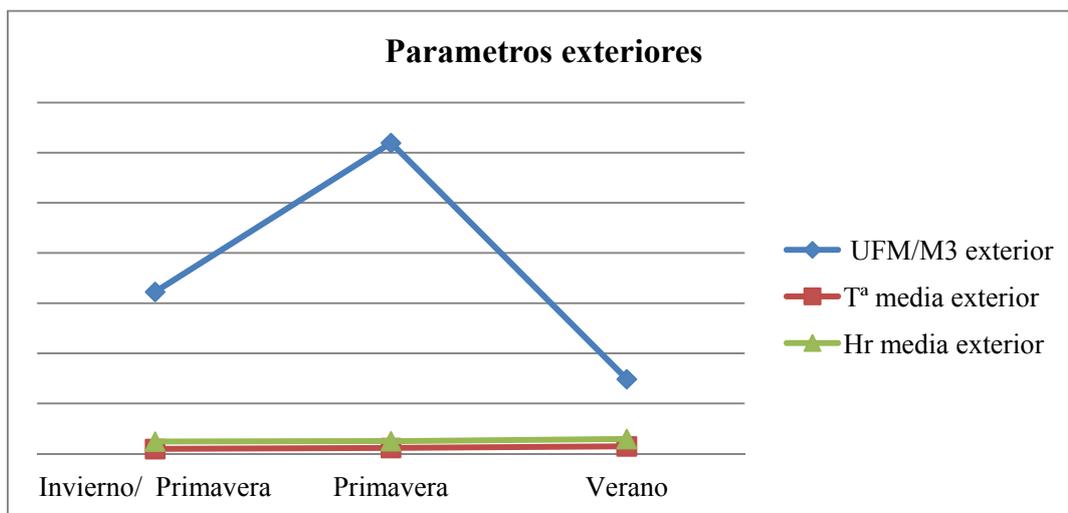


Figura 19. Concentración de partícula en base a los paramentos exteriores.

Así mismo, al realizar el análisis estadístico se obtiene que existe una relación estadísticamente significativa entre la temperatura exterior y la concentración de Viables (P-Valor=0,0000), al igual que en la relación estadística entre humedad relativa exterior y la concentración de Viables (P-Valor=0,0000).

22.1.5. Velocidad del aire en interior y exterior

Tal y como se muestra en la siguiente tabla los datos hallados para velocidad de aire interior y velocidad de aire exterior son diferentes, ya que ni siquiera en ventilación natural el flujo de aire interior se ve modificado considerablemente por el exterior.

Tabla 25. Concentración de Viables en función de la velocidad del aire interior y exterior.

	UFC/m ³ interior	UFC/m ³ exterior	Flujo interior (km/h)	Flujo exterior (km/h)	σ Flujo interior	σ Flujo exterior
TRABAJO (sin vent.)	1		0,04	14,46	0,01	8,23
DÍA (sin vent.)	41		0,07	14,82	0,03	11,20
Exterior (sin vent.)		645,00		18,16		15,00
TRABAJO (vent.natural)	130		0,10	11,12	0,05	11,18
DÍA(vent.natural)	44		0,19	12,27	0,08	10,08
Exterior (vent.natural)		1239,00		10,76		7,98
TRABAJO (vent. Forz)	24		0,08	5,22	0,00	5,59
DÍA (vent. Forz)	19		0,09	5,02	0,01	3,77
Exterior (vent. Forz)		297,00		5,78		7,33

A su vez, también se observa que cuanto mayor es el flujo exterior mayor concentración de Viables aerobios mesófilos se capta en la muestra.

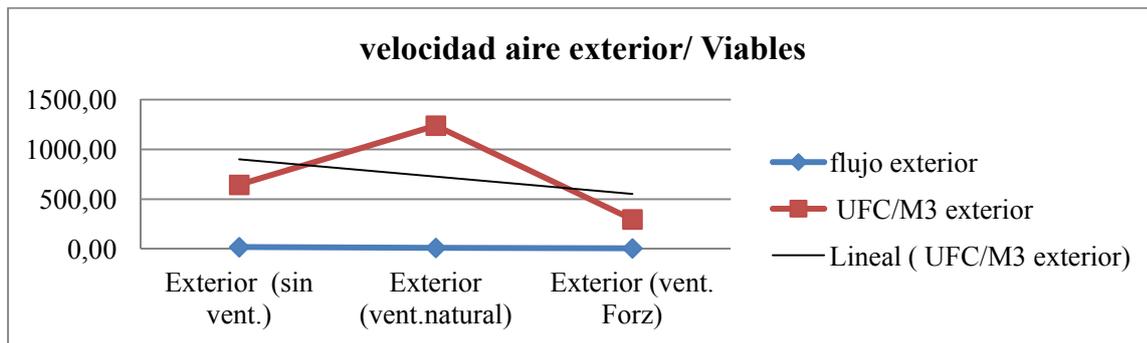


Figura 20. Concentración de Viables en función de la velocidad del aire

Se observa que existe una línea de tendencia en el mismo sentido que la velocidad del aire. A medida que disminuye la velocidad del aire disminuye la concentración de Viables, sin embargo entran diversos factores a parte del analizado en el presente apartado, factores como la temperatura, humedad relativa, estación climática en la que se realice la medida, variables fortuitas surgidas en el momento de la medida.

Analizando los datos estadísticamente y viendo la Figura 21 se obtiene que se encuentra una diferencia estadísticamente significativa entre velocidad interior y la concentración de Viables (P-Valor=0,000) y velocidad exterior y concentración de Viables (P-Valor=0,000) en un nivel del 95,0 % de confianza.

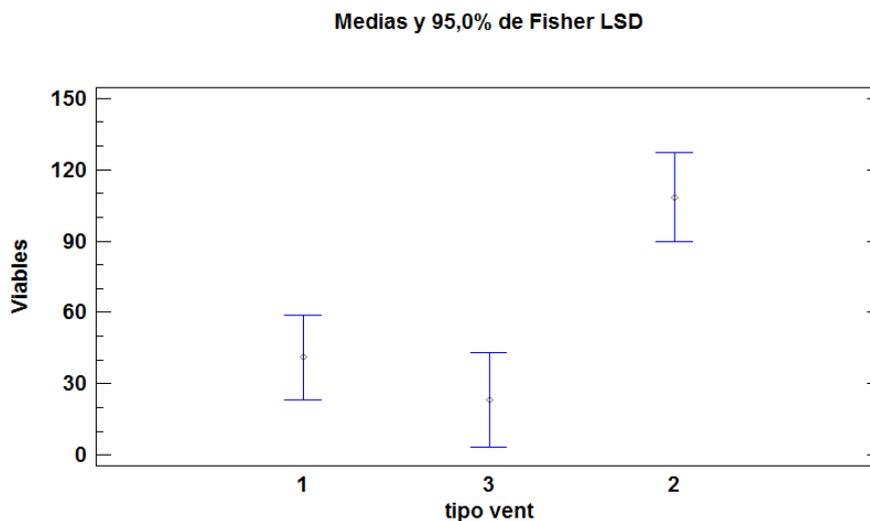


Figura 22. Análisis estadístico: tipología de ventilación y concentración de Viables.

Siendo:

- 1: sin ventilación
- 2: ventilación natural
- 3: ventilación forzada.

En cuanto a la temperatura y humedad relativa no incide de manera determinante en la concentración de Viables aerobios mesófilos. Se obtienen dispares valores para similares condiciones climáticas.

22.1.6. **Análisis normativo**

Al igual que en el caso de Mohos y Levaduras, no existe normativa que especifique un valor numérico para la evaluación de Viables en ambientes laborales.

Según la Organización Mundial de la Salud, documento editado en 1993 por la Comisión de Comunidades Europeas (Cost Project 613 Report nº 12) establece la siguiente clasificación:

Tabla 26. Clasificación niveles de concentración de Mohos y Levaduras

Nivel de contaminación	Concentración de Viables (UFC/m ³ en el aire)
Muy baja	<50
Baja	50-100
Intermedia	100-500
Alta	500-2000
Muy alta	>2000

Teniendo en cuenta la tabla anterior y los valores obtenidos en las mediciones (que se muestran en la tabla siguiente) se procede a valorar cuantitativamente los resultados obtenidos.

Tabla 27. Datos de concentración de Viables medios, máximos y mínimos

Zona	Tipo Vent	UFC/m ³ Int.	UFC/m ³ Int.	σ Int.	Valor máx. Int.	Valor mín. Int.
Trab.	SV ^a	235	258	167,9	595,0	70,0
Día		281				
Trab.	VN ^b	1066	1050	658,3	2355,0	280,0
Día		1034				
Trab.	VF ^c	237	222	214,0	560,0	30,0
Día		207				

Para el primer periodo de medición, correspondiente con “no ventilación”, el nivel de contaminación medio es “intermedio”, llegando a alcanzar el siguiente nivel (“alto”) para el nivel de concentración máximo en un momento puntual (595,0 UFC/m³).

En el caso segundo de ventilación natural, el nivel de concentración medio se encuentra en “alto”, teniendo un valor máximo de 2355,0 UFC/m³ que alcanza el nivel de “muy alto”, máximo nivel en la clasificación.

Por último, en caso de ventilación forzada los valores medios se encuentran dentro de un nivel “intermedio”. En el caso del valor máximo 560,0 UFC/m³, el nivel es “alto”.

23.VARIABLE: Partículas (Total partículas/PM2,5/PM5,0/PM10,0)

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los valores obtenidos para las concentraciones de partículas. Se han separado por tamaño de partícula (PM2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM5,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM10,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y total de partículas), por tipología de ventilación (sin ventilación, ventilación natural, ventilación forzada), por zonas (zona de trabajo, día y exterior). A su vez, se muestran los distintos factores que intervienen en el aumento o disminución de concentración de partículas: temperatura, humedad relativa, velocidad del aire tanto interior como exterior. Se muestra la desviación estándar de todos los datos.

Tabla 28. Datos de concentración y factores que influyen

ZONA		PM 2,5	PM 5,0	PM 10,0	TPM	T ^a	Hr	T ^a	Hr%	Flujo	Flujo
Tipo vent		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Int	Int	Ext	Ext	int	ext
		(km/h)			(km/h)						
Trab	a	10,99	53,43	109,43	131,02	21,19	47,58	15,4	50,4	0,04	14,46
		9,787	57,65	99,87	107,9	2,9	11,8	4,0	18,5	0,00	8,22
Día	a	12,16	63,35	123,04	149,41	21,20	48,30	15,4	50,4	0,08	16,30
		8,528	49,37	73,89	80,40	2,9	11,8	4,0	18,5	0,02	11,2
Ext.	a	20,13	74,04	118,10	134,73			18,3	47,8		18,1
		20,01	91,88	129,69	130,98			4,58	24,6		15,0
Trab	b	15,20	54,61	127,21	172,66	21,16	51,72	22,4	46,4	0,10	11,1
		8,76	37,50	100,92	134,97	1,90	11,79	4,09	15,8	0,05	11,1
Día	b	13,81	46,56	94,71	129,65	21,52	51,60	22,4	46,4	0,20	10,6
		7,47	24,02	44,57	63,39	2,12	13,90	4,09	15,8	0,08	10,0
Ext.	b	11,67	50,16	141,41	226,61			22,5	49,6		10,7
		5,02	37,73	180,06	332,11			3,06	19,4		7,98
Trab	c	4,84	9,96	18,97	27,32	29,28	53,50	28,7	51,1	0,08	5,22
		1,59	2,22	4,63	8,70	1,21	4,70	1,56	4,52	0,00	5,59
Día	c	4,56	12,78	26,14	38,36	30,14	52,10	28,7	51,1	0,09	5,02
		1,37	4,07	8,74	12,70	1,36	4,32	1,56	4,52	0,01	3,77
Ext.	c	10,78	29,87	44,24	52,15			28,8	58,0		5,78
		5,49	8,81	9,23	10,78			1,62	5,79		7,33

- a: Sin Ventilación
- b: Ventilación Natural
- c: Ventilación Forzada

Tal y como se observa en la tabla los valores de la desviación estándar son altos, lo que pone de manifiesto la gran variabilidad de valores de concentración obtenidos para similares condiciones en la toma de muestras.

Por ello, se hace necesario realizar un estudio detallado de las distintas variables para examinar en qué medida influyen en la concentración de partículas. Estas variables son la temperatura, humedad y velocidad del aire tanto interior como exterior.

La Figura 23 se elabora con el fin de observar el diferente comportamiento de las partículas con las distintas tipologías de ventilación.

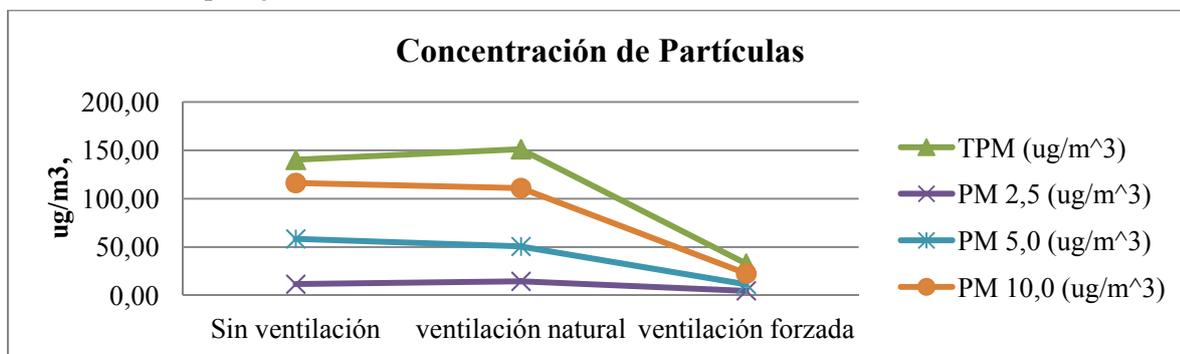


Figura 24. Concentración de partículas en función de la tipología de ventilación.

Así pues, se observa que en condiciones sin ventilación y en ventilación natural el comportamiento de las partículas es similar, mientras que en condiciones de ventilación forzada la concentración de partículas se reduce notablemente con respecto a las otras dos tipologías e independientemente del tamaño de las mismas.

Por tanto, se entiende que en condiciones de ventilación forzada se obtendrá una calidad del aire mejor con respecto a las otras tipologías de ventilación.

23.1.1. Comparación de la concentración de partículas en el interior y exterior.

Antes de pasar al análisis de cada una de las variables, comentadas con anterioridad, es importante tener en cuenta que la concentración de partículas en el exterior va a influir en la concentración de las mismas en el interior, sobretodo dependiendo de la tipología de ventilación. Realizar una comparación entre la concentración de partículas en el interior y en el exterior nos ayudará a esclarecer qué tipología de ventilación conseguirá optimizar la calidad del aire interior.

Por ello, y en primer lugar, se analiza la posible diferencia entre la concentración de partículas el interior y el exterior, separando este análisis según el tamaño total de partículas y en función de las distintas tipologías de ventilación estudiadas (sin ventilación, ventilación natural y ventilación forzada).

23.1.1.1. Total de Partículas

Con este valor, obtenemos una visión global del comportamiento de las partículas cuyo tamaño es inferior a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, corresponden a todo el rango de partículas finas pequeñas, denominadas “partículas inhalables”.

Así pues, y observando la figura 18, en el caso de ventilación natural la concentración en el interior es de $151,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en el exterior de $226,61 \mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo la diferencia entre el interior y el exterior de $75,46 \mu\text{g}/\text{m}^3$; en el caso de ventilación forzada la concentración en el interior es de $32,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en el exterior de $52,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo la diferencia entre el interior y el exterior de $19,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ obteniéndose la menor concentración en el interior; por último, en el caso de sin ventilación no se observa una diferencia notable entre la concentración interior y la exterior.

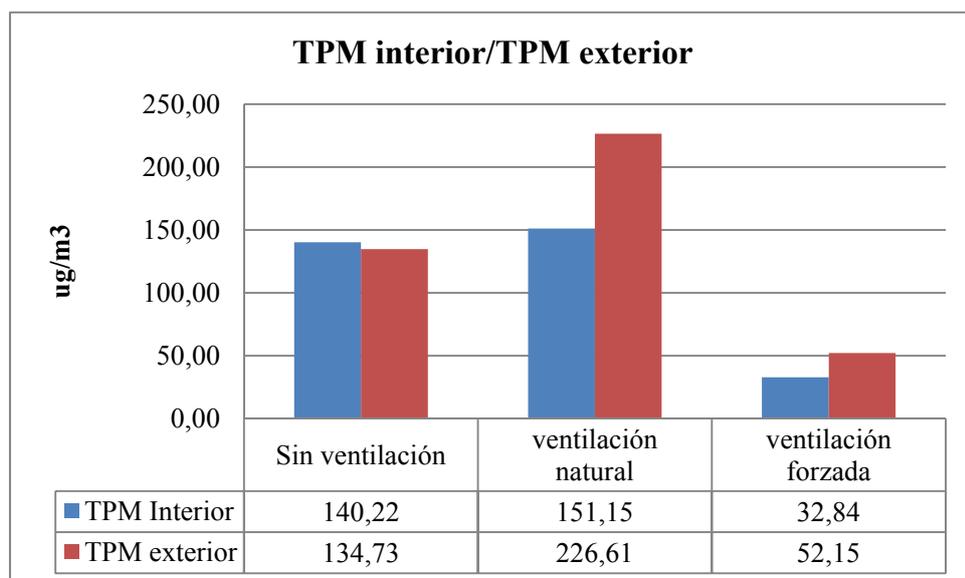


Figura 25. TPM interior / TPM exterior

Para entender mejor el comportamiento de las partículas en el caso de ventilación natural y ventilación forzada se procede a trasladar esos valores medios obtenidos a unidades porcentuales, de manera que se obtienen los datos que se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 29. Concentración de partículas TPM en función de la tipología de ventilación.

	Sin ventilación	Ventilación natural	Ventilación forzada
% TPM interior	51%	40%	38,64%
% TPM exterior	49%	60%	61,36%

Se observa que el comportamiento, en el caso de ventilación natural y forzada, es muy similar, lo que indica que en cuestiones de calidad del aire interior resultaría indiferente la utilización de una u otra tipología, independientemente de otros factores que pudieran cambiar este resultado.

23.1.1.2. *PM 2,5*

Como se puede observar en el siguiente gráfico, en el caso de tamaño de partículas de 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para condiciones sin ventilación y ventilación forzada la diferencia entre el interior y el exterior disminuye a la mitad de concentración en el interior con respecto al exterior.

En el caso de ventilación natural, la diferencia entre el interior y el exterior es casi inapreciable (2,84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

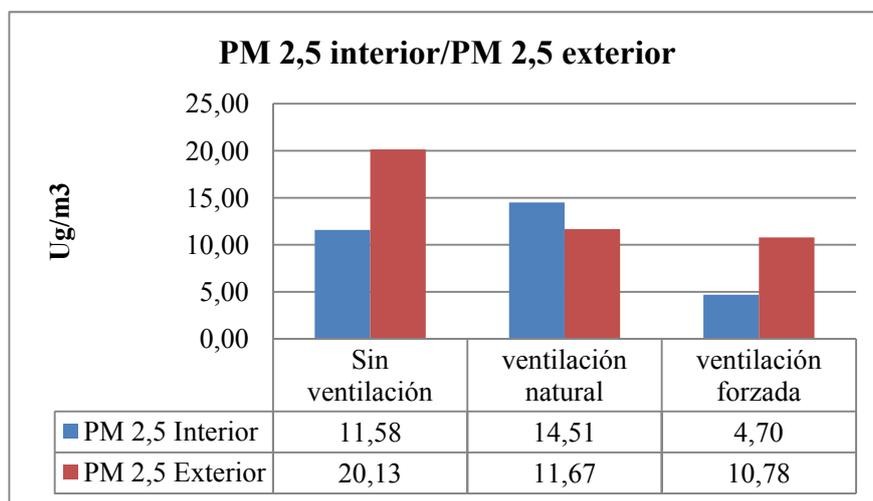


Figura 26. PM 2,5 interior / PM 2,5 exterior

Como en el caso anterior, se procede al cálculo de los valores en porcentaje para determinar la relación entre el tamaño de partículas y las diferentes tipologías de ventilación.

Tabla 30. Concentración de partículas PM2,5 en función de la tipología de ventilación.

	Sin ventilación	Ventilación natural	Ventilación forzada
%PM 2,5 interior	36,52%	55,42%	30,36%
%PM 2,5 exterior	63,48%	44,58%	69,64%

De este modo, se observa que en este caso el comportamiento de partículas es similar para la tipología de ventilación forzada y sin ventilación, es decir que cada 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el interior se miden 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el exterior (como se ha comentado diferencia de casi el doble), mientras que en el caso de ventilación natural la concentración en el interior y en el exterior es prácticamente igual.

23.1.1.3. *PM 5*

En el caso de 5,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, la diferencia de concentración media entre el interior y exterior en condiciones sin ventilación es de un 10% midiéndose la mayor concentración en el exterior.

En el caso de ventilación la natural, se mantiene con el mismo resultado que en los casos anteriores y prácticamente no existe diferencia entre el interior y el exterior.

Por último, en el caso de ventilación forzada la concentración de partículas tamaño 5,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, es 2,5 veces superior en el exterior que en el interior.

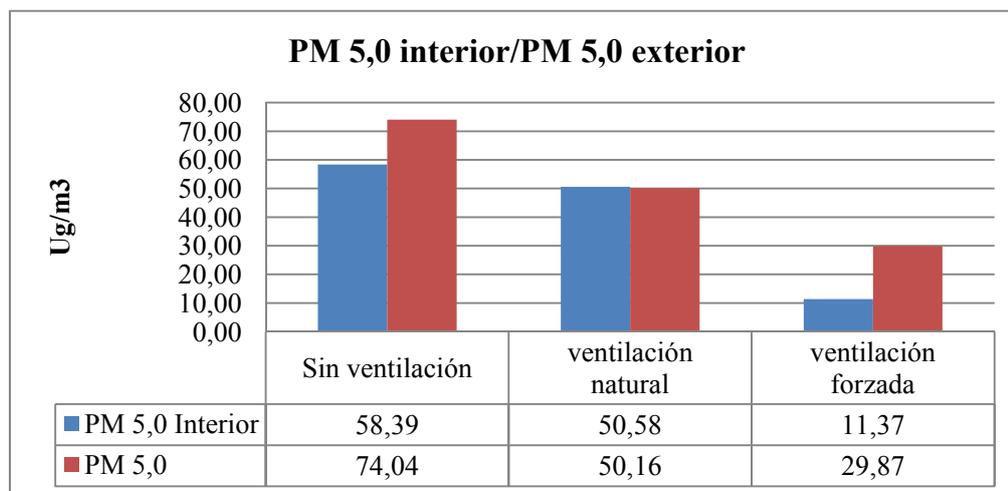


Figura 27. PM5,0 interior / PM5,0 exterior

Del mismo modo se muestran a continuación la tabla con los resultados en valores porcentuales, en el que el valor destacable es en ventilación forzada donde se reduce en un 45% la concentración de partículas 5,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el interior.

Tabla 31. Concentración de partículas PM5,0 en función de la tipología de ventilación.

	Sin ventilación	Ventilación natural	Ventilación forzada
%PM 5,0 interior	44,10%	50,21%	27,57%
%PM 5,0 exterior	55,90%	49,79%	72,43%

23.1.1.4. PM 10

En el análisis del tamaño de partícula 10,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, no existe apreciable diferencia entre el interior y exterior para condiciones sin ventilación ni en ventilación natural (30,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), siendo, en ambas, la mayor concentración en el exterior.

Por último, en el caso de ventilación forzada, la concentración muestreada en el exterior es el doble de la muestreada en el interior, ya que los filtros retienen las de mayor tamaño.

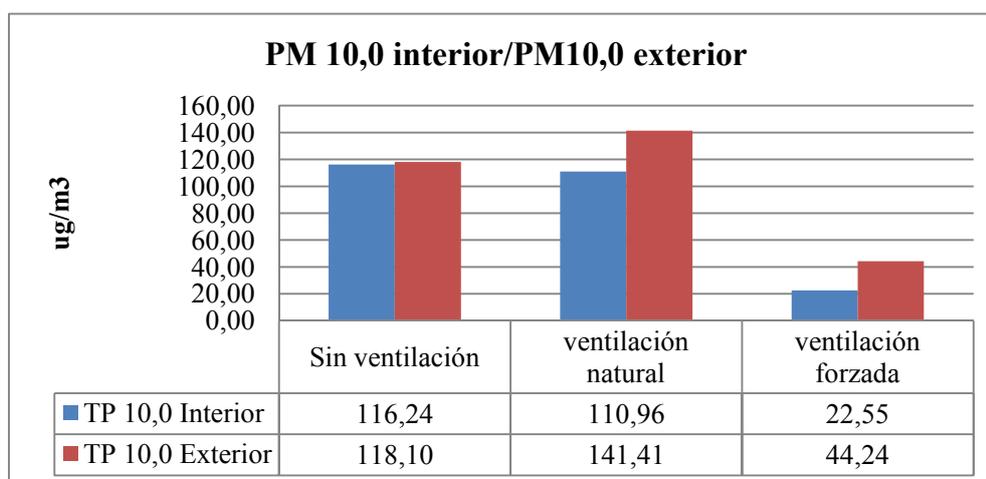


Figura 28. PM10,0 interior / PM10,0 exterior

En la siguiente tabla, observamos cómo de nuevo con la ventilación forzada conseguimos reducir en un 40% la concentración de partículas en el interior con respecto al exterior.

Tabla 32. Concentración de partículas PM10,0 en función de la tipología de ventilación.

	Sin ventilación	Ventilación natural	Ventilación forzada
%PM 10,0 interior	36,52%	55,42%	30,36%
%PM 10,0 exterior	63,48%	44,58%	69,64%

23.1.2. Temperatura interior y humedad relativa interior

En el siguiente gráfico se observa como en condiciones de ventilación natural y sin ventilación, puesto que la temperatura interior media resulta similar en ambos casos la concentración de partículas se mantiene prácticamente igual.

En el caso de ventilación forzada, se observa un brusco cambio en la concentración de partículas, en cualquiera de los 3 tamaños analizados y en el total de partículas. Para este mismo cambio, con respecto a las otras dos tipologías de ventilación se mide una temperatura interior media de 30°C, esto es 9°C superior con respecto a ventilación natural o sin ventilación. De este modo, se puede indicar que a mayor temperatura menor concentración de partículas.

En el gráfico se observa que la tendencia de los 3 tamaños de partículas estudiados es similar en las tres tipologías de ventilación. En toma de muestras de ventilación natural se han muestreado las concentraciones más altas, decreciendo en una alta proporción en el caso de ventilación forzada.

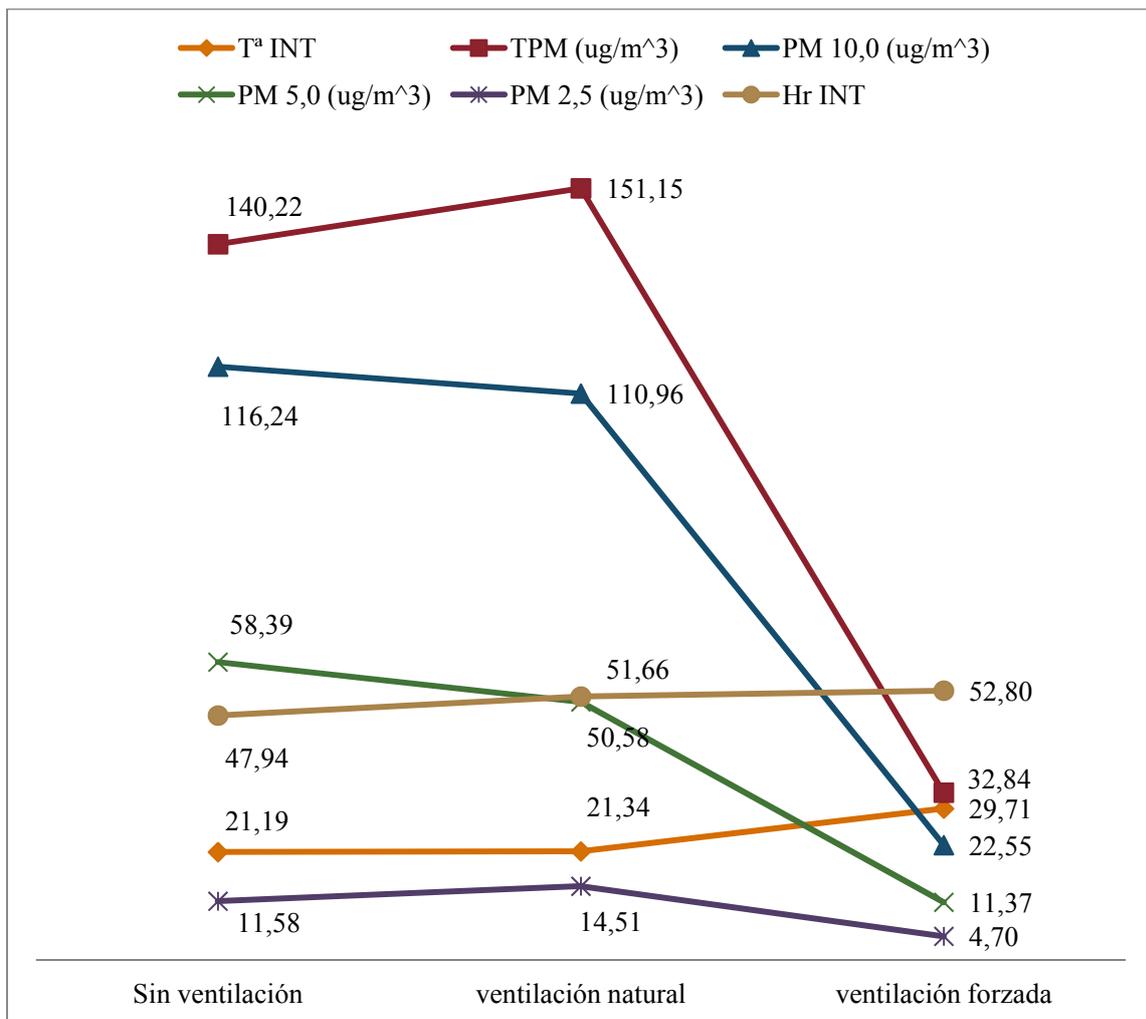


Figura 29. Comparación Concentración de Partículas con los factores interiores a analizar.

Tras realizar el análisis estadístico se obtiene que existe una relación estadísticamente significativa entre la temperatura interior y TPM (P-Valor=0,0000); PM_{2,5} (P-Valor=0,0001); PM_{5,0}(P-Valor=0,0000);PM_{10,0}(P-Valor=0,0000).

Por otro lado, en cuanto a la *humedad relativa interior*, los valores obtenidos resultan muy dispersos para similares valores de humedad relativa. El resultado obtenido para la mínima humedad relativa es de 35,85 y para ésta se mide una concentración de 310,02 µg/m³ (TPM); para un valor de humedad relativa muy similar como es 36,15 se mide una concentración muy diferente 52,64 µg/m³.

Por otra parte, si observamos valores máximos de humedad relativa, 70,70 la concentración medida es de 112,69 µg/m³ y para el siguiente valor más alto de humedad relativa 58,26 la concentración es 58,26 µg/m³.

Ante estos datos, no se puede determinar una relación exacta, poniendo de manifiesto que hay otros factores que influyen más en la presencia de partículas en el ambiente de trabajo.

Tras realizar el análisis estadístico se obtiene que existe una relación estadísticamente significativa entre la humedad relativa interior y TPM (P-Valor=0,0000); PM_{5,0} (P-Valor=0,0000); PM_{10,0} (P-Valor=0,0000). No obstante, en cuanto a la relación estadística entre la humedad relativa interior y PM_{2,5} no existe relación significativa (P-Valor=0,9227).

23.1.3. Temperatura exterior y humedad relativa exterior

En este punto procedemos a analizar los parámetros exteriores y su influencia en el comportamiento de las partículas muestreadas en el exterior.

En cuanto a la temperatura exterior, se produce un comportamiento similar que en el caso de temperatura interior, a medida que aumenta la temperatura disminuyen la cantidad de partículas.

A diferencia del apartado anterior, en la humedad relativa exterior sí se puede afirmar que hay una relación entre la humedad relativa y la concentración de partículas, ya que a medida que la humedad relativa es mayor la concentración de partículas es menor.

En el gráfico se observa que la tendencia de las partículas es similar en cualquier tamaño, con excepción del tamaño de partículas 5,0 µg/m³. Así como en PM_{10,0}, PM_{2,5}, y TPM el comportamiento es aumentar la concentración en ventilación natural con respecto a sin ventilación y disminuir la cantidad de partículas en condiciones de ventilación forzada con respecto a ventilación natural. Sin embargo, en tamaño de partículas PM_{5,0} cuando en ventilación natural debería aumentar la concentración (teniendo en cuenta el comportamiento del resto de tamaños) éste disminuye.

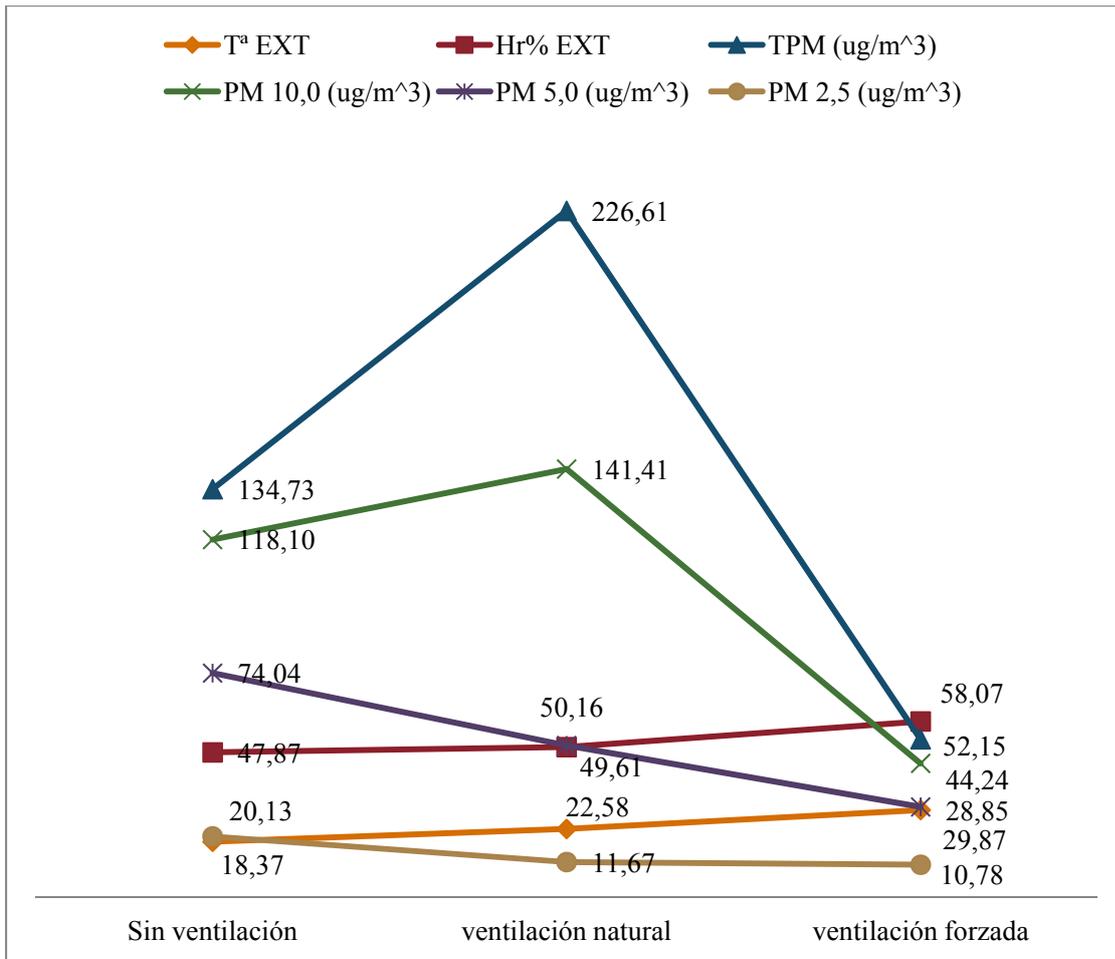


Figura 30. Concentración de partículas y parámetros exteriores a comparar

En la siguiente tabla se muestran los valores máximos y mínimos de **temperatura exterior** relacionándolos con el valor de concentración de partículas medido en ese momento para cada periodo de toma de muestras. Con esta tabla se pretende conseguir, establecer una relación entre la temperatura y la cantidad de partículas.

Tabla 33. Concentración de partículas TPM en función de la tipología de ventilación y temperatura exterior.

	TPM	T° ext mín	TPM	T° ext máx
Sin ventilación	47,72	12,31	115,30	26,13
Ventilación natural	95,38	17,18	145,50	26,91
Ventilación forzada	19,42	27,25	25,29	31,33

Se observa que para valores mínimos de temperatura la concentración es baja, no obstante para altas temperaturas como 31°C la concentración de partículas es de 25,29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, concentración que se considera baja teniendo en cuenta el resto de valores.

El mínimo valor de TPM para las tres tipologías es de 19,42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que coincide con una temperatura exterior mínima de 27°C para el tercer periodo de medición (ventilación forzada).

En la tabla 35 se realiza una comparación similar a la anterior. En este caso, relacionamos las máximas y mínimas concentraciones medidas en cada periodo de medición y las comparamos con la temperatura que había en el momento de esa medida.

Tabla 34. Valor mínimo y máximo de partículas TPM en función de la tipología de ventilación y temperatura.

	TPM mín	T°	TPM máx	T°
Sin ventilación	29,80	18,05	360,85	14,46
Ventilación natural	44,38	22,73	819,12	25,95
Ventilación forzada	19,42	27,25	64,07	30,95

Se observa que el valor mínimo 19,42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se muestrea cuando la temperatura es de 27°C, que coincide con la mínima medida en el periodo de toma de muestras de ventilación forzada. Por otro lado, el máximo valor de concentración es de 360,85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ muestreado durante la toma de muestras de tipología sin ventilación y que no coincide con la temperatura mínimas pero está próxima a ella, con una diferencia de apenas 2°C.

Tras realizar el análisis estadístico se obtiene que existe una relación estadísticamente significativa entre la temperatura exterior y TPM (P-Valor=0,0000); PM5,0(P-Valor=0,0000);PM10,0(P-Valor=0,0000). No obstante, en cuanto a la relación estadística entre la temperatura interior y PM2,5 no existe relación significativa (P-Valor=0,0989).

Por otro lado, en cuanto a la **humedad relativa exterior**, se procede a analizar mediante la misma metodología anterior. Se extraen de los resultados los valores máximos y mínimos, coincidiendo estos con la primera toma de muestras (tipología sin ventilación) en la que se denota una clara relación, a mayor humedad relativa mayor concentración de partículas. No obstante, no se observa este mismo comportamiento en el caso de las otras dos tomas de muestras, sino que en las otras dos para diferentes humedades relativas las concentraciones de partículas no varían determinantemente.

Tabla 35. Concentración de partículas TPM en función de la tipología de ventilación y humedad relativa.

	TPM	Hr ext mín	TPM	Hr ext máx
Sin ventilación	29,80	22,09	360,85	87,30
Ventilación natural	145,50	30,85	104,08	75,95
Ventilación forzada	36,48	47,08	54,41	64,47

Del mismo modo, para valores de concentración máximos y mínimos la humedad relativa es dispar. Por ejemplo, en el caso de tipología sin ventilar, para una humedad relativa de 22,09 medimos concentraciones de 29,80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y para la tipología de ventilación forzada con una humedad relativa del 47,08 la cantidad de partículas es 19,42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Cantidades bastante similares para una humedad relativa diferente.

También se observa que para el máximo valor de humedad relativa (87,30) se mide la máxima concentración de partículas 360,85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 36. Valores máximos y mínimos de partículas TPM en función de la tipología de ventilación y humedad relativa.

	TPM mín	Hr	TPM máx	Hr
Sin ventilación	29,80	22,09	360,85	87,30
Ventilación natural	44,38	30,90	819,12	33,25
Ventilación forzada	19,42	47,08	64,07	56,72

Tras realizar el análisis estadístico se obtiene que existe una relación estadísticamente significativa entre la humedad relativa exterior y TPM (P-Valor=0,0000); PM2,5 (P-Valor=0,0020); PM5,0(P-Valor=0,0000); PM10,0(P-Valor=0,0000).

23.1.4. Velocidad de aire interior y Velocidad de aire exterior

En el siguiente gráfico, se muestra la relación existente entre las concentraciones de partículas y la velocidad de aire interior y exterior.

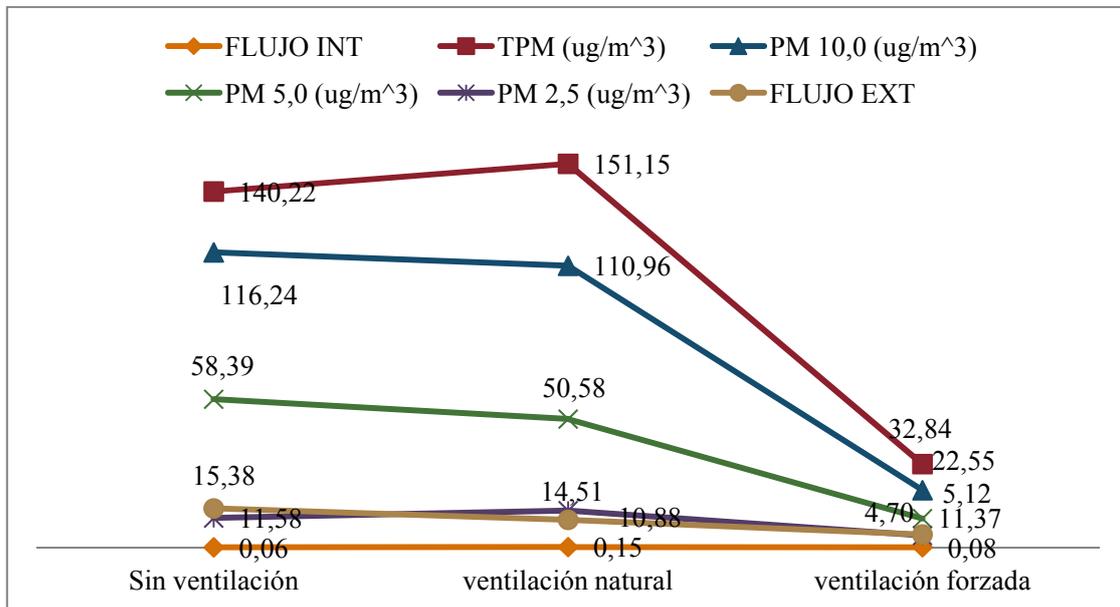


Figura 31. Concentración de partículas relacionadas con la velocidad del aire.

En el gráfico que se muestra a continuación se relaciona la cantidad de partículas en el exterior con la velocidad de aire medida en el momento del muestreo. En este se observa que a mayor velocidad de aire en el exterior mayor cantidad de partículas

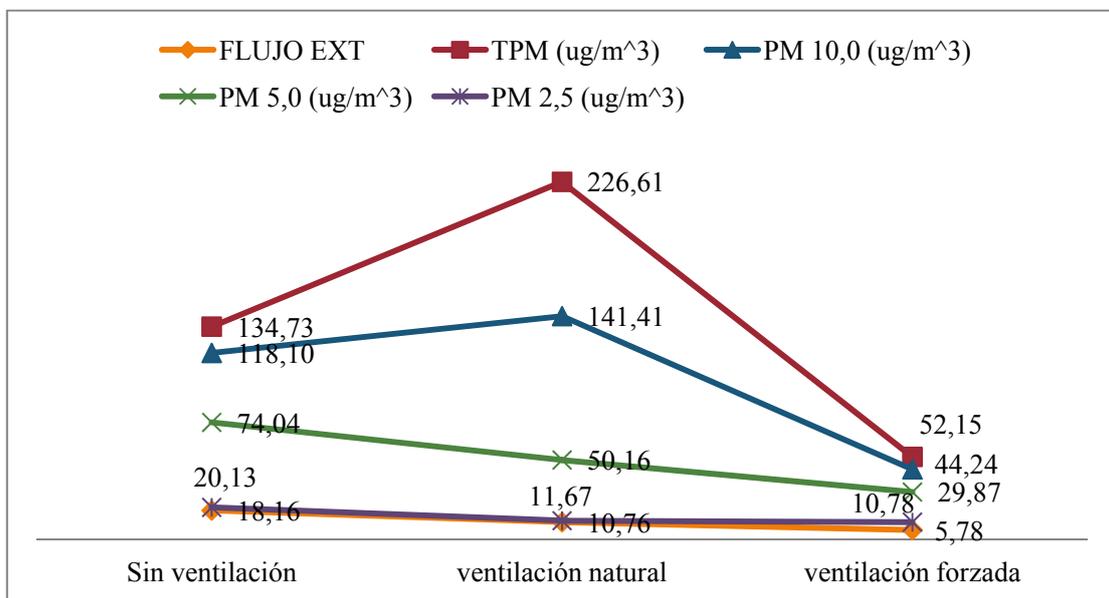


Figura 32. Concentración de partículas TPM en función de parámetros exteriores.

Tras realizar el análisis estadístico se obtiene que existe una relación estadísticamente significativa entre la velocidad de aire interior y TPM (P-Valor=0,0000); PM2,5 (P-Valor=0,0000); PM5,0 (P-Valor=0,0000); PM10,0 (P-Valor=0,0000).

Tras realizar el análisis estadístico se obtiene que existe una relación estadísticamente significativa entre la velocidad de aire exterior y TPM (P-Valor=0,0000); PM5,0 (P-Valor=0,0000); PM10,0 (P-Valor=0,0000). No obstante, en cuanto a la relación estadística entre la velocidad de aire exterior y PM2,5 no existe relación significativa (P-Valor=0,9368).

23.1.5. Análisis normativo de partículas

En la siguiente tabla se repiten el resumen de los datos obtenidos tras la medición. A partir de ella, se llevará a cabo la comparación de los valores con los que se presentan en diversas fuentes normativas.

Tabla 37. Datos concentración de partículas

ZONA		PM 2,5	PM 10,0	TPM	
Tipo vent		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
TRAB.	a	10,99	131,02	109,43	
		9,787	107,9	99,87	σ
DÍA	a	12,16	149,41	123,04	
		8,528	80,40	73,89	σ
Ext.	a	20,13	134,73	118,10	
		20,01	130,98	129,69	σ
TRAB.	b	15,20	172,66	127,21	
		8,76	134,97	100,92	σ
DÍA	b	13,81	129,65	94,71	
		7,47	63,39	44,57	σ
Ext.	b	11,67	226,61	141,41	
		5,02	332,11	180,06	σ
TRAB.	c	4,84	27,32	18,97	
		1,59	8,70	4,63	σ
DÍA	c	4,56	38,36	26,14	
		1,37	12,70	8,74	σ
Ext.	c	10,78	52,15	44,24	
		5,49	10,78	9,23	σ

a: Sin Ventilación
 b: Ventilación Natural
 c: Ventilación Forzada

El Real Decreto 102/2011 relativo a la mejora de la calidad del aire y que traspone una directiva europea establece los valores límite y objetivo de protección de la salud para las partículas PM10 y PM2,5 en ambientes. Estos mismos valores límites se muestran en la NTP 607: Guías de calidad de aire interior: contaminantes químicos³⁵.

En el RD 102/2011 en su anexo I, *objetivos de calidad del aire para los distintos contaminantes*, se exponen los valores límites que se muestran a continuación.

³⁵http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_607.pdf

Tabla 38. Valores de referencia según RD 102/2011

		Periodo de promedio	Valor Límite	Margen de tolerancia
Valor límite diario	PM10	24h.	50µg/m ³ no podrán superarse en más de 35 ocasiones [percentil 90,4 igual o inferior a 50 µg/m ³]	50%
Valor límite anual		1 año civil	40 µg/m ³	20%
Valor límite anual	PM2,5	1 año civil	25 µg/m ³	-

Al comparar los datos se observa que con respecto a PM10, la mayoría de los valores medios se encuentran por encima del valor límite diario y anual, por lo que no se cumpliría con el objetivo propuesto en esta normativa. Por otra parte, el valor medio de las partículas de tamaño PM2,5 está por debajo del límite impuesto por esta normativa, cumpliéndose con los objetivos.

A continuación se analiza el documento ASHRAE STANDARD “Ventilation for acceptable indoor air quality” Approved by the ASHRAE Standards Committee on January 23, 2010; by the ASHRAE Board of Directors on January 27, 2010; and by the American National Standards Institute on January 28, 2010.

En la tabla B-1 de este documento se exponen niveles de referencia de concentración de partículas menores a 2,5 µm y 10 µm. Estos niveles hacen referencia a partículas no clasificadas de otro modo (PNOC), no se sabe que contienen cantidades significativas de asbesto, plomo, sílice cristalina, carcinógenos conocidos u otras partículas que se sabe causan efectos adversos significativos para la salud.

En el caso de WHO/EUROPE³⁶ y NIOSH³⁷ no se han establecido niveles de referencia para PM2,5 ni PM10,0 en la guía objeto de estudio de este apartado. En el caso de OSHA y CANADIAN tampoco se hace referencia a ningún valor para el caso de PM10.

La desviación estándar de cada uno de los datos que se muestran a continuación puede observarse en la primera tabla del presente apartado.

El procedimiento de análisis que se ha llevado a cabo es elaborar una tabla y en verde se han marcado aquellos datos que están por debajo del valor de referencia y en rojo los que superan dicho dato.

Incluso en el caso de comparar el valor de referencia con el obtenido en el exterior, éste último es inferior al de referencia.

³⁶ World Health Organization. 2000. *Air Quality Guidelines for Europe, 2nd Edition*. World Health organization Regional Publications, European Series No. 91. World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen. www.euro.who.int/document/e71922.pdf.

³⁷ NIOSH. 2004. *NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards (NPG)*. National Institute for Occupational Safety and Health, February. www.cdc.gov/niosh/npg/npg.html.

Tabla 39. Comparación datos obtenidos con niveles de referencia. TABLA B-1 ASHRAE PM2,5

ZONA Tipo vent	PM 2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NAAQS/EPA ³⁸ ($35\mu\text{g}/\text{m}^3$)	OSHA ³⁹ ($5\text{mg}/\text{m}^3$)	MAK ⁴⁰ ($1,5\text{mg}/\text{m}^3$)	CANADIAN ⁴¹ ($0,1\text{mg}/\text{m}^3$)	ACGIH ⁴² ($3\text{mg}/\text{m}^3$)
TRAB. a	10,99					
DÍA. a	12,16					
Ext. a	20,13					
TRAB. b	15,20					
DÍA. b	13,81					
Ext. b	11,67					
TRAB. c	4,84					
DÍA. c	4,56					
Ext. c	10,78					

a: Sin Ventilación
b: Ventilación Natural
c: Ventilación Forzada

Tabla 40. Comparación datos obtenidos con niveles de referencia. TABLA B-1 ASHRAE PM10,0

ZONA Tipo vent	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NAAQS/EPA ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$)	OSHA (-)	MAK ($4\text{mg}/\text{m}^3$)	CANADIAN (-)	ACGIH ($10\text{mg}/\text{m}^3$)
TRAB. a	109,43					
DÍA. a	123,04					
Ext. a	118,10					
TRAB. b	127,21					
DÍA. b	94,71					
Ext. b	141,41					
TRAB. c	18,97					
DÍA. c	26,14					
Ext. c	44,24					

a: Sin Ventilación
b: Ventilación Natural
c: Ventilación Forzada

³⁸ U.S. Environmental Protection Agency. 20082000. *Code of Federal Regulations*, Title 40, Part 50. National Ambient Air Quality Standards. www.epa.gov/air/criteria.html

³⁹ U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration. *Code of Federal Regulations*, Title 29, Part 1910.1000-1910.1450. www.osha.gov.

⁴⁰ *Maximum Concentrations at the Workplace and Biological Tolerance Values for Working Materials 2000*, Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area, Federal Republic of Germany.

⁴¹ Health Canada. 1995. *Exposure Guidelines for Residential Indoor Air Quality: A Report of the Federal-Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health*. Ottawa: Health Canada. www.hcsc.gc.ca/heccsesc/air_quality/pdf/tr-156.pdf.

⁴² ACGIH. 2005. *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices*. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1330 Kemper Meadow Drive, Cincinnati, OH 45240-1634. www.acgih.org

CAPITULO VI. ANÁLISIS Y RESULTADOS

De este modo, se observa que todos los datos medios obtenidos en el periodo de referencia están por debajo del valor de referencia con el que comparamos, y por tanto estarían cumpliendo.

De este mismo modo, la guía ASRAHE Standard 62.1-2007, en esta misma tabla B-1 aporta valor de referencia por parte de OSHA donde se regula un nivel de referencia de $15\text{mg}/\text{m}^3$ para TPM. Al comparar este dato con los obtenidos tras el muestreo se determina que se encuentran por debajo del nivel de referencia.

Tabla 41. Comparación datos obtenidos con niveles de referencia. TABLA B-1 ASHRAE TPM

ZONA Tipo vent	TPM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	OSHA ($15\text{mg}/\text{m}^3$)
TRAB. a	131,02	
DÍA. a	149,41	
Ext. a	134,73	
TRAB. b	172,66	
DÍA. b	129,65	
Ext. b	226,61	
TRAB. c	27,32	
DÍA. c	38,36	
Ext. c	52,15	

a: Sin Ventilación

b: Ventilación Natural

c: Ventilación Forzada

Por último, en la tabla B-2 se enumeran contaminantes comunes del aire de entornos no industriales. Las concentraciones se indican únicamente como referencia y se han establecido por diversas organizaciones nacionales o internacionales que se ocupan del aire exterior e interior.

La tabla no incluye todos los contaminantes del aire, y el estar por debajo del valor de referencia no asegura la ausencia efectos nocivos para la salud.

Además de los niveles de contaminación interior, una buena calidad de aire interior también implica condiciones térmicas y niveles de humedad de interior, ya que también afecta el crecimiento microbiano, y otros factores ambientales interiores.

Así pues, conforme la tabla B-2 y los dos valores que establece como apropiados para $\text{PM}_{2,5}$ y PM_{10} se continúa con el procedimiento anterior, elaborando una tabla en la que se compara el valor de referencia con el obtenido y señalando en azul aquel inferior al valor de referencia y en rojo el que supere dicho valor.

Tabla 10. Comparación datos obtenidos con niveles de referencia. TABLA B-2 ASHRAE. $\text{PM}_{2,5}$

ZONA Tipo vent	PM 2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	$15\mu\text{g}/\text{m}^3$
TRAB. a	10,99	
DÍA. a	12,16	
Ext. a	20,13	
TRAB. b	15,20	
DÍA. b	13,81	
Ext. b	11,67	
TRAB. c	4,84	
DÍA. c	4,56	
Ext. c	10,78	

a: Sin Ventilación

b: Ventilación Natural

c: Ventilación Forzada

En la tabla 10, donde se analiza PM 2,5 se observa que en el ambiente interior durante el periodo de medición b (ventilación natural) la concentración media supera al valor de referencia, no cumpliendo con el objetivo propuesto por la guía.

Tabla 42. Comparación datos obtenidos con niveles de referencia. TABLA B-2 ASHRAE. PM10,0

ZONA Tipo vent	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
TRAB. a	109,43	
DÍA. a	123,04	
Ext. a	118,10	
TRAB. b	127,21	
DÍA. b	94,71	
Ext. b	141,41	
TRAB. c	18,97	
DÍA. c	26,14	
Ext. c	44,24	

a: Sin Ventilación

b: Ventilación Natural

c: Ventilación Forzada

Por último, en el caso de de PM10 no se cumple con el valor de referencia, el calor medio de concentración de partículas es superior al de referencia, salvo en ventilación forzada (donde la concentración, incluso, en el exterior se reduce notablemente).

Teniendo en cuenta los resultados, se puede determinar que la concentración de partículas que se han muestreado no supondría un riesgo para la salud de la persona que se encuentre trabajando en la oficina.



CAPITULO VII. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

CAPITULO VII. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

24. Discusión

Al iniciar este trabajo se tuvo la inquietud de realizar un estudio enfocado al ámbito laboral y la influencia que tenía la calidad del aire interior en él. Para ello se desarrolló un marco teórico en el que se analizó gran cantidad de documentos que ayudaron a concretar el tema del trabajo. Por otra parte, la composición del aire, la presencia o ausencia de determinadas sustancias y su cantidad, afecta al estado del aire interior y por ello es fundamental su análisis.

Cuando se recopiló y analizó información se observó que se debía comenzar por analizar las principales variables que influían. Así pues, la principal variable y de la cual parten el resto de variables es la tipología de ventilación. De la tipología de ventilación va a depender la influencia del exterior en el interior y de ahí el resto de variables: temperatura, humedad relativa y velocidad del viento o flujo de ventilación.

La decisión de ventilar de manera natural o forzada o no ventilar, radica en la temperatura interior y exterior. Las concentraciones más altas coinciden con la primavera, época en la que se lleva a cabo la medición de ventilación natural. Otro factor a destacar es que a temperaturas entre 21 y 22 °C la concentración de Mohos y Levaduras es mayor con respecto a temperaturas superiores. Es decir, que a medida que aumenta la temperatura disminuye la concentración de éstos.

En caso de **no ventilar** la oficina, se da una gran variabilidad de sucesos para las mismas condiciones de ventilación y similares condiciones en el exterior. Al no ventilar el puesto de trabajo, propiciamos que no entren microorganismos, teniendo en cuenta que, a su vez, se impide la salida de los mismos. La cantidad tanto de Viables como de Mohos y Levaduras en el interior disminuye considerablemente con respecto al exterior, puesto que no existe un intercambio de aire entre el interior y el exterior. Por lo que la entrada de microorganismos al interior es mínima, pero tampoco salen a no ser que haya instalado un sistema de renovación de aire, como es el caso. En este caso se dan pocos contaminantes que propicien la generación de Mohos y Levaduras en el interior, por lo que la concentración se mantiene baja. No obstante, cada puesto de trabajo está rodeado de unas condiciones singulares que deben ser sometida a estudio, pues existe una gran variedad de situaciones que pueden propiciar la generación de Mohos y Levaduras en el interior y podrían llegar a ser perjudiciales para la salud, sobretodo en el caso de algunos tipos de hongos alérgenos.

La no ventilación se suele emplear en invierno, estación en la que se alcanza unas buenas condiciones térmicas sin necesidad de ventilar para alcanzar unas buenas condiciones de confort en el interior. Se han ido desarrollando guías para mantener unos niveles de temperatura, aportación de aire fresco en función de las tareas a realizar y de la ocupación, para mantener unos niveles de concentración de dióxido de carbono adecuados (por debajo de 5000 ppm, límite de exposición promedio permisible en un ambiente laboral). El ASHRAE estándar 62-1989 recomienda una concentración de dióxido de carbono máxima de 1000 ppm para lograr un mínimo confort, en el bien entendido de que esta concentración no representa ningún peligro para la salud.

En caso de **ventilación forzada**, los filtros que dispone el equipo de ventilación favorecen que no entren contaminantes del exterior, reduciéndose la concentración de Mohos y Levaduras en el interior, con respecto al exterior, este sería el caso más favorable respecto a la variable Mohos y Levaduras. En caso de **Viables** la diferencia de concentración es del 14,44%, también es mínima

comparándola con los datos sin ventilación, pero es algo mayor que lo que se observa en caso de ventilación natural.

En condiciones de **ventilación natural**, se observa, como era de esperar, que las concentraciones entre el interior y el exterior apenas marcan diferencia (8,26 % de diferencia en el caso de viables). Ello es debido a que el aire interior se renueva constantemente con el aire exterior. Así mismo se dan unas concentraciones de agentes biológicos superiores con respecto a las otras tipologías de ventilación. Y la concentración medida en el exterior y en el interior es similar, independientemente de la estación del año, de tal forma que a mayor cantidad de Mohos y Levaduras en el exterior, mayor será en el interior y viceversa.

Respecto a los microorganismos estudiados, la única tipología de ventilación que muestra una diferencia notable entre el exterior y el interior es en condiciones de **no ventilación**, mientras que en las otras dos tipologías de ventilación las condiciones entre el interior y el exterior no son sustancialmente variables, poniendo de manifiesto la indiferencia entre el uso de una ventilación u otra, teniendo en cuenta únicamente aspectos relativos a la calidad del aire (dejando aspectos de confort al margen para llevar a cabo el estudio).

Entre las tres tipologías de ventilación resulta más desfavorable la ventilación natural, por la gran carga microbiana que hay en el exterior y que, por tanto, consigue entrar al interior. Se observa que entre condiciones de no ventilación y ventilación natural, y por otro lado, ventilación natural y ventilación forzada existen diferencias estadísticamente significativas mientras que entre condiciones de no ventilación y ventilación forzada no existe ninguna relación estadísticamente significativa.

En el caso de los resultados obtenidos en **partículas**, de manera similar que en las otras dos variables estudiadas, Mohos y Levaduras y Viables, la desviación estándar muestra valores muy dispersos que vuelve a poner de manifiesto la gran variabilidad de valores de concentración para similares características de los factores estudiados. A grandes rasgos, se observa que en condiciones sin ventilación y en ventilación natural el comportamiento de las partículas es similar, mientras que en condiciones de ventilación forzada la concentración de partículas se reduce notablemente con respecto a las otras dos tipologías e independientemente del tamaño de las mismas.

Para el tamaño **PM_{2,5}**, tamaño más pequeño de partículas estudiado, se observa que en el caso de *sin ventilación* y *ventilación forzada*, las partículas se quedan en el exterior y apenas penetran en el interior siendo las muestreadas en el interior las generadas por las fuentes propias internas. Así pues, el porcentaje de la concentración en el interior es, aproximadamente, la mitad que en el exterior (35/65 y 30/70 respectivamente).

En *ventilación forzada* se observa que efectivamente hay una retención por parte de los filtros del aire acondicionado, aun cuando el tamaño es el más pequeño.

En *ventilación natural* el porcentaje en la concentración en el interior y en exterior es muy similar (55/45), poniendo de manifiesto ese intercambio de aire.

En el caso de **PM_{5,0}** se observa un comportamiento más dispar. En este caso, las dos tipologías que más se asemejan son *sin ventilación* y *ventilación natural*. Mientras que en el caso de ventilación forzada se vuelve a comprobar la utilidad de los filtros, ya que es en dicha tipología donde se obtiene menor porcentaje de concentración de partículas con respecto al exterior (30/70).

Para **PM_{10,0}** el comportamiento similar se observa entre tipología sin ventilación y ventilación forzada. Mientras que en ventilación natural no hay mucha diferencia en el porcentaje de concentración entre el interior y el exterior (40/60), siendo muy semejante al comportamiento en PM_{2,5}.

Por último, para **TPM** se obtiene que el comportamiento similar se da entre la ventilación natural y ventilación forzada, comportamiento que no se ha observado en ningún tamaño de partículas por separado. Y además en la tipología de sin ventilación la concentración de TPM en el interior y el exterior es muy similar.

A modo general se entiende que:

- En condiciones de **ventilación natural**, las concentraciones en el exterior y en el interior son similares.
- En condiciones de **no ventilación**, la tendencia es que haya mayor concentración en el exterior que en el interior.
- En el caso de **ventilación forzada**, al igual que en condiciones de no ventilación, se mide mayor concentración en el exterior que en el interior. La concentración es aproximadamente un 40% superior en el exterior.

Analizando el resto de factores estudiados se observa lo siguiente:

- En temperaturas que oscilan entre los 16,8°C y los 23,9°C el comportamiento de las partículas es aleatorio y tiende a ser alto, mientras que cuando la temperatura es superior (entre 27,9°C y 31°C) la concentración de partículas es mucho menor, teniendo un valor máximo de 59,12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y un mínimo de 19,42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- En cuanto a la humedad relativa no se puede determinar en qué medida influye en la concentración de partículas en el interior, puesto que para las distintas fluctuaciones que sufre a lo largo del proceso de toma de muestras la humedad relativa interior no existen similitudes en el comportamiento de las partículas con respecto a esta variación que indiquen una relación determinante entre ambas.
- Se ha obtenido una desviación estándar muy elevada que indica el amplio rango de valores de concentración para similares condiciones en el momento de la toma de muestras. Y a su vez, la gran cantidad de factores que influyen o pueden influir en el resultado final.
- La toma de muestras se realiza en diferentes periodos del año y ello influye notablemente en los resultados, ya que varían factores como la humedad relativa o temperatura que no podemos controlar y que modifican la concentración de los agentes biológicos y partículas estudiados. De este modo, al comparar diferentes tipologías de ventilación en diferentes épocas del año no se puede determinar escrupulosamente que tipología es la óptima.

No obstante, el criterio escogido para el estudio de las diferentes tipologías de ventilación es lógico, ya que lo más usual es que en invierno no se ventile en el puesto de trabajo y se tenga un equipo para aumentar temperatura en el interior, en primavera se utilice la tipología de ventilación natural y en verano se vuelvan a cerrar las ventanas para utilizar la ventilación forzada para bajar la temperatura del interior. Ello hace que la metodología empleada sea la que más se ajuste a la realidad y se pueda determinar conclusiones, aunque resulte poco preciso compararla entre sí.

Este estudio o estudio similares son muy particulares, pues en calidad del aire influye factores externos al lugar de trabajo como: la ubicación, los edificios colindantes, presencia de zona industrial, características de la urbanización, tránsito rodado, climatología o fenómenos climatológicos puntuales como tormentas de arena; y factores internos como: los ocupantes, materiales de construcción, trabajo realizado, uso de determinados productos, gases de combustión, tabaco, etc.

Así pues, a la hora de decidir entre una tipología de ventilación u otra se debe realizar un estudio exhaustivo de los factores que intervienen y modifican empeorando o mejorando la calidad del aire tanto exterior como interior.

El objetivo principal de este proyecto era determinar qué tipología de ventilación es la óptima para este lugar de trabajo en concreto. Así pues, tras todo el análisis llevado a cabo se determina que en ningún caso es favorable para la calidad del aire interior la ventilación natural, ya que la concentración de Mohos y Levaduras, Viales y Partículas es superior en el interior que con respecto a las otras tipologías.

A la hora de decantarse entre ventilación forzada y sin ventilación se observa que los niveles de concentración no muestran diferencias que nos hagan elegir entre una u otra. No obstante, hay que tener en cuenta que el edificio se ha de ventilar, teniendo como precedente el “síndrome del edificio

enfermo”, como consecuencia de no ventilar. Además, el Código Técnico de la Edificación, Documento Básico, HS Salubridad-3 señala la necesidad de mantener el edificio con renovación del aire. Mediante este estudio se quiso constatar la necesidad de ventilar y por ello se establecieron las tres tipologías de ventilación.

Así pues, se determina que la mejor tipología de ventilación es aquella que permite reducir los compuestos del aire en el interior con respecto al exterior y por ello la ventilación forzada es la más adecuada para ello, ya que posee filtros que impiden la entrada tanto de partículas como de microorganismos, a la vez que se renueva el aire interior.

25. Conclusiones

- 1) Teniendo en cuenta las nuevas tecnologías y el paradigma laboral hay una tendencia clara a crear nuevos puestos de teletrabajo.
- 2) En el ambiente laboral de un teletrabajador influirán la forma de vida del trabajador (orden y limpieza, higiene, plantas, cantidad y tipo de mobiliarios, acabados de la vivienda, emplazamiento...)
- 3) Sobre este ambiente laboral no se prevé estipulación de controles por parte de la empresa contratante, contemplándose de esta manera un posible vacío legal que deja al trabajador expuesto a un posible clima de trabajo no favorable, y por tanto objeto de mejoras, llevadas a cabo mediante controles y mediciones sobre las que la empresa debería elaborar un dossier informando a su teletrabajador de unas buenas prácticas para ejercer su profesión en un ambiente familiar. No quedándose el dossier en una mera entrega sino efectuando una formación necesaria y dotando al trabajador de los medios (tanto físicos como personales) necesarios para que surjan efectos las prácticas planteadas.
- 4) La Calidad del Aire Interior es una definición que recoge muchos de factores que en mayor o menor medida tienen influencia sobre la misma. Por ello, un análisis de los principales variables que le afectan es fundamental para tener cierta conciencia de los efectos que puede tener el mismo para la salud.
- 5) Que sobre la CAI influyan tantos factores hace que su estudio sea complejo y que se haya de realizar un análisis específico a cada puesto de trabajo que recoja todas las variables necesarias identificando el nivel de calidad de aire.
- 6) En cuanto al análisis normativo de la cantidad de Agentes Biológicos y Partículas se ha comprobado que en la mayoría de casos se estaría cumpliendo con la legislación vigente.
- 7) Analizando todas las posibles soluciones de ventilación y los factores y variables que influyen en una buena calidad del aire, se determina que con independencia de la estación del año (dado que hay factores puntuales no controlables a lo largo de una misma estación), la mejor ventilación es la forzada.



CAPITULO VIII. LINEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

CAPITULO VIII. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.

En lo que concierne a las líneas de investigación futura, durante el proceso de elaboración de este trabajo se han considerado interesantes los temas que se exponen a continuación.

En primer lugar, resultaría eficaz mejorar la metodología, de manera que se pudiera llevar mayor control sobre variables que en este proyecto no se han podido controlar (estudio de la climatología para toma de muestras en condiciones muy similares, urbanización de los alrededores...).

Así mismo, tomar un mayor número de muestras para las distintas tipologías con la finalidad de obtener más datos de diferentes años en las diferentes épocas para poder comparar entre sí.

Por supuesto, una nueva línea para la ampliación del presente trabajo sería realizar muestreo de variables que no se han tenido en cuenta para el presente proyecto, tales como CO₂, radón, NO₂, etc.

Otra línea muy interesante sería llevar a cabo el estudio de los diferentes grupos de microorganismos y su clasificación, de las muestras llevadas a cabo, para analizar en base a dicha clasificación los efectos para la salud que pudieran tener.

Por último, cualquier trabajo futuro que se realice en este campo ha de seguir con la ampliación del marco teórico y la actualización del marco normativo, pues es un campo en continua investigación.



CAPITULO IX. BIBLIOGRÁFIA

CAPITULO IX. BIBLIOGRAFIA

26. Normativa, reglamentos y guías.

Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. «BOE»núm.124, de 24 de mayo de 1997, páginas 16100 a 16111.

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. «BOE»núm.97, de 23 de abril de 1997, páginas 12918 a 12926 (9págs.)

Real Decreto-ley 3/2012, de 10 de febrero, de medidas urgentes para la reforma del mercado laboral. «BOE» núm. 36, de 11 de febrero de 2012. BOE-A-2012-2076

España. Código Técnico de Edificación. Documento básico de salubridad. Sección 3 Calidad de aire interior, Boletín Oficial del Estado, 28 de marzo de 2006, BOE 74, p.11816-11831.

España. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE), Boletín Oficial del Estado, 29 de agosto de 2007, BOE 207, p.35931-35984.

España. Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera, Boletín Oficial del Estado, 16 de noviembre de 2007, BOE 275, p.46962-46987.

España. Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, Boletín Oficial del Estado, 29 de enero de 2011, BOE 25, p.9574-9626.

Asociación Española de Normativa (2007). OHSAS 18001:2007. Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo. Madrid

AENOR. 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. Madrid: AENOR, septiembre 2008.

UNE-EN 13098 de mayo del 2001, Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la medición de microorganismos y endotoxinas suspendidas en el aire. UNE-EN 481 de enero de 1995, Atmósferas en el lugar de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de partículas para la medición de aerosoles.

UNE-EN 482 de noviembre del 2007, Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medición de agentes químicos.

UNE-EN 689 de marzo de 1996, Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de muestreo.

UNE-EN 481:1995. Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles.

UNE-EN 13205:2002. Atmósferas en el lugar de trabajo. Evaluación del funcionamiento de los instrumentos para la medición de la concentración de aerosoles.

CR-03/2006: Toma de muestras de aerosoles. Muestreadores de la fracción inhalable de materia particulada. INSHT. 2

CEN/TR 15230:2005 Workplace atmospheres – Guidance for sampling inhalable, thoracic and respirable aerosol fractions.

Organización Mundial de la Salud. Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. 2006

World Health Organisation, 1990 Indoor Air Quality: Biological Contaminants. Copenhagen: WHO Regional Publications, 1990, European Series No.31.

World Health Organisation, Guidelines for Concentration and Exposure-Response Measurements of Fine and Ultra Fine Particulate Matter for use in Epidemiological Studies, World Health Organisation, Geneva, 2002.

World Health Organization, 2010. Selected pollutants. In: WHO Indoor Air Quality Guidelines. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, pp. 1–454

INSHT (2006). *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos*.

CSIC. Consejo superior de investigaciones científicas. *Bases científico-técnicas para un Plan Nacional de Mejora de la Calidad del Aire*. Madrid, 2012.

ACGIH (1989). *Committee Activities and Reports. Guidelines for the assessment of bioaerosols in the indoor environment*. Cincinnati, Oh. USA: ACGIH.

ACGIH (1999). *Bioaerosols. Assessment and control*. Cincinnati, OH, USA: ACGIH.

ACGIH (2012). *Threshold limit values for chemical and physical Agents & Biological exposure indices*. Cincinnati, OH, USA: ACGIH.

AIHA (2005). *Field guide for the determination of biological contaminants in environmental samples*. AIHA.

AIHA (2007). *Aerosol Sampling: Science, Standards, and Instrumentation and Applications*.

27. Notas Técnicas de Prevención

INSHT. NTP 299: Método para el recuento de bacterias y hongos en aire.

INSHT. NTP 351: Micotoxinas (aflatoxinas y tricotecenos) en ambientes laborales.

INSHT. NTP 409: Contaminantes biológicos: criterios de valoración.

INSHT. NTP 412: Teletrabajo: criterios para su implantación.

INSHT. NTP 496: Nivel de salud y calidad de la empresa: autoevaluación simplificada modelo EFQM

INSHT. NTP 538: Legionelosis: medidas de prevención y control en instalaciones suministro de agua.

INSHT. NTP 608: Agentes biológicos: planificación de la medición.

INSHT. NTP 609: Agentes biológicos: equipos de muestreo (I).

INSHT. NTP 610: Agentes biológicos: equipos de muestreo (II).

INSHT. NTP 611: Agentes biológicos: análisis de las muestras

INSHT. NTP 652: Sensibilización laboral por exposición a ácaros (I): ácaros en el ambiente laboral.

INSHT. NTP 653: Sensibilización laboral exposición a ácaros (II): técnicas de muestreo y prevención.

INSHT. NTP 691: Legionelosis: revisión de las normas reglamentarias (I). Aspectos generales.

INSHT. NTP 692: Legionelosis: revisión de las normas reglamentarias (II). Medidas específicas.

INSHT. NTP 802: Agentes biológicos no infecciosos: enfermedades respiratorias.

INSHT. NTP 807: Agentes biológicos: glosario.

INSHT. NTP 833: Agentes biológicos. Evaluación simplificada.

28. Libros y trabajos académicos

AIDICO, Instituto Tecnológico de la Construcción. Guías de sostenibilidad en la edificación residencial. Calidad del ambiente interior, 1ª edición, Generalitat Valenciana, Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda, 2009, pp.56.

Alcayna Orts, Juan J. (2013) Estudio de las necesidades de ventilación natural desde el punto de vista higiénico mediante el análisis de la calidad de aire en la ciudad de Valencia. aplicación a la lonja de la seda. Proyecto final de grado. Universidad Politécnica de Valencia.

Carrasquer, P.; Borrás, V.; Torns, T. (2004) «La conciliación de la vida familiar y laboral», Revista Sociología del Trabajo, nº. 50: 111-138.

Consejería de Sanidad de Madrid. Calidad del aire interior en edificios de uso público, 1º edición, Madrid, Dirección General de Ordenación e Inspección Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid, diciembre 2010, pp.98.

Cuervo Caravel, Tatiana. Teletrabajo. Evaluación de riesgos psicosociales.

De la Cámara, Carmen. (2000) El teletrabajo, un indicador de cambio en el mercado de trabajo. Cuadernos de relaciones laborales. UCM. Vol 17. 2000.

Fundación Masfamilia (2012). Libro Blanco del Teletrabajo en España. Fecha última consulta: 06/09/2016: <http://www.teledislab.es/descargas/libroblancoteletrabajoespana.pdf>

Lara Rodríguez, A. (2003) «El telemarketing en España: materiales para una cartografía del mundo del trabajo contemporáneo», Revista Sociología del Trabajo, nº. 49: 27-59.

Martínez López, F.J., Ruis Frutos C., García Ordaz, M. (2008). Teletrabajo: seguridad y salud sin importar la distancia.

Mermet, Alejandro Javier. Ventilación natural de edificios: fundamentos y métodos de cálculo para aplicación de ingenieros y arquitectos, 1ª edición, Buenos Aires, Nobuko, 2005, edición literaria al cuidado de Eduardo Yarke, pp.140.

Morawska, L., He, C., Hitchins, J., Gilbert, D., & Parappukaran S. (2001). The relationship between indoor and outdoor airborne particles in the residential environment. *Atmos Environ* 35, 3463–3473.

Neila González, F. Javier, et al. Técnicas arquitectónicas y constructivas de Acondicionamiento ambiental, 1ª edición, Madrid, Munilla-Lería, 1994 (2ª edición, 1997) pp. 430.

Observatorio Medioambiental. El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. M. C. De La Rosa, M. A. Mosso y C. Ullán, ISSN: 1139-1987, Vol. 5 (2002): 375-402

Purcalla, M.A. y Belzunegui, A. (2004) «Marcos jurídicos y experiencias prácticas de teletrabajo», *Revista Aranzadi Social*, nº 18, Febrero.

Rey Martínez, Francisco Javier, et al. Calidad de ambientes interiores, Madrid, Thomson, 2007, pp. 311.

Seinfeld, John H. Air pollution. Physical and chemical fundamentals, 1º edición, New York, McGraw-Hill, 1975 (tr. española de Rafael Mujeriego, Contaminación atmosférica. Fundamentos físicos y químicos, Madrid, Instituto de Estudios de Administración Local, 1978, pp.578).

Sierra Benítez, Esperanza M. (2011) El contenido de la relación laboral en el teletrabajo. Primera Edición: Consejo Económico y Social de Andalucía, Sevilla.

Thibault, J. (2000) El Teletrabajo. Madrid: Consejo Económico y Social.

29. Artículos de investigación

Boldú, J., et al. «Enfermedades relacionadas con los edificios», *Anales del sistema sanitario de Navarra*, Vol. 28, nº extra 1, pp. 117-122, 2005.

Carazo, L., Fernández, R., González, F., Rodríguez, J. (2013) Indoor Air Contaminants and Their Impact on Respiratory Pathologies. *Arch Bronconeumol*;49(1):22–27

Dimitroulopoulou, C. (2012) Ventilation in European dwellings: A review. *Building and Environment* 47: 109e125

Hargreaves, M., Parappukaran, S., Morawska, L., Hitchins, J., He, C., Gilbert, D., 2003. A pilot investigation into associations between indoor airborne fungal and nonbiological particle concentrations in residential houses in Brisbane, Australia. *The Science of the total environment* 312 (1–3), 89–101.

Hussein, T., Glytsos, T., Ondracek, J., Dohanyosova, P., Zdimal, V., Hameri, K., Lazaridis, M., Smolik, J. and Kulmala, M. (2006). Particle Size Characterization and Emission Rates during Indoor Activities in a House. *Atmos. Environ.* 40: 4285–4307.

Kim, J., Dear, R. (2012) Impact of different building ventilation modes on occupant expectations of the main IEQ factors. *Building and Environment* 57: 184e193

Morawska L., He C., Hitchins J., Mengersen K., Gilbert D., 2003. Characteristics of particle number and mass concentrations in residential houses in Brisbane, Australia. *Atmospheric Environment* 37, 4195–4203

Mosley, R.B., Greenwell, D.J., Sparks, L.E., Guom, Z., Tucker, W.G., Fortmann, R., Whitfield, C., 2001. Penetration of ambient fine particles into the indoor environment. *Aerosol Science and Technology* 34, 127–136.

Querol, Xavier. «Calidad del aire, partículas en suspensión y metales», *Revista Española*, Vol. 82, núm. 5, pp.447-453, 2008.

Sarbu, I., Sebarchievici, C. (2013) Aspects of indoor environmental quality assessment in buildings. *Energy and Buildings* 60: 410–419

Shimada, M., Okuyama, K., Okazaki, S., Asai, T., Matsukura, M., Ishizu, Y., 1996. Numerical simulation and experiment on the transport of fine particles in a ventilated room. *Aerosol Science and Technology* 25, 242–255.

Terry, A., Carslaw, N., Ashmore, M., Dimitroulopoulou S., Carslaw, D., (2014) Occupant exposure to indoor air pollutants in modern European offices: An integrated modelling approach. *Atmospheric Environment* 8: 9e16

Vargas Marcos, Francisco. «La contaminación ambiental como factor determinante de la salud», *Revista Española de Salud Pública*, vol. 79, no. 2, 2005.

Vargas Marcos, et al. «Calidad ambiental interior: bienestar, confort y salud», *Revista Española de Salud Pública*, vol. 79, no. 2, marzo-abril, pp. 243-251, 2005.

Wolkoff, P. (2013) Indoor air pollutants in office environments: Assessment of comfort, health, and performance. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 216: 371–394

Zhang, Y., et al., 2011. Can commonly-used fan-driven air cleaning technologies improve indoor air quality? A literature review. *Atmospheric Environment*, 45(26): p. 4329-4343.



CAPITULO X. ANEXOS

ANEXO I.

Método: 95,0 porcentaje LSD

tipo vent	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	14	23,2351	13,7216	X
1	15	41,022	12,4978	X
2	15	108,351	13,0481	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 3		17,7869	38,1396
1 - 2	*	-67,329	36,7806
3 - 2	*	-85,1159	40,421

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 2 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

A continuación, se expone la comparación múltiple entre los resultados:

En la siguiente tabla, se muestra la Verificación de Varianza.

Tabla 43. Verificación de Varianza

	Prueba	Valor-P		
Levene's	45,9482	0		
Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
Zona / tipo ventilación	0,825723	0,825723	1,0	1,0000
Zona / PM 2,5	0,825723	9,51101	0,00753729	0,0000
Zona / PM 5,0	0,825723	45,2563	0,000332897	0,0000
Zona / PM 10,0	0,825723	94,8387	0,000075805	0,0000
Zona / TPM	0,825723	138,901	0,0000353391	0,0000
Zona / Levaduras y Mohos	0,825723	74,5132	0,000122801	0,0000
Zona / Viables	0,825723	591,04	0,0000019518	0,0000
Zona / Tª Interior	0,825723	4,5223	0,0333388	0,0000
Zona / Hr interior	0,825723	9,73808	0,00718988	0,0000
Zona / Tª exterior	0,825723	12,2623	0,00453441	0,0000
Zona / Hr exterior	0,825723	15,4255	0,00286545	0,0000
Zona / Velocidad aire interior	0,825723	0,0647755	162,498	0,0000

ANEXO I.

Zona / Velocidad aire exterior	0,825723	9,73281	0,00719768	0,0000
tipo ventilación / PM 2,5	0,825723	9,51101	0,00753729	0,0000
tipo ventilación / PM 5,0	0,825723	45,2563	0,000332897	0,0000
tipo ventilación / PM 10,0	0,825723	94,8387	0,000075805	0,0000
tipo ventilación / TPM	0,825723	138,901	0,0000353391	0,0000
tipo ventilación / Levaduras y Mohos	0,825723	74,5132	0,000122801	0,0000
tipo ventilación / Viables	0,825723	591,04	0,0000019518	0,0000
tipo ventilación / Tª Interior	0,825723	4,5223	0,0333388	0,0000
tipo ventilación / Hr interior	0,825723	9,73808	0,00718988	0,0000
tipo ventilación / Tª exterior	0,825723	12,2623	0,00453441	0,0000
tipo ventilación / Hr exterior	0,825723	15,4255	0,00286545	0,0000
tipo ventilación / Velocidad aire interior	0,825723	0,0647755	162,498	0,0000
tipo ventilación / Velocidad aire exterior	0,825723	9,73281	0,00719768	0,0000
PM 2,5 / PM 5,0	9,51101	45,2563	0,0441667	0,0000
PM 2,5 / PM 10,0	9,51101	94,8387	0,0100573	0,0000
PM 2,5 / TPM	9,51101	138,901	0,00468857	0,0000
PM 2,5 / Levaduras y Mohos	9,51101	74,5132	0,0162924	0,0000
PM 2,5 / Viables	9,51101	591,04	0,000258952	0,0000
PM 2,5 / Tª Interior	9,51101	4,5223	4,42318	0,0001
PM 2,5 / Hr interior	9,51101	9,73808	0,953908	0,8713
PM 2,5 / Tª exterior	9,51101	12,2623	0,601597	0,0955
PM 2,5 / Hr exterior	9,51101	15,4255	0,380169	0,0017
PM 2,5 / Velocidad aire interior	9,51101	0,0647755	21559,2	0,0000
PM 2,5 / Velocidad aire exterior	9,51101	9,73281	0,954942	0,8792
PM 5,0 / PM 10,0	45,2563	94,8387	0,227713	0,0000
PM 5,0 / TPM	45,2563	138,901	0,106156	0,0000
PM 5,0 / Levaduras y Mohos	45,2563	74,5132	0,368885	0,0013
PM 5,0 / Viables	45,2563	591,04	0,00586307	0,0000
PM 5,0 / Tª Interior	45,2563	4,5223	100,148	0,0000
PM 5,0 / Hr interior	45,2563	9,73808	21,5979	0,0000
PM 5,0 / Tª exterior	45,2563	12,2623	13,6211	0,0000
PM 5,0 / Hr exterior	45,2563	15,4255	8,60761	0,0000
PM 5,0 / Velocidad aire interior	45,2563	0,0647755	488132,	0,0000
PM 5,0 / Velocidad aire exterior	45,2563	9,73281	21,6213	0,0000
PM 10,0 / TPM	94,8387	138,901	0,466185	0,0129
PM 10,0 / Levaduras y Mohos	94,8387	74,5132	1,61996	0,1134
PM 10,0 / Viables	94,8387	591,04	0,0257476	0,0000
PM 10,0 / Tª Interior	94,8387	4,5223	439,797	0,0000
PM 10,0 / Hr interior	94,8387	9,73808	94,8471	0,0000
PM 10,0 / Tª exterior	94,8387	12,2623	59,8168	0,0000
PM 10,0 / Hr exterior	94,8387	15,4255	37,8003	0,0000
PM 10,0 / Velocidad aire interior	94,8387	0,0647755	2,14363E6	0,0000
PM 10,0 / Velocidad aire exterior	94,8387	9,73281	94,9499	0,0000
TPM / Levaduras y Mohos	138,901	74,5132	3,47493	0,0001
TPM / Viables	138,901	591,04	0,0552306	0,0000
TPM / Tª Interior	138,901	4,5223	943,398	0,0000
TPM / Hr interior	138,901	9,73808	203,454	0,0000
TPM / Tª exterior	138,901	12,2623	128,311	0,0000
TPM / Hr exterior	138,901	15,4255	81,0843	0,0000
TPM / Velocidad aire interior	138,901	0,0647755	4,59824E6	0,0000
TPM / Velocidad aire exterior	138,901	9,73281	203,674	0,0000
Levaduras y Mohos / Viables	74,5132	591,04	0,015894	0,0000

Levaduras y Mohos / Tª Interior	74,5132	4,5223	271,487	0,0000
Levaduras y Mohos / Hr interior	74,5132	9,73808	58,5491	0,0000
Levaduras y Mohos / Tª exterior	74,5132	12,2623	36,9249	0,0000
Levaduras y Mohos / Hr exterior	74,5132	15,4255	23,3341	0,0000
Levaduras y Mohos / Velocidad aire interior	74,5132	0,0647755	1,32326E6	0,0000
Levaduras y Mohos / Velocidad aire exterior	74,5132	9,73281	58,6125	0,0000
Viables / Tª Interior	591,04	4,5223	17081,1	0,0000
Viables / Hr interior	591,04	9,73808	3683,72	0,0000
Viables / Tª exterior	591,04	12,2623	2323,2	0,0000
Viables / Hr exterior	591,04	15,4255	1468,11	0,0000
Viables / Velocidad aire interior	591,04	0,0647755	8,32553E7	0,0000
Viables / Velocidad aire exterior	591,04	9,73281	3687,71	0,0000
Tª Interior / Hr interior	4,5223	9,73808	0,215661	0,0001
Tª Interior / Tª exterior	4,5223	12,2623	0,13601	0,0000
Tª Interior / Hr exterior	4,5223	15,4255	0,0859493	0,0000
Tª Interior / Velocidad aire interior	4,5223	0,0647755	4874,13	0,0000
Tª Interior / Velocidad aire exterior	4,5223	9,73281	0,215895	0,0000
Hr interior / Tª exterior	9,73808	12,2623	0,630666	0,1923
Hr interior / Hr exterior	9,73808	15,4255	0,398539	0,0106
Hr interior / Velocidad aire interior	9,73808	0,0647755	22600,9	0,0000
Hr interior / Velocidad aire exterior	9,73808	9,73281	1,00108	0,9789
Tª exterior / Hr exterior	12,2623	15,4255	0,631933	0,1318
Tª exterior / Velocidad aire interior	12,2623	0,0647755	35836,5	0,0000
Tª exterior / Velocidad aire exterior	12,2623	9,73281	1,58734	0,1292
Hr exterior / Velocidad aire interior	15,4255	0,0647755	56709,4	0,0000
Hr exterior / Velocidad aire exterior	15,4255	9,73281	2,51188	0,0028
Velocidad aire interior / Velocidad aire exterior	0,0647755	9,73281	0,000044294	0,0000

El StatAdvisor

Los estadísticos mostrados en esta tabla evalúan la hipótesis nula de que las desviaciones estándar dentro de cada una de las 14 columnas son iguales. De particular interés es el valor-P. Puesto que el valor-P es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95,0% de confianza. Esto viola uno de los supuestos importantes subyacentes en el análisis de varianza e invalidará la mayoría de las pruebas estadísticas comunes.

La tabla también muestra una comparación de las desviaciones típicas para cada par de muestras. P-Valores por debajo de 0.05, de los cuales hay 82, indican una diferencia estadísticamente significativa entre las dos sigmas al 5% de nivel de significación.

Tabla 44. Método: 95,0 porcentaje LSD

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
MEDIA T ^a INT - PM 1		19,1301	25,1044
MEDIA T ^a INT - PM2,5		12,4549	25,1044
MEDIA T ^a INT - PM 5,0		-20,159	25,1044
MEDIA T ^a INT - PM10,0	*	-66,3549	25,1044
MEDIA T ^a INT - TPM	*	-95,6401	25,1044
MEDIA T ^a INT - MyL		19,216	25,1044
MEDIA T ^a INT - Viables	*	-34,3181	25,1044
MEDIA T ^a INT - veloc int		23,9817	27,3764
MEDIA T ^a INT - HR EXT		-23,2965	25,1044
MEDIA T ^a INT - T ^a EXT		-1,11238	25,1044
MEDIA T ^a INT - HR int		-26,7163	27,3764
MEDIA T ^a INT - Veloc ext		13,2508	24,9911
PM 1 - PM2,5		-6,67523	22,6053
PM 1 - PM 5,0	*	-39,2891	22,6053
PM 1 - PM10,0	*	-85,485	22,6053
PM 1 - TPM	*	-114,77	22,6053
PM 1 - MyL		0,0859091	22,6053
PM 1 - Viables	*	-53,4482	22,6053
PM 1 - veloc int		4,85155	25,1044
PM 1 - HR EXT	*	-42,4266	22,6053
PM 1 - T ^a EXT		-20,2425	22,6053
PM 1 - HR int	*	-45,8465	25,1044
PM 1 - Veloc ext		-5,87934	22,4794
PM2,5 - PM 5,0	*	-32,6139	22,6053
PM2,5 - PM10,0	*	-78,8098	22,6053
PM2,5 - TPM	*	-108,095	22,6053
PM2,5 - MyL		6,76114	22,6053
PM2,5 - Viables	*	-46,773	22,6053
PM2,5 - veloc int		11,5268	25,1044
PM2,5 - HR EXT	*	-35,7514	22,6053
PM2,5 - T ^a EXT		-13,5673	22,6053
PM2,5 - HR int	*	-39,1712	25,1044
PM2,5 - Veloc ext		0,795884	22,4794
PM 5,0 - PM10,0	*	-46,1959	22,6053
PM 5,0 - TPM	*	-75,4811	22,6053
PM 5,0 - MyL	*	39,375	22,6053
PM 5,0 - Viables		-14,1591	22,6053
PM 5,0 - veloc int	*	44,1406	25,1044
PM 5,0 - HR EXT		-3,1375	22,6053
PM 5,0 - T ^a EXT		19,0466	22,6053
PM 5,0 - HR int		-6,55736	25,1044
PM 5,0 - Veloc ext	*	33,4097	22,4794
PM10,0 - TPM	*	-29,2852	22,6053
PM10,0 - MyL	*	85,5709	22,6053
PM10,0 - Viables	*	32,0368	22,6053

PM10,0 - veloc int	*	90,3365	25,1044
PM10,0 - HR EXT	*	43,0584	22,6053
PM10,0 - Tª EXT	*	65,2425	22,6053
PM10,0 - HR int	*	39,6385	25,1044
PM10,0 - Veloc ext	*	79,6057	22,4794
TPM - MyL	*	114,856	22,6053
TPM - Viables	*	61,322	22,6053
TPM - veloc int	*	119,622	25,1044
TPM - HR EXT	*	72,3436	22,6053
TPM - Tª EXT	*	94,5277	22,6053
TPM - HR int	*	68,9238	25,1044
TPM - Veloc ext	*	108,891	22,4794
MyL - Viables	*	-53,5341	22,6053
MyL - veloc int		4,76564	25,1044
MyL - HR EXT	*	-42,5125	22,6053
MyL - Tª EXT		-20,3284	22,6053
MyL - HR int	*	-45,9324	25,1044
MyL - Veloc ext		-5,96525	22,4794
Viables - veloc int	*	58,2997	25,1044
Viables - HR EXT		11,0216	22,6053
Viables - Tª EXT	*	33,2057	22,6053
Viables - HR int		7,60173	25,1044
Viables - Veloc ext	*	47,5688	22,4794
veloc int - HR EXT	*	-47,2781	25,1044
veloc int - Tª EXT		-25,094	25,1044
veloc int - HR int	*	-50,698	27,3764
veloc int - Veloc ext		-10,7309	24,9911
HR EXT - Tª EXT		22,1841	22,6053
HR EXT - HR int		-3,41986	25,1044
HR EXT - Veloc ext	*	36,5472	22,4794
Tª EXT - HR int	*	-25,604	25,1044
Tª EXT - Veloc ext		14,3632	22,4794
HR int - Veloc ext	*	39,9671	24,9911

En la siguiente tabla, se observan las Pruebas de Múltiple Rangos

Tabla 45. Prueba Múltiples Rangos

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
veloc int	30	0,098	X
MyL	44	4,86364	X
PM 1	44	4,94955	X
Veloc ext	45	10,8289	X
PM2,5	44	11,6248	X
MEDIA TªINT	30	24,0797	XXX
Tª EXT	44	25,192	XX
PM 5,0	44	44,2386	XXX
HR EXT	44	47,3761	XXX
HR int	30	50,796	XX

Viabes	44	58,3977	X
PM10,0	44	90,4345	X
TPM	44	119,72	X

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 46 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 6 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

ANEXO II. Totalidad de datos muestreados

ANEXO II

Tabla 46. Datos muestreados

ZONA	Fecha	tipo vent	punto medio	Tª media INT	Hr media INT	PM 2,5 (ug/m ³)	PM 5,0 (ug/m ³)	PM 10,0 (ug/m ³)	TPM (ug/m ³)	Levaduras y Mohos	Viables	FLUJO INT	hr% EXT	Tª EXT
TRABAJO	17/02/2015	1	A	23,93	34,29	27,74	167,15	333,68	371,85	0	260	0,02	53,18	13,02
TRABAJO	17/02/2015	1	A	23,56	35,93	27,00	158,80	298,93	341,03	0	220	0,02	53,18	13,02
TRABAJO	17/02/2015	1	A	23,56	36,14	25,72	149,39	258,97	287,68			0,02	53,18	13,02
TRABAJO	17/02/2015	1	A	23,56	36,46	25,60	145,86	247,27	275,98			0,02	53,18	13,02
TRABAJO	17/02/2015	1	A	23,56	36,46	25,45	145,76	241,71	273,58			0,02	53,18	13,02
DÍA	17/02/2015	1	B	23,56	38,25	27,46	166,80	299,28	360,08			0,06	53,18	13,02
DÍA	17/02/2015	1	B	23,56	37,99	26,66	158,17	261,56	300,60	20	280	0,06	53,18	13,02
DÍA	17/02/2015	1	B	23,37	37,88	25,89	148,35	242,42	274,29			0,06	53,18	13,02
DÍA	17/02/2015	1	B	23,56	37,30	25,08	138,56	216,25	241,70	10	220	0,06	53,18	13,02
DÍA	17/02/2015	1	B	23,56	36,88	24,52	134,14	200,63	220,75			0,06	53,18	13,02
DÍA	17/02/2015	1	B	23,65	36,72	23,61	128,94	192,40	210,57			0,06	53,18	13,02
EXTERIOR	17/02/2015	1	C			9,80	36,43	63,13	70,86	100	300		45,24	16,85
EXTERIOR	17/02/2015	1	C			9,37	29,96	45,84	53,67				52,28	14,28
TRABAJO	24/02/2015	1	A	22,18	38,41	4,52	35,11	103,57	130,00	0	190	0,04	26,64	15,25
TRABAJO	24/02/2015	1	A	22,64	37,78	4,25	32,69	88,17	111,01	0	260	0,04	26,64	15,25
TRABAJO	24/02/2015	1	A	22,73	37,51	4,08	31,00	83,08	106,79			0,04	26,64	15,25
TRABAJO	24/02/2015	1	A	23,01	37,46	3,99	30,44	77,24	96,60			0,04	26,64	15,25
TRABAJO	24/02/2015	1	A	23,10	37,14	4,00	29,14	70,85	89,88			0,04	26,64	15,25
DÍA	24/02/2015	1	B	22,64	38,89	4,57	34,11	81,38	110,31			0,06	26,64	15,25
DÍA	24/02/2015	1	B	22,73	38,84	4,52	32,88	69,82	85,05	0	100	0,06	26,64	15,25
DÍA	24/02/2015	1	B	22,46	38,94	5,32	46,75	150,32	217,97			0,06	26,64	15,25
DÍA	24/02/2015	1	B	22,73	37,83	4,73	36,19	85,66	108,94	0	270	0,06	26,64	15,25
DÍA	24/02/2015	1	B	23,01	37,57	4,64	34,42	74,53	93,34			0,06	26,64	15,25
DÍA	24/02/2015	1	B	23,01	37,88	4,53	33,33	71,14	86,91			0,06	26,64	15,25
EXTERIOR	24/02/2015	1	C			2,15	8,06	21,23	34,28	30	610		20,63	19,24

ANEXO II

ZONA	Fecha	tipo vent	punto medio	Tª media INT	Hr media INT	PM 2,5 (ug/m^3)	PM 5,0 (ug/m^3)	PM 10,0 (ug/m^3)	TPM (ug/m^3)	Levaduras y Mohos	Viables	FLUJO INT	hr% EXT	Tª EXT
EXTERIOR	24/02/2015	1	C			1,81	6,34	15,75	25,32	180	1380		23,54	16,85
TRABAJO	10/03/2015	1	A	20,53	41,80	1,16	4,09	15,28	22,35	0	60	0,038	54,69	12,31
TRABAJO	10/03/2015	1	A	19,61	44,50	1,81	8,58	27,89	48,13	0	80	0,038	54,69	12,31
TRABAJO	10/03/2015	1	A	19,33	45,50	1,76	8,71	27,84	46,77			0,038	54,69	12,31
TRABAJO	10/03/2015	1	A	19,15	46,19	2,10	11,71	39,05	60,59			0,038	54,69	12,31
TRABAJO	10/03/2015	1	A	19,15	46,14	2,19	12,81	41,72	60,75			0,038	54,69	12,31
DÍA	10/03/2015	1	B	19,24	45,08	3,89	27,99	87,69	124,56			0,125	54,69	12,31
DÍA	10/03/2015	1	B	19,33	45,08	4,18	29,56	83,48	115,68	0	80	0,125	54,69	12,31
DÍA	10/03/2015	1	B	19,42	44,87	5,33	42,22	116,46	159,21			0,125	54,69	12,31
DÍA	10/03/2015	1	B	19,33	45,08	4,95	37,00	106,75	141,23	290	120	0,125	54,69	12,31
DÍA	10/03/2015	1	B	19,42	44,50	5,21	39,16	109,46	144,81			0,125	54,69	12,31
DÍA	10/03/2015	1	B	19,42	44,55	5,11	36,22	95,26	126,76			0,125	54,69	12,31
EXTERIOR	10/03/2015	1	C			21,25	52,63	92,97	109,07	30	130		42,91	19,15
EXTERIOR	10/03/2015	1	C			22,64	54,02	89,08	101,80	40	90		52,54	16,12
TRABAJO	24/03/2015	1	A	17,13	61,16	5,36	25,00	63,91	82,07	0	550	0,0378	76,81	14,12
TRABAJO	24/03/2015	1	A	16,94	62,33	6,53	34,21	88,63	107,12	0	450	0,0378	76,81	14,12
TRABAJO	24/03/2015	1	A	16,76	63,28	9,05	55,01	136,27	165,53			0,0378	76,81	14,12
TRABAJO	24/03/2015	1	A	16,67	63,92	9,72	58,26	133,60	157,10			0,0378	76,81	14,12
TRABAJO	24/03/2015	1	A	16,67	64,18	11,22	70,50	170,63	201,19			0,0378	76,81	14,12
DÍA	24/03/2015	1	B	16,76	64,71	12,80	79,96	178,15	205,89			0,075	76,81	14,12
DÍA	24/03/2015	1	B	16,67	65,03	12,53	76,05	163,18	190,49	0	650	0,075	76,81	14,12
DÍA	24/03/2015	1	B	16,67	65,24	12,21	73,88	146,61	169,02			0,075	76,81	14,12
DÍA	24/03/2015	1	B	16,94	65,03	12,31	72,45	149,08	175,84	20	540	0,075	76,81	14,12
DÍA	24/03/2015	1	B	16,94	64,76	11,73	67,83	133,82	156,33			0,075	76,81	14,12
DÍA	24/03/2015	1	B	16,94	64,66	11,46	65,65	131,04	160,41			0,075	76,81	14,12
EXTERIOR	24/03/2015	1	C			54,56	244,23	366,52	387,29	0	850		87,88	14,28
EXTERIOR	24/03/2015	1	C			52,47	226,97	322,55	334,41	10	1270		86,72	14,65

ANEXO II

ZONA	Fecha	tipo vent	punto medio	Tª media INT	Hr media INT	PM 2,5 (ug/m^3)	PM 5,0 (ug/m^3)	PM 10,0 (ug/m^3)	TPM (ug/m^3)	Levaduras y Mohos	Viabiles	FLUJO INT	hr% EXT	Tª EXT
TRABAJO	31/03/2015	1	A	23,28	56,08	14,80	23,26	34,46	45,99	0	90	0,04	41,01	22,34
TRABAJO	31/03/2015	1	A	23,28	56,56	14,33	22,43	32,99	42,23	10	190	0,04	41,01	22,34
TRABAJO	31/03/2015	1	A	23,10	56,77	14,23	24,44	39,54	51,17			0,04	41,01	22,34
TRABAJO	31/03/2015	1	A	23,10	56,83	14,03	25,07	39,11	48,14			0,04	41,01	22,34
TRABAJO	31/03/2015	1	A	23,28	56,61	14,07	26,37	41,46	52,01			0,04	41,01	22,34
DÍA	31/03/2015	1	B	23,37	56,35	13,85	26,08	38,83	42,75			0,07	41,01	22,34
DÍA	31/03/2015	1	B	23,47	55,93	13,88	25,78	36,70	41,70	40	250	0,07	41,01	22,34
DÍA	31/03/2015	1	B	23,47	56,03	13,68	26,61	41,47	51,81			0,07	41,01	22,34
DÍA	31/03/2015	1	B	23,56	55,66	13,50	26,61	42,58	53,68	20	240	0,07	41,01	22,34
DÍA	31/03/2015	1	B	23,56	55,66	13,48	27,11	40,92	51,47			0,07	41,01	22,34
DÍA	31/03/2015	1	B	23,56	55,71	13,33	27,75	44,45	60,11			0,07	41,01	22,34
EXTERIOR	31/03/2015	1	C			13,42	36,71	68,74	88,43	130	1530		37,51	23,56
EXTERIOR	31/03/2015	1	C			13,83	45,08	95,19	142,18	130	530		29,47	28,70
TRABAJO	21/04/2015	2	A	19,15	55,50	20,78	40,12	60,73	71,28	90	2540	0,018	62,21	17,18
TRABAJO	21/04/2015	2	A	18,60	57,99	22,59	41,55	61,01	70,58	110	2170	0,018	62,21	17,18
TRABAJO	21/04/2015	2	A	18,32	59,15	23,79	43,18	61,17	68,13			0,018	62,21	17,18
TRABAJO	21/04/2015	2	A	18,60	58,94	22,62	41,94	60,39	71,38			0,018	62,21	17,18
TRABAJO	21/04/2015	2	A	18,60	58,99	21,90	41,83	63,76	74,64			0,018	62,21	17,18
DÍA	21/04/2015	2	B	18,32	60,32	20,81	41,59	63,90	71,40			0,18	62,21	17,18
DÍA	21/04/2015	2	B	18,69	59,47	20,96	44,07	71,18	87,06	20	2870	0,18	62,21	17,18
DÍA	21/04/2015	2	B	18,87	58,57	21,62	46,57	79,38	95,26			0,18	62,21	17,18
DÍA	21/04/2015	2	B	19,06	58,94	20,82	47,76	84,83	107,67	0	940	0,18	62,21	17,18
DÍA	21/04/2015	2	B	18,78	60,58	19,98	50,31	92,80	115,31			0,18	62,21	17,18
DÍA	21/04/2015	2	B	18,87	60,32	19,88	45,96	79,23	95,55			0,18	62,21	17,18
EXTERIOR	21/04/2015	2	C			16,00	39,81	69,63	86,28	30	1670		61,27	19,42
EXTERIOR	21/04/2015	2	C			11,13	29,19	43,01	47,79	110	3280		64,44	18,78
TRABAJO	28/04/2015	2	A	20,34	36,77	4,52	17,69	55,73	85,31	40	640	0,06	33,22	22,063

ANEXO II

ZONA	Fecha	tipo vent	punto medio	Tª media INT	Hr media INT	PM 2,5 (ug/m ³)	PM 5,0 (ug/m ³)	PM 10,0 (ug/m ³)	TPM (ug/m ³)	Levaduras y Mohos	Viables	FLUJO INT	hr% EXT	Tª EXT
TRABAJO	28/04/2015	2	A	19,70	38,31	5,24	26,09	92,95	177,90	60	750	0,06	33,22	22,063
TRABAJO	28/04/2015	2	A	19,52	38,41	3,89	14,41	46,39	74,89			0,06	33,22	22,063
TRABAJO	28/04/2015	2	A	19,42	38,78	3,69	13,82	39,79	64,27			0,06	33,22	22,063
TRABAJO	28/04/2015	2	A	19,42	38,84	4,03	13,96	37,77	56,48			0,06	33,22	22,063
DÍA	28/04/2015	2	B	19,79	37,78	3,96	12,57	30,33	42,84			0,11	33,22	22,063
DÍA	28/04/2015	2	B	20,25	36,98	3,83	12,44	30,71	44,85	40	680	0,11	33,22	22,063
DÍA	28/04/2015	2	B	20,16	36,46	4,14	11,90	30,12	52,20			0,11	33,22	22,063
DÍA	28/04/2015	2	B	20,53	35,08	3,81	10,23	24,82	35,59	40	700	0,11	33,22	22,063
DÍA	28/04/2015	2	B	20,62	34,97	3,96	13,84	42,29	73,18			0,11	33,22	22,063
DÍA	28/04/2015	2	B	20,34	35,61	3,74	13,14	37,36	67,17			0,11	33,22	22,063
EXTERIOR	28/04/2015	2	C			2,88	7,66	17,99	24,84	50	760		33,70	21,08
EXTERIOR	28/04/2015	2	C			2,72	9,07	32,06	63,93	70	450		28,10	24,38
TRABAJO	05/05/2015	2	A	23,01	44,44	8,17	25,30	62,24	87,15	20	950	0,13	30,85	26,91
TRABAJO	05/05/2015	2	A	23,01	43,92	8,25	25,60	60,47	79,29	30	930	0,13	30,85	26,91
TRABAJO	05/05/2015	2	A	22,55	44,23	8,16	27,06	70,19	104,02			0,13	30,85	26,91
TRABAJO	05/05/2015	2	A	22,55	43,65	8,18	28,79	71,51	104,14			0,13	30,85	26,91
TRABAJO	05/05/2015	2	A	22,73	43,28	8,48	32,50	89,59	135,05			0,13	30,85	26,91
DÍA	05/05/2015	2	B	22,82	42,65	8,64	32,10	82,67	113,56			0,15	30,85	26,91
DÍA	05/05/2015	2	B	23,19	42,28	8,44	25,56	55,66	80,90	70	1340	0,15	30,85	26,91
DÍA	05/05/2015	2	B	23,28	41,69	8,50	30,32	78,27	128,95			0,15	30,85	26,91
DÍA	05/05/2015	2	B	23,56	41,22	8,09	25,02	55,07	79,87	130	1380	0,15	30,85	26,91
DÍA	05/05/2015	2	B	23,47	40,95	10,59	62,90	196,71	309,72			0,15	30,85	26,91
DÍA	05/05/2015	2	B	23,56	40,63	8,60	40,20	106,51	160,02			0,15	30,85	26,91
EXTERIOR	05/05/2015	2	C			7,59	25,88	62,03	96,62	110	1320		35,29	25,21
EXTERIOR	05/05/2015	2	C			22,03	194,77	859,30	1541,61	120	1530		31,22	26,68
TRABAJO	12/05/2015	2	A	23,65	47,99	31,80	212,04	729,41	1046,36	440	1140	0,13	41,82	26,11
TRABAJO	12/05/2015	2	A	22,82	50,16	25,97	129,99	373,84	503,93	470	980	0,13	41,82	26,11

ANEXO II

ZONA	Fecha	tipo vent	punto medio	Tª media INT	Hr media INT	PM 2,5 (ug/m ³)	PM 5,0 (ug/m ³)	PM 10,0 (ug/m ³)	TPM (ug/m ³)	Levaduras y Mohos	Viables	FLUJO INT	hr% EXT	Tª EXT
TRABAJO	12/05/2015	2	A	22,55	50,90	21,77	69,74	137,60	166,65			0,13	41,82	26,11
TRABAJO	12/05/2015	2	A	22,73	51,01	21,21	58,16	98,91	118,49			0,13	41,82	26,11
TRABAJO	12/05/2015	2	A	22,82	50,95	21,73	64,12	118,09	148,00			0,13	41,82	26,11
DÍA	12/05/2015	2	B	23,56	50,69	21,91	58,19	102,93	131,86			0,28	41,82	26,11
DÍA	12/05/2015	2	B	23,56	50,21	21,48	60,87	112,86	150,17	50	1010	0,28	41,82	26,11
DÍA	12/05/2015	2	B	24,02	50,00	23,92	94,43	225,71	326,87			0,28	41,82	26,11
DÍA	12/05/2015	2	B	24,11	49,52	23,27	100,93	272,09	444,38	70	690	0,28	41,82	26,11
DÍA	12/05/2015	2	B	24,02	49,89	19,07	59,27	119,89	163,62			0,28	41,82	26,11
DÍA	12/05/2015	2	B	24,11	48,89	16,62	48,06	89,96	121,06			0,28	41,82	26,11
EXTERIOR	12/05/2015	2	C			12,95	40,19	75,52	94,01	40	550		46,72	23,93
EXTERIOR	12/05/2015	2	C			15,85	44,84	80,36	102,87	90	1330		43,49	26,50
TRABAJO	19/05/2015	2	A	22,18	66,67	17,62	78,68	140,17	162,35	10	280	0,14	64,077	20,05
TRABAJO	19/05/2015	2	A	21,81	68,20	17,32	79,61	146,28	170,21	30	280	0,14	64,077	20,05
TRABAJO	19/05/2015	2	A	21,45	69,37	17,44	84,52	174,32	232,30			0,14	64,077	20,05
TRABAJO	19/05/2015	2	A	21,72	67,83	15,80	81,48	186,69	259,24			0,14	64,077	20,05
TRABAJO	19/05/2015	2	A	21,63	68,62	15,11	73,10	141,20	184,38			0,14	64,077	20,05
DÍA	19/05/2015	2	B	21,17	70,58	15,51	74,25	129,22	155,54			0,3	64,077	20,05
DÍA	19/05/2015	2	B	21,45	69,84	15,40	72,61	118,68	136,19	10	310	0,3	64,077	20,05
DÍA	19/05/2015	2	B	21,63	69,42	14,51	66,87	112,57	137,04			0,3	64,077	20,05
DÍA	19/05/2015	2	B	21,35	71,22	14,31	66,34	106,36	119,95	10	420	0,3	64,077	20,05
DÍA	19/05/2015	2	B	21,08	72,38	14,26	65,66	104,62	118,11			0,3	64,077	20,05
DÍA	19/05/2015	2	B	21,35	70,74	13,80	62,72	104,66	123,48			0,3	64,077	20,05
EXTERIOR	19/05/2015	2	C			12,93	58,51	95,35	112,21	10	380		74,44	20,16
EXTERIOR	19/05/2015	2	C			12,61	51,70	78,86	95,94	10	1120		77,46	19,70
TRABAJO	22/06/2015	3	A	27,97	51,22	4,28	7,29	12,98	20,81	0	670	0,076	48,1	27,84
TRABAJO	22/06/2015	3	A	27,97	51,48	4,45	10,24	31,17	68,69	20	450	0,076	48,1	27,84
TRABAJO	22/06/2015	3	A	27,69	51,96	4,58	11,70	33,45	62,38			0,076	48,1	27,84

ANEXO II

ZONA	Fecha	tipo vent	punto medio	Tª media INT	Hr media INT	PM 2,5 (ug/m ³)	PM 5,0 (ug/m ³)	PM 10,0 (ug/m ³)	TPM (ug/m ³)	Levaduras y Mohos	Viables	FLUJO INT	hr% EXT	Tª EXT
TRABAJO	22/06/2015	3	A	27,97	52,28	4,34	9,77	20,46	29,05			0,076	48,1	27,84
TRABAJO	22/06/2015	3	A	27,97	51,64	4,03	7,57	12,76	15,04			0,076	48,1	27,84
DÍA	22/06/2015	3	B	28,24	50,90	3,67	8,14	18,96	31,69			0,085	48,1	27,84
DÍA	22/06/2015	3	B	28,52	50,37	3,79	11,63	32,24	51,49	10	570	0,085	48,1	27,84
DÍA	22/06/2015	3	B	28,52	50,26	3,50	9,30	19,26	25,45			0,085	48,1	27,84
DÍA	22/06/2015	3	B	28,52	50,69	3,61	11,43	28,73	44,18	0	540	0,085	48,1	27,84
DÍA	22/06/2015	3	B	28,79	49,58	3,29	7,34	12,39	17,83			0,085	48,1	27,84
DÍA	22/06/2015	3	B	28,79	49,68	3,43	8,33	14,98	21,62			0,085	48,1	27,84
EXTERIOR	22/06/2015	3	C			9,40	27,69	36,91	41,26	80	490		57,46	25,67
EXTERIOR	22/06/2015	3	C			9,03	26,94	37,40	42,40	60	1010		47,99	28,89
TRABAJO	24/06/2015	3	A	27,69	49,05	2,52	6,73	16,27	24,43	0	30	0,07	47,08	27,25
TRABAJO	24/06/2015	3	A	28,15	48,04	2,57	6,28	13,21	18,65	0	110	0,07	47,08	27,25
TRABAJO	24/06/2015	3	A	28,24	47,94	2,60	7,33	14,12	19,34			0,07	47,08	27,25
TRABAJO	24/06/2015	3	A	28,15	47,99	2,58	6,66	12,12	16,36			0,07	47,08	27,25
TRABAJO	24/06/2015	3	A	28,24	47,62	2,66	6,96	13,20	18,31			0,07	47,08	27,25
DÍA	24/06/2015	3	B	28,61	46,72	2,33	6,32	12,15	15,63			0,09	47,08	27,25
DÍA	24/06/2015	3	B	28,89	46,19	2,48	8,04	16,62	24,67	0	30	0,09	47,08	27,25
DÍA	24/06/2015	3	B	28,79	46,67	2,50	8,27	19,51	28,43			0,09	47,08	27,25
DÍA	24/06/2015	3	B	28,79	46,83	2,96	13,91	36,17	60,75	0	30	0,09	47,08	27,25
DÍA	24/06/2015	3	B	29,07	45,98	3,07	13,62	33,21	49,64			0,09	47,08	27,25
DÍA	24/06/2015	3	B	29,07	46,14	3,02	11,82	26,18	39,78			0,09	47,08	27,25
EXTERIOR	24/06/2015	3	C			5,71	23,98	41,97	50,89	90	200		27,60	51,75
EXTERIOR	24/06/2015	3	C			5,29	17,39	25,46	28,40	120	440		26,96	53,49
TRABAJO	29/06/2015	3	A	29,25	61,38	4,86	8,97	18,19	27,11	90	390	0,08	56,35	28,61
TRABAJO	29/06/2015	3	A	29,71	60,26	5,33	12,93	26,70	35,51	80	480	0,08	56,35	28,61
TRABAJO	29/06/2015	3	A	29,90	61,75	5,46	13,68	26,76	34,92			0,08	56,35	28,61
TRABAJO	29/06/2015	3	A	29,90	60,90	5,44	14,40	25,97	32,82			0,08	56,35	28,61

ANEXO II

ZONA	Fecha	tipo vent	punto medio	Tª media INT	Hr media INT	PM 2,5 (ug/m ³)	PM 5,0 (ug/m ³)	PM 10,0 (ug/m ³)	TPM (ug/m ³)	Levaduras y Mohos	Viables	FLUJO INT	hr% EXT	Tª EXT
TRABAJO	29/06/2015	3	A	30,08	60,11	5,26	14,64	26,89	36,79			0,08	56,35	28,61
DÍA	29/06/2015	3	B	30,36	58,89	6,88	20,49	32,47	39,54			0,091	56,35	28,61
DÍA	29/06/2015	3	B	30,72	58,15	5,02	15,99	35,63	49,44	60	250	0,091	56,35	28,61
DÍA	29/06/2015	3	B	30,72	58,41	4,65	12,97	23,07	31,44			0,091	56,35	28,61
DÍA	29/06/2015	3	B	30,72	58,15	4,41	11,71	21,12	30,04	70	190	0,091	56,35	28,61
DÍA	29/06/2015	3	B	30,91	57,88	4,53	13,33	27,93	39,57			0,091	56,35	28,61
DÍA	29/06/2015	3	B	30,81	58,10	4,60	13,92	29,20	43,13			0,091	56,35	28,61
EXTERIOR	29/06/2015	3	C			8,01	29,78	64,79	88,39	0	150		27,78	66,40
EXTERIOR	29/06/2015	3	C			7,76	19,47	24,51	27,23	10	130		29,80	61,27
TRABAJO	01/07/2015	3	A	29,44	52,91	5,12	9,51	19,93	28,52	10	30	0,077	55,71	28,64
TRABAJO	01/07/2015	3	A	30,08	51,69	5,16	10,50	20,96	28,14	40	110	0,077	55,71	28,64
TRABAJO	01/07/2015	3	A	29,99	52,22	5,03	10,61	17,54	22,33			0,077	55,71	28,64
TRABAJO	01/07/2015	3	A	30,17	52,70	5,02	10,15	17,67	22,35			0,077	55,71	28,64
TRABAJO	01/07/2015	3	A	30,17	52,43	4,81	10,09	17,29	21,97			0,077	55,71	28,64
DÍA	01/07/2015	3	B	30,63	52,91	5,34	18,09	40,99	59,59			0,097	55,71	28,64
DÍA	01/07/2015	3	B	30,91	52,33	5,41	17,67	35,52	55,32	20	210	0,097	55,71	28,64
DÍA	01/07/2015	3	B	30,72	53,17	5,36	16,68	32,28	43,70			0,097	55,71	28,64
DÍA	01/07/2015	3	B	30,81	53,28	5,79	22,10	48,76	73,56	20	130	0,097	55,71	28,64
DÍA	01/07/2015	3	B	31,00	52,96	5,60	19,35	39,77	59,24			0,097	55,71	28,64
DÍA	01/07/2015	3	B	31,09	53,12	5,67	20,36	42,98	63,32			0,097	55,71	28,64
EXTERIOR	01/07/2015	3	C			11,56	32,10	44,86	52,36	40	90		29,90	64,50
EXTERIOR	01/07/2015	3	C			11,43	34,89	52,79	62,47	20	110		29,99	64,44
TRABAJO	06/07/2015	3	A	29,99	56,08	7,27	11,16	18,91	26,96	0	70	0,081	48,33	31,33
TRABAJO	06/07/2015	3	A	30,63	54,18	7,21	11,65	18,81	27,40	0	30	0,081	48,33	31,33
TRABAJO	06/07/2015	3	A	30,72	53,86	6,93	10,43	14,28	16,56			0,081	48,33	31,33
TRABAJO	06/07/2015	3	A	30,81	54,02	6,77	10,19	12,67	14,52			0,081	48,33	31,33
TRABAJO	06/07/2015	3	A	31,00	53,70	6,62	9,55	11,94	14,00			0,081	48,33	31,33

ANEXO II

ZONA	Fecha	tipo vent	punto medio	Tª media INT	Hr media INT	PM 2,5 (ug/m ³)	PM 5,0 (ug/m ³)	PM 10,0 (ug/m ³)	TPM (ug/m ³)	Levaduras y Mohos	Viables	FLUJO INT	hr% EXT	Tª EXT
DÍA	06/07/2015	3	B	31,46	53,12	6,14	10,76	18,47	27,28			0,101	48,33	31,33
DÍA	06/07/2015	3	B	31,73	52,38	6,06	10,29	16,26	21,92	10	30	0,101	48,33	31,33
DÍA	06/07/2015	3	B	31,64	52,59	5,80	8,91	12,26	14,32			0,101	48,33	31,33
DÍA	06/07/2015	3	B	31,55	52,70	5,85	9,14	13,50	19,59	0	90	0,101	48,33	31,33
DÍA	06/07/2015	3	B	31,92	52,33	5,97	11,86	23,15	36,53			0,101	48,33	31,33
DÍA	06/07/2015	3	B	31,92	52,43	6,01	11,50	20,44	32,08			0,101	48,33	31,33
EXTERIOR	06/07/2015	3	C			20,47	45,31	61,97	71,43	10	160		29,71	60,37
EXTERIOR	06/07/2015	3	C			19,12	41,19	51,70	56,70	20	190		32,19	53,07



