

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES
Departamento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica



TESIS DOCTORAL

CALIDAD *del* AIRE INTERIOR (IAQ)
en las EDIFICACIONES HOSPITALARIAS

MARÍA TERESA VAQUERO DE LA HOZ

Valladolid, 2011

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

Memoria presentada por:

María Teresa Vaquero de la Hoz

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Departamento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica

DEDICATORIA

A mi hijo, por su indescriptible aportación a mi vida, ahora plena de intensos sentimientos.

También...

A mi marido, por su indudable paciencia.

A mi padre, por su valioso apoyo.

A mi madre, por su ejemplar entereza.

A mi hermano, por su afectuoso ánimo.

Y por último...

A aquellas personas que llevo en mi recuerdo.

“Quiero que mis edificios sean un paradigma de la arquitectura comprometida, donde confluyan el uso sensato de los materiales y recursos, la inteligencia ingenieril y la lógica del diseño. La belleza debe basarse en la inteligencia de la actuación.”

Patxi Mangado

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a mis Directores de Tesis, los Profesores de la Universidad de Valladolid D. Francisco Javier Rey Martínez y D. Eloy Velasco Gómez, por la orientación, dedicación y atención prestada, pero también,

A D. Miguel Ángel Sanz Salinero, de Inteinco, a la vez amigo y experto en la materia.

A diversos miembros del Hospital Universitario “Río-Hortega”, de Valladolid, por las facilidades dadas, especialmente:

A D. Luis Martín Gil, Jefe del Servicio de Mantenimiento, y a D. William César Santos Porras, Ingeniero Técnico de dicho Servicio;

A la especialista en microbiología, Dra. Amelia Gómez Nieto;

A las enfermeras higienistas Dña. Isabel Cuadrado Sáez y María del Rosario Mayo Cabrera, y

Al Director Gerente, Dr. Eduardo García Prieto.

Al Dr. Vicente Domínguez Hernández, D. Paulino Pastor Pérez y la Dra. Gloria Cruceta, colaboradores de AENOR, por la información ofrecida desde alejados puntos de la geografía española.

A la Consejería de Sanidad de la Junta de Castilla y León, por el beneficio de la acogida en su ámbito institucional y el soporte dado a esta y otras investigaciones.

Entendiendo y habiendo aprendido que en los tiempos actuales el investigador necesita para producir todo un contexto de apoyo y que su misión es extraer habilidad y conocimiento que retornar al desarrollo social.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I. RESUMEN.....	41
1. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	43
2. RESUMEN.....	46
<hr/>	
CAPÍTULO II. OBJETIVOS	51
1. OBJETIVO GENERAL.....	54
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	54
<hr/>	
CAPÍTULO III. INTRODUCCIÓN.....	57
APARTADO 1: EL HOSPITAL COMO UN ESPACIO CRÍTICO.	59
III.1.A. PERSPECTIVA HISTÓRICA: LA INFECCIÓN EN EL	
HOSPITAL.....	59
1. LOS HOSPITALES MEDIEVALES: HOSPITALES Y ENFERMERÍAS BAJO LA	
INSPIRACIÓN RELIGIOSA.	59
2. EL RENACIMIENTO Y EL HOSPITAL “CRUCIFORME”	65
3. EL DEBATE SOBRE LOS HOSPITALES Y SUS CONDICIONES	
HIGIÉNICAS EN LA ÉPOCA DE LA ILUSTRACIÓN.	70
4. EL HOSPITAL DECIMONÓNICO EN EL PROCESO DE RACIONALIZACIÓN	
CIENTÍFICA.....	74
5. EL HOSPITAL VERTICAL EN EL SIGLO XX.....	83
III.1.B. TENDENCIAS HACIA UNA NUEVA TIPOLOGÍA	
HOSPITALARIA.	88
APARTADO 2: CALIDAD DEL AIRE INTERIOR Y SUS FACTORES	
REGULADORES.	100
III.2.A. CALIDAD DEL AIRE INTERIOR, IAQ Y VENTILACIÓN.....	100
1. APUNTE HISTÓRICO.....	100
2. APROXIMACIÓN CONCEPTUAL.	102
3. COMPONENTES DEL MEDIO INTERNO.....	104
4. ELEMENTOS FÍSICOS DEL AMBIENTE.....	105
4.1. LUZ E ILUMINACIÓN.....	105
4.2. SONIDO.	108
5. CONTAMINACIÓN EN EL AMBIENTE INTERNO.....	110

5.1. ACCESO DE LOS CONTAMINANTES AÉREOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS AL ORGANISMO HUMANO.....	112
6. FUENTES Y TIPOS DE CONTAMINACIÓN QUÍMICA EN EL AIRE INTERIOR.....	113
6.1. CONTAMINANTES DE ORIGEN INTERIOR.....	113
6.2. CONTAMINACIÓN DEL AIRE INTERIOR DESDE FUENTES EXTERIORES.	118
7. OLORES.....	123
8. CONTAMINACIÓN BIOLÓGICA.	125
9. ENFERMEDADES RELACIONADAS CON EL EDIFICIO (ERE).....	128
9.1. SÍNDROME DEL EDIFICIO ENFERMO (SEE).....	130
9.2. SENSIBILIDAD MÚLTIPLE (SQM).	132
III.2.B. EL CONFORT TÉRMICO Y LAS CONDICIONES TERMOHIGROTÉRMICAS DEL AMBIENTE INTERIOR.....	133
1. EL CONFORT TÉRMICO Y EL EQUILIBRIO TERMOHIGROMETRICO.	133
2. PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES: TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA Y VELOCIDAD DEL AIRE.	136
2.1. TEMPERATURA DEL AIRE.	137
2.2. RADIACIÓN TÉRMICA.	137
2.3. HUMEDAD RELATIVA.....	137
2.4. MOVIMIENTO DEL AIRE.	139
3. ÍNDICES TÉRMICOS AMBIENTALES.....	140
3.1. TEMPERATURA OPERATIVA, t_o	141
3.2. TEMPERATURA EQUIVALENTE.....	142
3.3. TEMPERATURA EFICAZ O EFECTIVA, t_e	142
4. ÍNDICES BASADOS EN ESCALAS DE SENSACIONES TÉRMICAS.	144
4.1. VOTO MEDIO PREVISTO (VMP) O PREDICTED MEAN VOTE (PMV).	144
4.2. PORCENTAJE DE PERSONAS INSATISFECHAS (PPI) O PREDICTED PERCENTAGE OF DISSACTIFIED (PPD).....	145
4.3. MALESTAR TÉRMICO LOCAL.....	146
4.4. INTENSIDAD DE TURBULENCIA, Tu	148
5. RELACIONES ENTRE MICROCLIMA Y CONTAMINACIÓN.	149
III.2.C. VENTILACIÓN Y CLIMATIZACIÓN DE INTERIORES.....	150
1. VENTILACIÓN NATURAL Y VENTILACIÓN FORZADA.....	150
2. MECANISMO DE LA VENTILACIÓN NATURAL.....	151
2.1. EFECTO DEL VIENTO SOBRE LOS CERRAMIENTOS DEL EDIFICIO.....	151
2.2. FLUJOS DE AIRE A TRAVÉS DEL EDIFICIO.....	152
3. LA VENTILACIÓN FORZADA Y SUS MODOS Y TIPOS.....	153
3.1. SÓLO EXTRACCIÓN DEL AIRE INTERIOR.	153

3.2. SÓLO IMPULSIÓN DE AIRE DEL EXTERIOR.....	154
3.3. COMBINACIÓN DE IMPULSIÓN Y EXTRACCIÓN.	155
4. LOS VENTILADORES.	157
5. CÁLCULOS INDICATIVOS D LA VENTILACIÓN.....	158
5.1. CAUDAL DE AIRE.....	158
5.2. RENOVACIONES DEL AIRE POR HORA.	160
5.3. EDAD DEL AIRE.	160
5.4. EFICACIA DE LA VENTILACIÓN.	160
6. INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN, REFRIGERACIÓN Y VENTILACIÓN.....	162
6.1. SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN.	162
6.2. SISTEMAS TODO AIRE Y MIXTOS.	165
6.3. SISTEMAS DE CAUDAL CONSTANTE Y DE CAUDAL VARIABLE.	167
6.4. DIFUSORES.....	170
6.5. FILTROS.	171
6.6. RECUPERACIÓN DE ENERGÍA.	173
7. EFECTOS DE LA VENTLIACIÓN INADECUADA.	174
III.2.D. DIRECTRICES Y NORMATIVA SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR.	175
1. GUÍAS TÉCNICAS SOBRE IAQ Y VENTILACIÓN DE AGENCIAS PROFESIONALES.	176
1.1. ASHRAE.	176
1.2. AIA.....	177
1.3. VDI.....	178
1.4. NORMAS DEL CONTEXTO LABORAL.	178
2. NORMAS TÉCNICAS UNE, EN E ISO.	178
2.1. EL PROCESO DE NORMALIZACIÓN.....	178
2.2. PRINCIPALES NORMAS UNE, EN E ISO.	180
3. NORMAS DE VENTILACIÓN.....	187
3.1. ESTÁNDAR ASHRAE 62-2004.....	187
3.2. NORMA EUROPEA CEN (1752).	189
4. LEGISLACIÓN ESPAÑOLA.....	192
4.1. CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE).	192
4.2. REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN EDIFICIOS (RITE).	193
5. PROGRAMA DE CERTIFICACIÓN AMBIENTAL DE CALIDAD AMBIENTAL EN INTERIORES.	196
APARTADO 3: CALIDAD DEL AIRE INTERIOR Y ÁREAS CRÍTICAS DE LOS HOSPITALES.	198
III.3.A. CONFIGURACIÓN DE LAS ÁREAS CRÍTICAS DE LOS HOSPITALES.....	198

1. EL RIESGO INFECCIOSO POR CONTAMINACIÓN AÉREA.	199
1.1. CLASIFICACIÓN DE LAS ÁREAS HOSPITALARIAS.....	203
2. EL BLOQUE QUIRÚRGICO Y LAS SALAS QUIRÚGICAS.....	206
2.1. DISEÑO DEL BLOQUE QUIRÚRGICO.....	206
2.2. LA VENTILACIÓN DE LOS QUIRÓFANOS Y SU RELACIÓN CON EL RIESGO INFECCIOSO.	214
3. UNIDADES DE INGRESO DE ENFERMOS CRÍTICOS.	216
III.3.B. RECOMENDACIONES Y NORMAS APLICABLES A LOS HOSPITALES.	222
1. DOCUMENTOS DE BASE HIGIÉNICO - SANITARIA.....	222
1.1. CDC Y US DEPARTAMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES (ESTADOS UNIDOS).....	222
1.2. APIC RECOMMENDATIONS (ESTADOS UNIDOS).	223
1.3. GUÍAS CANADIENSES.	223
1.4. GUÍAS SANITARIAS EUROPEAS.....	223
1.5. GUÍAS SANITARIAS DE OTROS PAÍSES.	224
1.6. GUÍAS SANITARIAS EN ESPAÑA.	224
2. CRITERIOS SOBRE LA PUREZA DEL AIRE EN ÁREAS LIMPIAS.	225
2.1. CRITERIOS DE LA NORMA UNE EN 14644.....	225
2.2. OTROS CRITERIOS SOBRE LA PUREZA DEL AIRE INTERIOR.	228
2.3. CRITERIOS Y CONTROLES MICROBIOLÓGICOS.....	229
3. CRITERIOS PARA HOSPITALES.	230
3.1. FILTRACIÓN DE AIRE.	231
3.2. PROCEDENCIA DEL AIRE Y CAUDALES DE AIRE IMPULSADO.....	233
3.3. CIRCULACIÓN DE AIRE ENTRE LOCALES.	234
3.4. ESCLUSAS.....	235
III.3.C. CRITERIOS ESPECÍFICOS PARA LAS ÁREAS CRÍTICAS DE LOS HOSPITALES.....	240
1. CRITERIOS GENERALES.	240
1.1. FILTRACIÓN DEL AIRE.	244
1.2. EQUIPO DE EXTRACCIÓN.....	245
2. HABITACIONES DE PACIENTES INGRESADOS.	247
2.1. PRECAUCIONES ANTE PACIENTES AFECTADOS DE INFECCIONES DE TRANSMISIÓN AÉREA: EL AISLAMIENTO RESPIRATORIO.	248
2.2. AMBIENTE PROTECTOR DE ENFERMOS ESPECIALMENTE INMUNODEFICIENTES: "PROTECTIVE ENVIRONMENT".....	249
3. QUIRÓFANOS.....	253
3.1. CLASIFICACIÓN.....	254
3.2. CONDICIONES GENERALES DE VENTILACIÓN.	256
3.3. DIRECCIÓN DEL FLUJO Y PRESIÓN DEL AIRE.	258

3.4. PARÁMETROS FÍSICOS DEL AIRE	259
3.5. PUREZA DEL AIRE.	262
3.6. FILTRADO DEL AIRE.....	262
3.7. SISTEMAS DE REGULACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	263
3.8. CERTIFICACIÓN Y RECEPCIÓN DE UN QUIRÓFANO.....	265

CAPÍTULO IV. ESTUDIO EXPERIMENTAL, METODOLOGÍA

Y MATERIAL	269
IV.A. ÁMBITO OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN.....	271
1. PLANEAMIENTO GENERAL.....	271
2. ANTIGUO EDIFICIO HOSPITALARIO.....	274
2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	274
2.2. DOTACIONES EN EL MOMENTO DE ESTUDIO.....	275
2.3. CLIMATIZACIÓN.....	276
3. NUEVO EDIFICIO HOSPITALARIO.....	277
3.1. ANTECEDENTES: DESARROLLO DEL PROYECTO.....	277
3.2. DOTACIONES EN EL MOMENTO DE ESTUDIO.....	278
3.3. CLIMATIZACIÓN.....	279
IV.B. SELECCIÓN DE ÁREAS DE ESTUDIO.....	295
1. RECINTOS ESTUDIADOS EN EL ANITGUO EDIFICIO.....	297
1.1. QUIRÓFANOS.....	297
1.2. T.A.M.O.....	298
1.3. T.O.H.....	298
1.4. U.V.I.....	298
1.5. OTRAS ÁREAS.....	299
2. RECINTOS ESTUDIADOS EN EL NUEVO EDIFICIO.....	299
2.1. QUIRÓFANOS.....	299
2.2. T.A.M.O.....	299
2.3. T.O.H.....	299
2.4. U.V.I.....	300
2.5. OTRAS ÁREAS.....	300
IV.C. PROGRAMACIÓN DE LOS MUESTREOS COMPARATIVOS.....	301
1. MUESTREOS TRANSVERSALES.....	301
2. SEGUIMIENTO DE RESULTADOS DE BIOSEGURIDAD AMBIENTAL.....	302
IV.D. MEDICIÓN DE LOS COMPONENTES FÍSICOS Y QUÍMICOS DE	
LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR.....	304
1. MEDICIÓN CONTINUA DE INDICADORES TERMOHIGROMÉTRCIOS.....	307

2. MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE VENTILACIÓN.....	312
3. MEDICIÓN DE PARTÍCULAS.....	313
4. MEDICIÓN DE CONTAMINANTES QUÍMICOS.....	314
5. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DE LA CLASE DE REFERENCIA.	316
6. PRESENTACIÓN Y RECOLECCIÓN DE LOS DATOS.	318
IV.E. MUESTREO Y ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AIRE.....	321
1. MÉTODOS GENERALES DE MUESTREO MICROBIANO DEL AIRE. BIOCOLECTORES.	321
1.1. FENÓMENOS QUE INFLUYEN NEGATIVAMENTE EN LOS RESULTADOS DEL MUESTREO.....	323
2. MÉTODOS DE ENSAYO DE LOS CONTROLES MICROBIOLÓGICOS PROPUESTOS EN EL PROYECTO DE NORMA AENOR.	324
2.1. EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS.....	325
3. PLAN DE MUESTREO.	327
4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.	329
5. REALIZACIÓN DEL ESTUDIO DE MICROBIOLOGÍA AMBIENTAL.....	331
IV.F. CUANTIFICACIÓN Y MODELO DE UBICACIÓN DE LAS ÁREAS CRÍTICAS PARA INGRESO DE PACIENTES, SEGÚN REQUERIMIENTOS ESPECIALES DE IAQ.....	337
1. CÁLCULO DE NECESIDADES DE ESPACIOS PARA INGRESO.....	337
2. REQUERIMIENTOS AMBIENTALES ESPECIALES TIPIFICADOS PARA PACIENTES INGRESADOS.	343
2.1. PRECAUCIONES Y ASLAMIENTO ANTE FUENTES INFECCIOSAS.....	343
2.2. REQUISITOS DEL AMBIENTE PROTECTOR.....	345
3. PROSPECCIÓN SOBRE EL MODELO HOSPITALARIO, INCORPORANDO A LAS NECESIDADES ESPECÍFICAS DE IAQ CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD.	345
<hr/>	
CAPÍTULO V. RESULTADOS.....	349
APARTADO 1: PARÁMETROS TERMOHIGROMÉTRICOS Y DE CONFORT.....	351
V.1.A. QUIRÓFANOS.....	352
1. ANTIGUO HOSPITAL.....	352
1.1. QUIRÓFANO Q1 (TOH).	353
1.2. QUIRÓFANO Q4 (TRAUMATOLOGÍA).	355
1.3. QUIRÓFANO Q10 (NEUROCIRUGÍA).....	357
2. NUEVO HOSPITAL.....	359
2.1. QUIRÓFANO N4 (TOH).	360
2.2. QUIRÓFANO N10 (NEUROCIRUGÍA).....	362

2.3. QUIRÓFANO N12 (TRAUMATOLOGÍA).....	364
V.1.B. TRASPLANTADOS DE MÉDULA ÓSEA (T.A.M.O.).....	366
1. ANTIGUO HOSPITAL.....	366
1.1. HABITACIÓN H514.....	367
1.2. HABITACIÓN H516.....	369
1.3. HABITACIÓN H518.....	371
1.3. HABITACIÓN H520.....	373
2. NUEVO HOSPITAL.....	375
2.1. HABITACIÓN H5001.....	376
2.2. HABITACIÓN H5002.....	378
2.3. HABITACIÓN H5004.....	380
2.4. HABITACIÓN H5006.....	382
V.1.C. TRASPLANTADOS HEPÁTICOS (T.O.H.).....	384
1. ANTIGUO HOSPITAL.....	384
1.1. CONTROL DE ENFERMERÍA, TOH-A.....	385
1.2. HABITACIÓN H229.....	387
1.3. HABITACIÓN H233.....	389
2. NUEVO HOSPITAL.....	391
2.1. CONTROL DE ENFERMERÍA, TOH-N.....	392
2.2. HABITACIÓN H2205.....	394
2.3. HABITACIÓN H2206.....	396
V.1.D. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (U.V.I.).....	398
1. ANTIGUO HOSPITAL.....	398
1.1. CONTROL DE ENFERMERÍA, UVI-A.....	399
1.2. BOX 1.....	401
1.3. BOX 8.....	403
2. NUEVO HOSPITAL.....	405
2.1. CONTROL DE ENFERMERÍA, UVI-N.....	406
2.2. BOX 21.....	408
2.3. BOX 22.....	410
V.1.E. ZONAS NO CRÍTICAS.....	412
1. ANTIGUO HOSPITAL.....	412
1.1. URGENCIAS, URG-A.....	413
1.2. DESPACHO, DES-A.....	415
2. NUEVO HOSPITAL.....	417
2.1. URGENCIAS, URG-N.....	418
2.2. DESPACHO, DES-N.....	420
V.1.F. TABLAS COMPARATIVAS DE LOS RECINTOS DEL ANTIGUO Y NUEVO HOSPITAL.....	422

1. TABLAS COMPARATIVAS POR ZONAS O RECINTOS.	422
1.1. QUIRÓFANOS.	423
1.2. TRASPLANTADOS DE MÉDULA ÓSEA (T.A.M.O.)	424
1.3. TRASPLANTADOS HEPÁTICOS (T.O.H.)	425
1.4. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (U.V.I.)	426
1.4. ZONAS NO CRÍTICAS.	427
2. TABLAS COMPARATIVAS POR HOSPITALES.	428
2.1. ANTIGUO HOSPITAL	429
2.2. NUEVO HOSPITAL	430
APARTADO 2: CONTAMINANTES QUÍMICOS.	431
V.2.A. MONÓXIDO DE CARBONO.	431
1. QUIRÓFANOS.	432
1.1. ANTIGUO HOSPITAL	432
1.2. NUEVO HOSPITAL	433
2. TRASPLANTADOS DE MÉDULA ÓSEA (T.A.M.O.)	434
2.1. ANTIGUO HOSPITAL	434
2.2. NUEVO HOSPITAL	435
3. TRASPLANTADOS HEPÁTICOS (T.O.H.)	436
3.1. ANTIGUO HOSPITAL	436
3.2. NUEVO HOSPITAL	437
4. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (U.V.I.)	438
4.1. ANTIGUO HOSPITAL	438
4.2. NUEVO HOSPITAL	439
5. ZONAS NO CRÍTICAS	440
5.1. ANTIGUO HOSPITAL	440
5.2. NUEVO HOSPITAL	441
6. TABLAS COMPARATIVAS POR ZONAS O RECINTOS.	442
6.1. QUIRÓFANOS.	442
6.2. TRASPLANTADOS DE MÉDULA ÓSEA (T.A.M.O.)	442
6.3. TRASPLANTADOS HEPÁTICOS (T.O.H.)	442
6.4. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (U.V.I.)	443
6.5. ZONAS NO CRÍTICAS.	443
7. COMPARACIÓN POR HOSPITALES.	444
V.2.B. DIÓXIDO DE CARBONO	446
1. QUIRÓFANOS.	447
1.1. ANTIGUO HOSPITAL	447
1.2. NUEVO HOSPITAL	447
2. TRASPLANTADOS DE MÉDULA ÓSEA (T.A.M.O.)	448
2.1. ANTIGUO HOSPITAL	448
2.2. NUEVO HOSPITAL	448

3. TRASPLANTADOS HEPÁTICOS (T.O.H.)	449
3.1. ANTIGUO HOSPITAL.....	449
3.2. NUEVO HOSPITAL.....	449
4. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (U.V.I.)	450
4.1. ANTIGUO HOSPITAL.....	450
4.2. NUEVO HOSPITAL.....	450
5. ZONAS NO CRÍTICAS	451
5.1. ANTIGUO HOSPITAL.....	451
5.2. NUEVO HOSPITAL.....	451
6. COMPARACIÓN DE RESULTADOS	452
V.2.C. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES	453
1. ANTIGUO HOSPITAL	453
2. NUEVO HOSPITAL	453
2.1. QUIRÓFANOS.....	454
2.2. TRASPLANTADOS DE MÉDULA ÓSEA (T.A.M.O.).....	455
2.3. TRASPLANTADOS HEPÁTICOS (T.O.H.).....	456
2.4. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (U.V.I.).....	457
2.5. ZONAS NO CRÍTICAS.....	458
APARTADO 3: PARÁMETROS DE VENTILACIÓN	459
V.3.A. EFICACIA DE VENTILACIÓN	459
1. QUIRÓFANOS.....	460
2. TRASPLANTADOS DE MÉDULA ÓSEA (T.A.M.O.).....	460
3. TRASPLANTADOS HEPÁTICOS (T.O.H.).....	461
4. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (U.V.I.).....	461
5. ZONAS NO CRÍTICAS.....	462
6. TABLAS COMPARATIVAS.....	462
V.3.B. CAUDALES Y RENOVACIONES DE AIRE	463
1. QUIRÓFANOS.....	464
1.1. ANTIGUO HOSPITAL.....	464
1.2. NUEVO HOSPITAL.....	464
2. TRASPLANTADOS DE MÉDULA ÓSEA (T.A.M.O.).....	465
2.1. ANTIGUO HOSPITAL.....	465
2.2. NUEVO HOSPITAL.....	465
3. TRASPLANTADOS HEPÁTICOS (T.O.H.).....	466
3.1. ANTIGUO HOSPITAL.....	466
3.2. NUEVO HOSPITAL.....	466
4. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (U.V.I.).....	467
4.1. ANTIGUO HOSPITAL.....	467
4.2. NUEVO HOSPITAL.....	467
5. ZONAS NO CRÍTICAS.....	468

5.1. ANTIGUO HOSPITAL.....	468
5.2. NUEVO HOSPITAL.....	468
V.3.C. DIFERENCIAS DE PRESIÓN.....	469
1. ÁREAS CON ESCLUSA.....	469
2. ÁREAS SIN ESCLUSA.....	469
APARTADO 4: RESULTADOS DE PARTÍCULAS.	470
1. QUIRÓFANOS.....	471
1.1. ANTIGUO HOSPITAL.....	471
1.2. NUEVO HOSPITAL.....	471
2. TRASPLANTADOS DE MÉDULA ÓSEA (T.A.M.O.).....	472
2.1. ANTIGUO HOSPITAL.....	472
2.2. NUEVO HOSPITAL.....	472
3. TRASPLANTADOS HEPÁTICOS (T.O.H.).....	473
3.1. ANTIGUO HOSPITAL.....	473
3.2. NUEVO HOSPITAL.....	473
4. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (U.V.I.).....	474
4.1. ANTIGUO HOSPITAL.....	474
4.2. NUEVO HOSPITAL.....	474
5. ZONAS NO CRÍTICAS.....	475
5.1. ANTIGUO HOSPITAL.....	475
5.2. NUEVO HOSPITAL.....	475
6. COMPARACIÓN DE PROMEDIOS ENTRE RECINTOS EQUIVALENTES DEL ANTIGUO Y NUEVO HOSPITAL.....	476
7. FARMACIA DEL NUEVO HOSPITAL.....	477
APARTADO 5: ESTUDIO TRANSVERSAL DE CONTAMINACIÓN MICROBIANA.....	478
V.5.A. RESULTADOS DE BIOSEGURIDAD AMBIENTAL (HONGOS OPORTUNISTAS) EN MUESTREO SIMULTÁNEO AL DE PARÁMATROS FÍSICOS Y QUÍMICOS.....	478
1. QUIRÓFANOS.....	479
2. TRASPLANTADOS DE MÉDULA ÓSEA (T.A.M.O.).....	480
3. TRASPLANTADOS HEPÁTICOS (T.O.H.).....	481
4. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (U.V.I.).....	481
5. ZONAS NO CRÍTICAS.....	482
6. TABLAS COMPARATIVAS DE LOS RECINTOS DEL ANTIGUO Y NUEVO HOSPITAL.....	483

V.5.B. CONTAMINACIÓN MICROBIANA POR HONGOS EN RELACIÓN CON LA CONCENTRACIÓN DE MACROPARTÍCULAS EN EL AIRE.....	486
APARTADO 6: CONTAMINACIÓN MICROBIANA ESTUDIADA POR LA BIOSEGURIDAD AMBIENTAL A LO LARGO DEL TIEMPO.	488
1. ÁMBITO Y PERIODO DE ESTUDIO.....	488
2. RESULTADOS DEL ANTIGUO HOSPITAL.	489
3. RESULTADOS DEL NUEVO HOSPITAL.	493
4. COMPARACIÓN SEGÚN LAS ÁREAS CRÍTICAS.	493
APARTADO 7: MODELO DE EDIFICACIÓN HOSPITALARIA SOSTENIBLE Y ACORDE CON REQUISITOS ESPECIALES DE IAQ.....	499
V.7.A. ¿PARA QUÉ TIPO DE PACIENTES INGRESADOS HAY QUE CONCEBIR EL ESPACIO HOSPITALARIO?.....	500
1. MUESTRA DE PACIENTES INGRESADOS	500
2. EDAD DE LOS PACIENTES: LA DOTACIÓN REQUERIDA DE CAMAS PEDIÁTRICAS Y GERIÁTRICAS.	500
3. UBICACIÓN DE LOS PACIENTES SEGÚN ÁMBIENTES CLÍNICOS.....	502
4. LA SITUACIÓN CLÍNICA: APROXIMACIÓN AL RIESGO DE TRANSMISIÓN DE INFECCIONES A PARTIR DE OTROS PACIENTES.	506
5. LA SITUACIÓN CLÍNICA: APROXIMACIÓN AL RIESGO DE CONTRAER ALGUNA INFECCIÓN.....	509
6. LA INSTRUMENTACIÓN DE PACIENTE: APROXIMACIÓN A OTRA FORMA DE RIESGO DE CONTRAER INFECCIÓN.	511
V.7.B. ¿CÓMO TRASLADAR LAS NECESIDADES DE LOS PACIENTES A LA EDIFICACIÓN HOSPITALARIA ATENDIENDO A LA CALIDAD DEL MEDIO INTERNO?	515
1. DISPOSICIÓN DEL CONJUNTO HOSPITALARIO	517
2. DISPOSICIÓN PARA INGRESO U HOSPITALIZACIÓN	518
3. OTROS EDIFICIOS O PABELLONES	522
3.1. EDIFICIOS DE SERVICIOS DIAGNÓSTICOS.	522
3.2. EDIFICIO-BLOQUE QUIRÚRGICO Y DE TRATAMIENTOS INTERVENCIONISTAS.....	523
3.3. BLOQUE DE URGENCIAS.	523
3.4. BLOQUE DE HOSTELERÍA.....	523
3.5. BLOQUE ADMINISTRATIVO.....	523
3.6. BLOQUE DE DOCENCIA, INVESTIGACIÓN Y OPERATIVO TÉCNICO.	524

3.7. CENTRAL TÉRMICA Y DE ACONDICIONAMIENTO CLIMÁTICO.....	524
3.8. CONSULTAS EXTERNAS Y REHABILITACIÓN.....	524
V.7.C. UNA PROPUESTA DE MODELO ATENDIENDO A LAS CONDICIONES INTERIORES AMBIENTALES Y DE SOSTENIBILIDAD	527
1. BOCETO GENERAL.....	527
2. EDIFICIO-PABELLONES DE PACIENTES INGRESADOS.....	528
3. UNIDADES DE ENFERMERÍA.....	531
4. LA HABITACIÓN MODELO	532
<hr/>	
CAPÍTULO VI. ANÁLISIS GENERAL Y COMENTARIOS.....	537
<hr/>	
CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES.....	561
<hr/>	
CAPÍTULO VIII. ESTUDIOS FUTUROS SOBRE LA MATERIA.....	567
1. APLICACIÓN DE LAS NUEVAS EXIGENCIAS NORMATIVAS Y EVALUACIÓN CON ARREGLO A LAS MISMAS.....	569
2. INVESTIGACIÓN SOBRE PROPUESTAS QUE, ADEMÁS DE HIGIÉNICAS, SEAN SOSTENIBLES.	570
3. SANEAMIENTO DEL MEDIO HOSPITALARIO EXISTENTE.....	571
<hr/>	
BIBLIOGRAFÍA.....	573
<hr/>	
ANEXOS. DOCUMENTACIÓN GRÁFICA.....	607
ANEXO A. ANTIGUO HURH.....	609
A.1. DOCUMENTACIÓN GENERAL DEL EDIFICIO.....	610
1. EMPLAZAMIENTO.....	610
2. VISTAS EXTERIORES.....	611
3. PLANTAS GENERALES DE LAS ZONAS DE ESTUDIO.....	613
A.2. QUIRÓFANOS.....	616
1. QUIRÓFANO 1.....	620
2. QUIRÓFANO 4.....	622

3. QUIRÓFANO 10.....	624
A.3. TRASPLANTADOS DE MÉDULA ÓSEA (T.A.M.O.).....	626
1. HABITACIÓN 514.....	628
2. HABITACIÓN 516.....	629
3. HABITACIÓN 518.....	630
4. HABITACIÓN 520.....	631
A.4. TRASPLANTADOS HEPÁTICOS (T.O.H.).....	632
1. CONTROL DE ENFERMERÍA.....	633
2. HABITACIÓN 229.....	634
3. HABITACIÓN 233.....	635
A.5. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (U.V.I.).....	636
1. CONTROL DE ENFERMERÍA.....	639
2. BOX 1.....	640
3. BOX 8.....	641
A.6. ZONAS NO CRÍTICAS.....	642
1. URGENCIAS.....	643
2. DESPACHO.....	644
ANEXO B. NUEVO HURH.....	645
B.1. DOCUMENTACIÓN GENERAL DEL EDIFICIO.....	646
1. EMPLAZAMIENTO.....	646
2. VISTAS EXTERIORES.....	647
3. PLANTAS GENERALES DE LAS ZONAS DE ESTUDIO.....	649
4. VISTAS INTERIORES.....	651
5. INSTALACIONES.....	652
B.2. QUIRÓFANOS.....	654
1. QUIRÓFANO 4.....	655
2. QUIRÓFANO 10.....	656
3. QUIRÓFANO 12.....	657
4. IMÁGENES DE LOS QUIRÓFANOS.....	658
B.3. TRASPLANTADOS DE MÉDULA ÓSEA (T.A.M.O.).....	660
1. HABITACIÓN 5001.....	661
2. HABITACIÓN 5002.....	662
3. HABITACIÓN 5004.....	663
4. HABITACIÓN 5006.....	664
5. IMÁGENES DE T.A.M.O.....	665
B.4. TRASPLANTADOS HEPÁTICOS (T.O.H.).....	666
1. CONTROL DE ENFERMERÍA.....	667
2. HABITACIÓN 2205.....	668
3. HABITACIÓN 2206.....	669

B.5. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (U.V.I.).....	670
1. CONTROL DE ENFERMERÍA.....	671
2. BOX 21.....	672
3. BOX 22.....	673
B.6. ZONAS NO CRÍTICAS.....	674
1. URGENCIAS.....	675
2. DESPACHO.....	675
3. IMÁGENES DE URGENCIAS.....	676
B.7. FARMACIA.....	678
ANEXO C. ANTIGUO Y NUEVO HOSPITAL: UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y URBANÍSTICA.....	679
C.1. LOCALIZACIÓN: VALLADOLID.....	680
1. SITUACIÓN Y UBICACIÓN CONCRETA.....	681
2. COMPARATIVA DIMENSIONAL EN PLANTA.....	682
ANEXO D: MODELO HOSPITALARIO.....	683
D.1. ESQUEMA GENERAL – CONSTRUCCIÓN MODULAR: LOS PABELLONES.....	684
D.2. ESTUDIO DE DETALLE – PABELLONES DE INGRESOS: IAQ O CAI ESPECÍFICA.....	685
D.3. HABITACIÓN TIPO – CREACIÓN DEL MÓDULO TIPO: ESTANDARIZACIÓN.....	686
D.4. EJEMPLO DE UNA COMPOSICIÓN DE PLANTA TIPO: SOSTENIBILIDAD.....	687

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA III.1. Hospital de los Inocentes de Florencia (Italia) de Filippo Brunelleschi. Logia exterior.	67
FIGURA III.2. Hospital de la Charité del siglo XVII en Paris (Francia). Perspectiva exterior.....	68
FIGURA III.3. Hospital de la Charité del siglo XVII en Paris (Francia). Interior de la sala.....	68
FIGURA III.4. Royal Naval Hospital (Inglaterra). Vista de los pabellones independientes.....	79
FIGURA III.5. Medical Center de Nueva York (EE.UU.). Vista exterior.....	84
FIGURA III.6. Hospital de Beaujon en Paris-Clichy (Francia). Plano de la planta de medicina.....	85
FIGURA III.7. Hospital de Beaujon en Paris-Clichy (Francia). Sección transversal.....	85
FIGURA III.8. Evolución funcional del hospital.....	88
FIGURA III.9. Hospital modular prefabricado (Israel). Maqueta.....	89
FIGURA III.10. ... Hospital de Venecia (Italia) de Le Corbusier. Diseño de la planta de hospitalización.....	90
FIGURA III.11. ... Hospital de Venecia (Italia) de Le Corbusier. Dimensiones de una de las habitaciones de la planta de hospitalización.....	90
FIGURA III.12. ... Hospital de Leonberg (Alemania). Vista aérea.....	91
FIGURA III.13. ... Hospital de Paracelsus en Ruit (Alemania). Maqueta.....	92
FIGURA III.14. ... Hospital de Herlev (Dinamarca). Maqueta.....	92
FIGURA III.15. ... Hospital de Santa Cruz en California (EE.UU.). Sección tipo.....	94
FIGURA III.16. ... Hospital Municipal de Boston (EE.UU.). Sección por el nivel intersticial.....	94
FIGURA III.17. ... Woodhull Medical Center de Brooklyn en Nueva York (EE.UU.). Vista de la planta intersticial en construcción.....	94
FIGURA III.18. ... Hospital Universitario de Getafe en Madrid (España). Vista aérea.....	95
FIGURA III.19. ... South Teesside District General Hospital (Inglaterra). Planta general.....	96
FIGURA III.20. ... Hospital Puerta del Hierro de Majadahonda en Madrid (España). Maqueta.....	98
FIGURA III.21. ... Hospital Universitario del Río Hortega en Valladolid (España). Maqueta.....	98
FIGURA III.22. ... Factores influyentes en la IAQ.....	104
FIGURA III.23. ... Reflexión de la luz.....	105
FIGURA III.24. ... Diagrama bioclimático.....	139
FIGURA III.25. ... Relación entre VMP y PPI.....	146
FIGURA III.26. ... Presiones del viento según la forma y colocación del edificio.....	152
FIGURA III.27. ... Filtraciones de aire a través del edificio.....	152
FIGURA III.28. ... Sistemas de extracción de aire.....	154
FIGURA III.29. ... Sistemas de impulsión de aire.....	155
FIGURA III.30. ... Ejemplo de split.....	163
FIGURA III.31. ... Ejemplo de sistema VRV.....	163
FIGURA III.32. ... Modelo de fancoil.....	164
FIGURA III.33. ... Esquema general de UTA (ASHRAE).....	166
FIGURA III.34. ... Esquema general de UTA dual o multizona (ASHRAE).....	166
FIGURA III.35. ... Esquema de sistema de caudal constante (ASHRAE).....	168
FIGURA III.36. ... Esquema de sistema de caudal variable (ASHRAE).....	169
FIGURA III.37. ... Esquema de sistema mixto: caudal constante y variable (ASHRAE).....	169
FIGURA III.38. ... Esquema de principio de un sistema de caudal variable.....	170
FIGURA III.39. ... Diferentes tipos de difusores.....	171
FIGURA III.40. ... Principales sistemas utilizados en la recuperación de energía.....	173

FIGURA III.41. ... Bloque quirúrgico: esquema general de zonificación.....	208
FIGURA III.42. ... Esquema de zonas filtro para personal.	209
FIGURA III.43. ... Esquema de locales auxiliares a quirófano: vestíbulos.	209
FIGURA III.44. ... Esquemas de locales auxiliares a quirófano: zona de recuperación.	210
FIGURA III.45. ... Esquema de disposición general de quirófano.	210
FIGURA III.46. ... Esquema de quirófanos con salida independiente.	210
FIGURA III.47. ... Esquemas de quirófanos con cuadrícula 7,5x7,5.	211
FIGURA III.48. ... Esquema de quirófanos con cuadrícula 7x7.	211
FIGURA III.49. ... Esquemas de quirófanos con salida de enfermos por zona "semilimpia".	212
FIGURA III.50. ... Esquema de circulación en salas quirúrgicas: salida a pasillo perimetral.....	212
FIGURA III.51. ... Esquema de circulación en salas quirúrgicas: anestesia-reanimación interna.	213
FIGURA III.52. ... Ejemplo de habitaciones All con anestesia y antesala neutral.	220
FIGURA III.53. ... Ejemplo de habitación PE con control de presión positiva.	220
FIGURA III.54. ... Direccionalidad de aire en el bloque quirúrgico.	234
FIGURA III.55. ... Esquema de la toma de aire de UTA.	246
FIGURA III.56. ... Ejemplo de habitación All con control de presión negativa.	249
FIGURA IV.1. Equipo de medición termohigrométrica.	307
FIGURA IV.2. Sensor de temperatura operativa.	308
FIGURA IV.3. Sensor de humedad relativa.	308
FIGURA IV.4. Sonda de velocidad del aire.	309
FIGURA IV.5. Unidad Vivo Controller.	310
FIGURA IV.6. Medidor de partículas.	314
FIGURA IV.7. Sonda CO ₂	314
FIGURA IV.8. Sonda CO.	315
FIGURA IV.9. Equipo de medición de VOCs.	316
FIGURA IV.10. ... Testo 435.	318
FIGURA IV.11. ... Muestreador MAS 100.	332
FIGURA IV.12. ... Placa de muestra.	334
FIGURA IV.13. ... Ejemplos de placas con colonias.	334
FIGURA A.1. Esquema de climatización en quirófanos del antiguo HURH.	616
FIGURA A.2. Esquema de climatización en quirófanos con sus fases.	617
FIGURA A.3. Esquema de climatización en quirófanos del antiguo HURH.	618
FIGURA A.4. Esquema de climatización general de UVI del antiguo HURH.	636
FIGURA B.1. Instalación de climatización en los quirófanos del nuevo HURH.	654

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA III.1. Contaminantes químicos como contaminantes del medio interno.	114
TABLA III.2. Fuentes de los productos orgánicos volátiles.	117
TABLA III.3. Prevención de la presencia de carga biológica en edificios.	128

TABLA III.4. Relación humedad relativa-temperatura según estación.....	140
TABLA III.5. Clasificación de filtros UNE EN 779.....	172
TABLA III.6. Clasificación de filtros UNE EN 1882 (método DOP).....	172
TABLA III.7. Caudales necesarios para una correcta ventilación.	188
TABLA III.8. Filtración de partículas.....	195
TABLA III.9. Parámetros para una concentración máxima de contaminantes.	197
TABLA III.10..... Clasificación ISO según la concentración de partículas.	228
TABLA III.11..... Concentración de partículas por m ³ en peso.	229
TABLA III.12..... Niveles de filtración.....	232
TABLA III.13..... Partículas inertes o vivas según la propuesta sobre ambientes controlados.....	233
TABLA III.14..... Exigencias en la climatización en hospital. Locales TIPO I.	236
TABLA III.15..... Exigencias en la climatización en hospital. Locales TIPO II.	237
TABLA III.16..... Espacios ocupados por pacientes con riesgos especiales.	240
TABLA III.17..... Clasificación de las zonas y tratamiento de aire en el medio hospitalario.	241
TABLA III.18..... Extracto esquemático de las normas sobre PE del CDC.....	251
TABLA IV.1. Condiciones interiores de cálculo, nuevo HURH.	280
TABLA IV.2. Caudales de ventilación, nuevo HURH.....	281
TABLA IV.3. Zonas críticas seleccionadas.....	297
TABLA IV.4. Muestreo comparativo: zonas y fechas.	302
TABLA IV.5. Clasificación de los equipos de muestreo.....	305
TABLA IV.6. Clasificación de los equipos de detención según el método analítico.	306
TABLA IV.7. Gráficos de parámetros físicos y químicos.	319
TABLA IV.8. Medios de cultivo para las tomas de aire, temperatura de incubación y duración.....	325
TABLA IV.9. Factor de conversión del volumen de aire muestreado.	326
TABLA IV.10. Límites de carga bacteriana.....	329
TABLA IV.11. Clase de limpieza bacteriológica en ambientes controlados en funcionamiento, sin actividad y sin presencia de personas.	330
TABLA IV.12. Valores de referencia de microorganismos para la calificación de recintos.....	330
TABLA IV.13. Recomendaciones de las zonas especialmente controladas.	331
TABLA IV.14. Tipos de hospitalizaciones.....	340
TABLA IV.15. Codificación de diagnósticos principales.	341
TABLA IV.16. Recomendaciones para pacientes ante fuentes infecciosas.	344
TABLA V.1. Datos procesados: temperatura (°C), quirófanos del antiguo HURH.....	352
TABLA V.2. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), quirófanos del antiguo HURH.....	352
TABLA V.3. Datos procesados: temperatura (°C), quirófanos del nuevo HURH.....	359
TABLA V.4. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), quirófanos del nuevo HURH.....	359
TABLA V.5. Datos procesados: temperatura (°C), TAMO del antiguo HURH.	366
TABLA V.6. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), TAMO del antiguo HURH.	366
TABLA V.7. Datos procesados: temperatura (°C), TAMO del nuevo HURH.	375

TABLA V.8. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), TAMO del nuevo HURH.	375
TABLA V.9. Datos procesados: temperatura (°C), TOH del antiguo HURH.	384
TABLA V.10. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), TOH del antiguo HURH.	384
TABLA V.11. Datos procesados: temperatura (°C), TOH del nuevo HURH.	391
TABLA V.12. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), TOH del nuevo HURH.	391
TABLA V.13. Datos procesados: temperatura (°C), UVI del antiguo HURH.	398
TABLA V.14. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), UVI del antiguo HURH.	398
TABLA V.15. Datos procesados: temperatura (°C), UVI del nuevo HURH.	405
TABLA V.16. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), UVI del nuevo HURH.	405
TABLA V.17. Datos procesados: temperatura (°C), zonas no críticas del antiguo HURH.	412
TABLA V.18. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), zonas no críticas del antiguo HURH.	412
TABLA V.19. Datos procesados: temperatura (°C), zonas no críticas del nuevo HURH.	417
TABLA V.20. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), zonas no críticas del nuevo HURH.	417
TABLA V.21. Datos procesados: temperatura (°C), quirófanos del antiguo y nuevo HURH.	423
TABLA V.22. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), quirófanos del antiguo y nuevo HURH.	423
TABLA V.23. Datos procesados: temperatura (°C), TAMO del antiguo y nuevo HURH.	424
TABLA V.24. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), TAMO del antiguo y nuevo HURH.	424
TABLA V.25. Datos procesados: temperatura (°C), TOH del antiguo y nuevo HURH.	425
TABLA V.26. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), TOH del antiguo y nuevo HURH.	425
TABLA V.27. Datos procesados: temperatura (°C), UVI del antiguo y nuevo HURH.	426
TABLA V.28. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), UVI del antiguo y nuevo HURH.	426
TABLA V.29. Datos procesados: temperatura (°C), zonas no críticas del antiguo y nuevo HURH.	427
TABLA V.30. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), zonas no críticas del antiguo y nuevo HURH.	427
TABLA V.31. Comparación de temperatura (°C) entre tipos de recintos, antiguo HURH.	429
TABLA V.32. Comparación de velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%) entre tipos de recintos, antiguo HURH.	429
TABLA V.33. Comparación de temperatura (°C) entre tipos de recintos, nuevo HURH.	430
TABLA V.34. Comparación de velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%) entre tipos de recintos, nuevo HURH.	430
TABLA V.35. Concentración de CO (ppm), quirófanos del antiguo HURH.	432
TABLA V.36. Concentración de CO (ppm), quirófanos del nuevo HURH.	433
TABLA V.37. Concentración de CO (ppm), TAMO del antiguo HURH.	434
TABLA V.38. Concentración de CO (ppm), TAMO del nuevo HURH.	435

TABLA V.39. Concentración de CO (ppm), TOH del antiguo HURH.....	436
TABLA V.40. Concentración de CO (ppm), TOH del nuevo HURH.....	437
TABLA V.41. Concentración de CO (ppm), UVI del antiguo HURH.	438
TABLA V.42. Concentración de CO (ppm), UVI del nuevo HURH.	439
TABLA V.43. Concentración de CO (ppm), zonas no críticas del antiguo HURH.	440
TABLA V.44. Concentración de CO (ppm), zonas no críticas del nuevo HURH.	441
TABLA V.45. Concentración media y DT de CO (ppm), quirófanos del antiguo y nuevo HURH.....	442
TABLA V.46. Concentración media y DT de CO (ppm), TAMO del antiguo y nuevo HURH.	442
TABLA V.47. Concentración media y DT de CO (ppm), TOH del antiguo y nuevo HURH.....	443
TABLA V.48. Concentración media y DT de CO (ppm), UVI del antiguo y nuevo HURH.	443
TABLA V.49. Concentración media y DT de CO (ppm), zonas no críticas del antiguo y nuevo HURH.....	443
TABLA V.50. Comparación de concentraciones de CO (ppm) entre locales del antiguo y nuevo HURH.	445
TABLA V.51. Concentración de CO ₂ (ppm), quirófanos del antiguo HURH.	447
TABLA V.52. Concentración de CO ₂ (ppm), quirófanos del nuevo HURH.	447
TABLA V.53. Concentración de CO ₂ (ppm), TAMO del antiguo HURH.....	448
TABLA V.54. Concentración de CO ₂ (ppm), TAMO del nuevo HURH.....	448
TABLA V.55. Concentración de CO ₂ (ppm), TOH del antiguo HURH.	449
TABLA V.56. Concentración de CO ₂ (ppm), TOH del nuevo HURH.	449
TABLA V.57. Concentración de CO ₂ (ppm), UVI del antiguo HURH.....	450
TABLA V.58. Concentración de CO ₂ (ppm), UVI del nuevo HURH.....	450
TABLA V.59. Concentración de CO ₂ (ppm), zonas no críticas del antiguo HURH.....	451
TABLA V.60. Concentración de CO ₂ (ppm), zonas no críticas del nuevo HURH.....	451
TABLA V.61. Comparación promedios de concentraciones de CO ₂ entre zonas del antiguo y nuevo hospital.	452
TABLA V.62. Concentración de COVs (ppm) en recintos del nuevo HURH.....	453
TABLA V.63. ϵ_v en quirófanos del antiguo y nuevo hospital.....	460
TABLA V.64. ϵ_v en TAMO del antiguo y nuevo hospital.	460
TABLA V.65. ϵ_v en TOH del antiguo y nuevo hospital.	461
TABLA V.66. ϵ_v en UVI del antiguo y nuevo hospital.....	461
TABLA V.67. ϵ_v en zonas no críticas del antiguo y nuevo hospital.....	462
TABLA V.68. Datos comparativos de ϵ_v	462
TABLA V.69. Caudal y renovaciones de aire, quirófanos del antiguo HURH.....	464
TABLA V.70. Caudal y renovaciones de aire, quirófanos del nuevo HURH.....	464
TABLA V.71. Caudal y renovaciones de aire, TAMO del antiguo HURH.	465
TABLA V.72. Caudal y renovaciones de aire, TAMO del nuevo HURH.	465
TABLA V.73. Caudal y renovaciones de aire, TOH del antiguo HURH.	466
TABLA V.74. Caudal y renovaciones de aire, TOH del nuevo HURH.....	466
TABLA V.75. Caudal y renovaciones de aire, UVI del antiguo HURH.....	467
TABLA V.76. Caudal y renovaciones de aire, UVI del nuevo HURH.....	467
TABLA V.77. Caudal y renovaciones de aire, zonas no críticas del antiguo HURH.....	468
TABLA V.78. Caudal y renovaciones de aire, zonas no críticas del nuevo HURH.....	468
TABLA V.79. Diferencias de presión (Pa), quirófanos y habitaciones de TAMO y TOH del nuevo HURH.	469
TABLA V.80. Diferencias de presión, UVI y zonas no críticas del nuevo HURH.....	469
TABLA V.81. Concentración de partículas/m ³ de aire, quirófanos del antiguo HURH.....	471
TABLA V.82. Concentración de partículas/m ³ de aire, quirófanos del nuevo HURH.....	471

TABLA V.83.	Concentración de partículas/m ³ de aire, TAMO del antiguo HURH.....	472
TABLA V.84.	Concentración de partículas/m ³ de aire, TAMO del nuevo HURH.....	472
TABLA V.85.	Concentración de partículas/m ³ de aire, TOH del antiguo HURH.....	473
TABLA V.86.	Concentración de partículas/m ³ de aire, TOH del nuevo HURH.....	473
TABLA V.87.	Concentración de partículas/m ³ de aire, UVI del antiguo HURH.....	474
TABLA V.88.	Concentración de partículas/m ³ de aire, UVI del nuevo HURH.....	474
TABLA V.89.	Concentración de partículas/m ³ de aire, zonas no críticas del antiguo HURH.....	475
TABLA V.90.	Concentración de partículas/m ³ de aire, zonas no críticas del nuevo HURH.....	475
TABLA V.91.	Comparación de promedios de concentración de partículas entre recintos equivalentes del antiguo y nuevo hospital.....	476
TABLA V.92.	Partículas en cabinas, farmacia del nuevo HURH.....	477
TABLA V.93.	Partículas en recintos, farmacia del nuevo HURH.....	477
TABLA V.94.	Resultados muestreo BSA, quirófanos del antiguo HURH.....	479
TABLA V.95.	Resultados muestreo BSA, quirófanos del nuevo HURH.....	479
TABLA V.96.	Resultados muestreo BSA, TAMO del antiguo HURH.....	480
TABLA V.97.	Resultados muestreo BSA, TAMO del nuevo HURH.....	480
TABLA V.98.	Resultados muestreo BSA, TOH del antiguo HURH.....	481
TABLA V.99.	Resultados muestreo BSA, TOH del nuevo HURH.....	481
TABLA V.100.	Resultados muestreo BSA, UVI del antiguo HURH.....	481
TABLA V.101.	Resultados muestreo BSA, UVI del nuevo HURH.....	482
TABLA V.102.	Resultados muestreo BSA, zonas no críticas del antiguo HURH.....	482
TABLA V.103.	Resultados muestreo BSA, zonas no críticas del nuevo HURH.....	482
TABLA V.104.	Resultado comparados por contaminación por hongos, quirófanos.....	483
TABLA V.105.	Resultado comparados por contaminación por hongos, TAMO.....	484
TABLA V.106.	Resultado comparados por contaminación por hongos, TOH.....	484
TABLA V.107.	Resultado comparados por contaminación por hongos, UVI.....	485
TABLA V.108.	Resultado comparados por contaminación por hongos, zonas no críticas.....	485
TABLA V.109.	Concentración de macropartículas y hongos, antiguo HURH.....	486
TABLA V.110.	Concentración de macropartículas y hongos, nuevo HURH.....	487
TABLA V.111.	Salas muestreadas: BSA a lo largo del tiempo.....	489
TABLA V.112.	Distribución de las tomas de muestras: BSA a lo largo del tiempo.....	489
TABLA V.113.	Carga total de hongos y Aspergillus según año del muestreo, antiguo HURH (UFC/m ³).....	490
TABLA V.114.	Carga media de hongos en muestreos de áreas críticos, antiguo HURH (UFC/m ³).....	491
TABLA V.115.	Carga media mensual (1 año), nuevo HURH (UFC/m ³).....	493
TABLA V.116.	Carga de hongos y de Aspergillus en las diversas áreas críticas (UFC/m ³).....	494
TABLA V.117.	Distribución de las muestras según nivel de carga y lugar de estudio, antiguo HURH. Cifras absolutas.....	494
TABLA V.118.	Distribución de las muestras según nivel de carga y lugar de estudio, antiguo HURH. Porcentajes.....	495
TABLA V.119.	Resultados según el lugar de estudio. Total hongos. Comparación por pares.....	496
TABLA V.120.	Resultados según el lugar de estudio. Aspergillus. Comparación por pares.....	497
TABLA V.121.	Distribución de las muestras según nivel de carga y lugar de estudio, nuevo HURH. Cifras absolutas.....	498
TABLA V.122.	Distribución por edades de los pacientes y años (excepto obstetricia).....	501
TABLA V.123.	Proporción de pacientes por edad y año (excepto obstetricia).....	502

TABLA V.124. Distribución de pacientes por Servicio Asistencial.....	503
TABLA V.125. Distribución porcentual de pacientes por servicio y año.....	504
TABLA V.126. Ingresos según áreas de actividad.....	505
TABLA V.127. Pacientes en UCI por sexo y edad.....	505
TABLA V.128. Diagnósticos principales por capítulos de la CEI 9-MC.....	507
TABLA V.129. Relación entre ámbito asistencial y diagnóstico principal.....	508
TABLA V.130. Pacientes infectados según procedencia de la infección por áreas de actividad.....	509
TABLA V.131. Riesgo de contraer infección dado el estado del paciente.....	510
TABLA V.132. Factores de riesgo intrínsecos según área asistencial.....	510
TABLA V.133. Intervención quirúrgica por edad y sexo.....	511
TABLA V.134. Pacientes en obstetricia y sometidas a una cirugía obstétrica.....	512
TABLA V.135. Distribución de pacientes intervenidos según área asistencial.....	512
TABLA V.136. Instrumentación de los pacientes ingresados.....	513
TABLA V.137. Factores de riesgo extrínsecos según área asistencial.....	514
TABLA V.138. Estimación sobre camas y unidades de enfermería.....	521
TABLA V.139. Exigencias mínimas de climatización.....	525

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA V.1..... Temperatura (°C), Q1.....	354
GRÁFICA V.2..... Velocidad aire (m/s), Q1.....	354
GRÁFICA V.3..... Humedad relativa (%), Q1.....	354
GRÁFICA V.4..... Corriente de aire (%), Q1.....	354
GRÁFICA V.5..... Intensidad de turbulencia (%), Q1.....	354
GRÁFICA V.6..... PPI (%), Q1.....	354
GRÁFICA V.7..... VMP, Q1.....	354
GRÁFICA V.8..... Temperatura (°C), Q4.....	356
GRÁFICA V.9..... Velocidad aire (m/s), Q4.....	356
GRÁFICA V.10..... Corriente de aire (%), Q4.....	356
GRÁFICA V.11..... Intensidad de turbulencia (%), Q4.....	356
GRÁFICA V.12..... PPI (%), Q4.....	356
GRÁFICA V.13..... VMP, Q4.....	356
GRÁFICA V.14..... Temperatura (°C), Q10.....	358
GRÁFICA V.15..... Velocidad aire (m/s), Q10.....	358
GRÁFICA V.16..... Humedad relativa (%), Q10.....	358
GRÁFICA V.17..... Corriente de aire (%), Q10.....	358
GRÁFICA V.18..... Intensidad de turbulencia (%), Q10.....	358
GRÁFICA V.19..... PPI (%), Q10.....	358
GRÁFICA V.20..... VMP, Q10.....	358
GRÁFICA V.21..... Temperatura (°C), N4.....	361
GRÁFICA V.22..... Velocidad aire (m/s), N4.....	361
GRÁFICA V.23..... Humedad relativa (%), N4.....	361
GRÁFICA V.24..... Corriente de aire (%), N4.....	361

GRÁFICA V.25..... Intensidad de turbulencia (%), N4.....	361
GRÁFICA V.26..... PPI (%), N4.....	361
GRÁFICA V.27..... VMP, N4.....	361
GRÁFICA V.28..... Temperatura (°C), N10.....	363
GRÁFICA V.29..... Velocidad aire (m/s), N10.....	363
GRÁFICA V.30..... Humedad relativa (%), N10.....	363
GRÁFICA V.31..... Corriente de aire (%), N10.....	363
GRÁFICA V.32..... Intensidad de turbulencia (%), N10.....	363
GRÁFICA V.33..... PPI (%), N10.....	363
GRÁFICA V.34..... VMP, N10.....	363
GRÁFICA V.35..... Temperatura (°C), N12.....	365
GRÁFICA V.36..... Velocidad aire (m/s), N12.....	365
GRÁFICA V.37..... Humedad relativa (%), N12.....	365
GRÁFICA V.38..... Corriente de aire (%), N12.....	365
GRÁFICA V.39..... Intensidad de turbulencia (%), N12.....	365
GRÁFICA V.40..... PPI (%), N12.....	365
GRÁFICA V.41..... VMP, N12.....	365
GRÁFICA V.42..... Temperatura (°C), H514.....	368
GRÁFICA V.43..... Velocidad aire (m/s), H514.....	368
GRÁFICA V.44..... Humedad relativa (%), H514.....	368
GRÁFICA V.45..... Corriente de aire (%), H514.....	368
GRÁFICA V.46..... Intensidad de turbulencia (%), H514.....	368
GRÁFICA V.47..... PPI (%), H514.....	368
GRÁFICA V.48..... VMP, H514.....	368
GRÁFICA V.49..... Temperatura (°C), H516.....	370
GRÁFICA V.50..... Velocidad aire (m/s), H516.....	370
GRÁFICA V.51..... Humedad relativa (%), H516.....	370
GRÁFICA V.52..... Corriente de aire (%), H516.....	370
GRÁFICA V.53..... Intensidad de turbulencia (%), H516.....	370
GRÁFICA V.54..... PPI (%), H516.....	370
GRÁFICA V.55..... VMP, H516.....	370
GRÁFICA V.56..... Temperatura (°C), H518.....	372
GRÁFICA V.57..... Velocidad aire (m/s), H518.....	372
GRÁFICA V.58..... Humedad relativa (%), H518.....	372
GRÁFICA V.59..... Intensidad de turbulencia (%), H518.....	372
GRÁFICA V.60..... PPI (%), H518.....	372
GRÁFICA V.61..... VMP, H518.....	372
GRÁFICA V.62..... Temperatura (°C), H520.....	374
GRÁFICA V.63..... Velocidad aire (m/s), H520.....	374
GRÁFICA V.64..... Humedad relativa (%), H520.....	374
GRÁFICA V.65..... Intensidad de turbulencia (%), H520.....	374
GRÁFICA V.66..... PPI (%), H520.....	374
GRÁFICA V.67..... VMP, H520.....	374
GRÁFICA V.68..... Temperatura (°C), H5001.....	377
GRÁFICA V.69..... Velocidad aire (m/s), H5001.....	377

GRÁFICA V.70.....	Humedad relativa (%), H5001.....	377
GRÁFICA V.71.....	Corriente de aire (%), H5001.....	377
GRÁFICA V.72.....	Intensidad de turbulencia (%), H5001.....	377
GRÁFICA V.73.....	PPI (%), H5001.....	377
GRÁFICA V.74.....	VMP, H5001.....	377
GRÁFICA V.75.....	Temperatura (°C), H5002.....	379
GRÁFICA V.76.....	Velocidad aire (m/s), H5002.....	379
GRÁFICA V.77.....	Humedad relativa (%), H5002.....	379
GRÁFICA V.78.....	Corriente de aire (%), H5002.....	379
GRÁFICA V.79.....	Intensidad de turbulencia (%), H5002.....	379
GRÁFICA V.80.....	PPI (%), H5002.....	379
GRÁFICA V.81.....	VMP, H5002.....	379
GRÁFICA V.82.....	Temperatura (°C), H5004.....	381
GRÁFICA V.83.....	Velocidad aire (m/s), H5004.....	381
GRÁFICA V.84.....	Humedad relativa (%), H5004.....	381
GRÁFICA V.85.....	Corriente de aire (%), H5004.....	381
GRÁFICA V.86.....	Intensidad de turbulencia (%), H5004.....	381
GRÁFICA V.87.....	PPI (%), H5004.....	381
GRÁFICA V.88.....	VMP, H5004.....	381
GRÁFICA V.89.....	Temperatura (°C), H5006.....	383
GRÁFICA V.90.....	Velocidad aire (m/s), H5006.....	383
GRÁFICA V.91.....	Humedad relativa (%), H5006.....	383
GRÁFICA V.92.....	Corriente de aire (%), H5006.....	383
GRÁFICA V.93.....	Intensidad de turbulencia (%), H5006.....	383
GRÁFICA V.94.....	PPI (%), H5006.....	383
GRÁFICA V.95.....	VMP, H5006.....	383
GRÁFICA V.96.....	Temperatura (°C), TOH-A.....	386
GRÁFICA V.97.....	Velocidad aire (m/s), TOH-A.....	386
GRÁFICA V.98.....	Humedad relativa (%), TOH-A.....	386
GRÁFICA V.99.....	Corriente de aire (%), TOH-A.....	386
GRÁFICA V.100.....	Intensidad de turbulencia (%), TOH-A.....	386
GRÁFICA V.101.....	PPI (%), TOH-A.....	386
GRÁFICA V.102.....	VMP, TOH-A.....	386
GRÁFICA V.103.....	Temperatura (°C), H229.....	388
GRÁFICA V.104.....	Velocidad aire (m/s), H229.....	388
GRÁFICA V.105.....	Humedad relativa (%), H229.....	388
GRÁFICA V.106.....	Corriente de aire (%), H229.....	388
GRÁFICA V.107.....	Intensidad de turbulencia (%), H229.....	388
GRÁFICA V.108.....	PPI (%), H229.....	388
GRÁFICA V.109.....	VMP, H229.....	388
GRÁFICA V.110.....	Temperatura (°C), H233.....	390
GRÁFICA V.111.....	Velocidad aire (m/s), H233.....	390
GRÁFICA V.112.....	Humedad relativa (%), H233.....	390
GRÁFICA V.113.....	Corriente de aire (%), H233.....	390
GRÁFICA V.114.....	Intensidad de turbulencia (%), H233.....	390

GRÁFICA V.115..... PPI (%), H233.....	390
GRÁFICA V.116..... VMP, H233.....	390
GRÁFICA V.117..... Temperatura (°C), TOH-N.....	393
GRÁFICA V.118..... Velocidad aire (m/s), TOH-N.....	393
GRÁFICA V.119..... Humedad relativa (%), TOH-N.....	393
GRÁFICA V.120..... Corriente de aire (%), TOH-N.....	393
GRÁFICA V.121..... Intensidad de turbulencia (%), TOH-N.....	393
GRÁFICA V.122..... PPI (%), TOH-N.....	393
GRÁFICA V.123..... VMP, TOH-N.....	393
GRÁFICA V.124..... Temperatura (°C), H2205.....	395
GRÁFICA V.125..... Velocidad aire (m/s), H2205.....	395
GRÁFICA V.126..... Humedad relativa (%), H2205.....	395
GRÁFICA V.127..... Corriente de aire (%), H2205.....	395
GRÁFICA V.128..... Intensidad de turbulencia (%), H2205.....	395
GRÁFICA V.129..... PPI (%), H2205.....	395
GRÁFICA V.130..... VMP, H2205.....	395
GRÁFICA V.131..... Temperatura (°C), H2206.....	397
GRÁFICA V.132..... Velocidad aire (m/s), H2206.....	397
GRÁFICA V.133..... Humedad relativa (%), H2206.....	397
GRÁFICA V.134..... Corriente de aire (%), H2206.....	397
GRÁFICA V.135..... Intensidad de turbulencia (%), H2206.....	397
GRÁFICA V.136..... PPI (%), H2206.....	397
GRÁFICA V.137..... VMP, H2206.....	397
GRÁFICA V.138..... Temperatura (°C), UVI-A.....	400
GRÁFICA V.139..... Velocidad aire (m/s), UVI-A.....	400
GRÁFICA V.140..... Humedad relativa (%), UVI-A.....	400
GRÁFICA V.141..... Corriente de aire (%), UVI-A.....	400
GRÁFICA V.142..... Intensidad de turbulencia (%), UVI-A.....	400
GRÁFICA V.143..... PPI (%), UVI-A.....	400
GRÁFICA V.144..... VMP, UVI-A.....	400
GRÁFICA V.145..... Temperatura (°C), BOX1.....	402
GRÁFICA V.146..... Velocidad aire (m/s), BOX1.....	402
GRÁFICA V.147..... Humedad relativa (%), BOX1.....	402
GRÁFICA V.148..... Corriente de aire (%), BOX1.....	402
GRÁFICA V.149..... Intensidad de turbulencia (%), BOX1.....	402
GRÁFICA V.150..... PPI (%), BOX1.....	402
GRÁFICA V.151..... VMP, BOX1.....	402
GRÁFICA V.152..... Temperatura (°C), BOX8.....	404
GRÁFICA V.153..... Velocidad aire (m/s), BOX8.....	404
GRÁFICA V.154..... Humedad relativa (%), BOX8.....	404
GRÁFICA V.155..... Corriente de aire (%), BOX8.....	404
GRÁFICA V.156..... Intensidad de turbulencia (%), BOX8.....	404
GRÁFICA V.157..... PPI (%), BOX8.....	404
GRÁFICA V.158..... VMP, BOX8.....	404
GRÁFICA V.159..... Temperatura (°C), UVI-N.....	407

GRÁFICA V.160.....	Velocidad aire (m/s), UVI-N.....	407
GRÁFICA V.161.....	Humedad relativa (%), UVI-N.....	407
GRÁFICA V.162.....	Corriente de aire (%), UVI-N.....	407
GRÁFICA V.163.....	Intensidad de turbulencia (%), UVI-N.....	407
GRÁFICA V.164.....	PPI (%), UVI-N.....	407
GRÁFICA V.165.....	VMP, UVI-N.....	407
GRÁFICA V.166.....	Temperatura (°C), BOX21.....	409
GRÁFICA V.167.....	Velocidad aire (m/s), BOX21.....	409
GRÁFICA V.168.....	Humedad relativa (%), BOX21.....	409
GRÁFICA V.169.....	Corriente de aire (%), BOX21.....	409
GRÁFICA V.170.....	Intensidad de turbulencia (%), BOX21.....	409
GRÁFICA V.171.....	PPI (%), BOX21.....	409
GRÁFICA V.172.....	VMP, BOX21.....	409
GRÁFICA V.173.....	Temperatura (°C), BOX22.....	411
GRÁFICA V.174.....	Velocidad aire (m/s), BOX22.....	411
GRÁFICA V.175.....	Humedad relativa (%), BOX22.....	411
GRÁFICA V.176.....	Corriente de aire (%), BOX22.....	411
GRÁFICA V.177.....	Intensidad de turbulencia (%), BOX22.....	411
GRÁFICA V.178.....	PPI (%), BOX22.....	411
GRÁFICA V.179.....	VMP, BOX22.....	411
GRÁFICA V.180.....	Temperatura (°C), URG-A.....	414
GRÁFICA V.181.....	Velocidad aire (m/s), URG-A.....	414
GRÁFICA V.182.....	Humedad relativa (%), URG-A.....	414
GRÁFICA V.183.....	Intensidad de turbulencia (%), URG-A.....	414
GRÁFICA V.184.....	PPI (%), URG-A.....	414
GRÁFICA V.185.....	VMP, URG-A.....	414
GRÁFICA V.186.....	Temperatura (°C), DES-A.....	416
GRÁFICA V.187.....	Velocidad aire (m/s), DES-A.....	416
GRÁFICA V.188.....	Humedad relativa (%), DES-A.....	416
GRÁFICA V.189.....	Intensidad de turbulencia (%), DES-A.....	416
GRÁFICA V.190.....	PPI (%), DES-A.....	416
GRÁFICA V.191.....	VMP, DES-A.....	416
GRÁFICA V.192.....	Temperatura (°C), URG-N.....	419
GRÁFICA V.193.....	Velocidad aire (m/s), URG-N.....	419
GRÁFICA V.194.....	Humedad relativa (%), URG-N.....	419
GRÁFICA V.195.....	Corriente de aire (%), URG-N.....	419
GRÁFICA V.196.....	Intensidad de turbulencia (%), URG-N.....	419
GRÁFICA V.197.....	PPI (%), URG-N.....	419
GRÁFICA V.198.....	VMP, URG-N.....	419
GRÁFICA V.199.....	Temperatura (°C), DES-N.....	421
GRÁFICA V.200.....	Velocidad aire (m/s), DES-N.....	421
GRÁFICA V.201.....	Humedad relativa (%), DES-N.....	421
GRÁFICA V.202.....	Intensidad de turbulencia (%), DES-N.....	421
GRÁFICA V.203.....	PPI (%), DES-N.....	421
GRÁFICA V.204.....	VMP, DES-N.....	421

GRÁFICA V.205.....	Concentración de CO (ppm) en quirófano Q1 del antiguo HURH.....	432
GRÁFICA V.206.....	Concentración de CO (ppm) en quirófano Q4 del antiguo HURH.....	432
GRÁFICA V.207.....	Concentración de CO (ppm) en quirófano Q10 del antiguo HURH.....	432
GRÁFICA V.208.....	Concentración de CO (ppm) en quirófano N4 del nuevo HURH.....	433
GRÁFICA V.209.....	Concentración de CO (ppm) en quirófano N10 del nuevo HURH.....	433
GRÁFICA V.210.....	Concentración de CO (ppm) en quirófano N12 del nuevo HURH.....	433
GRÁFICA V.211.....	Concentración de CO (ppm) en H514 del antiguo HURH.....	434
GRÁFICA V.212.....	Concentración de CO (ppm) en H516 del antiguo HURH.....	434
GRÁFICA V.213.....	Concentración de CO (ppm) en H518 del antiguo HURH.....	434
GRÁFICA V.214.....	Concentración de CO (ppm) en H520 del antiguo HURH.....	434
GRÁFICA V.215.....	Concentración de CO (ppm) en H5001 del nuevo HURH.....	435
GRÁFICA V.216.....	Concentración de CO (ppm) en H5002 del nuevo HURH.....	435
GRÁFICA V.217.....	Concentración de CO (ppm) en H5004 del nuevo HURH.....	435
GRÁFICA V.218.....	Concentración de CO (ppm) en H5006 del nuevo HURH.....	435
GRÁFICA V.219.....	Concentración de CO (ppm) en control de enfermería TOH del antiguo HURH.....	436
GRÁFICA V.220.....	Concentración de CO (ppm) en H229 del antiguo HURH.....	436
GRÁFICA V.221.....	Concentración de CO (ppm) en H233 del antiguo HURH.....	436
GRÁFICA V.222.....	Concentración de CO (ppm) en control de enfermería TOH del nuevo HURH.....	437
GRÁFICA V.223.....	Concentración de CO (ppm) en H2205 del nuevo HURH.....	437
GRÁFICA V.224.....	Concentración de CO (ppm) en H2206 del nuevo HURH.....	437
GRÁFICA V.225.....	Concentración de CO (ppm) en control de enfermería UVI del antiguo HURH.....	438
GRÁFICA V.226.....	Concentración de CO (ppm) en BOX 1 del antiguo HURH.....	438
GRÁFICA V.227.....	Concentración de CO (ppm) en BOX 2 del antiguo HURH.....	438
GRÁFICA V.228.....	Concentración de CO (ppm) en control de enfermería UVI del nuevo HURH.....	439
GRÁFICA V.229.....	Concentración de CO (ppm) en BOX 21 del nuevo HURH.....	439
GRÁFICA V.230.....	Concentración de CO (ppm) en BOX 22 del nuevo HURH.....	439
GRÁFICA V.231.....	Concentración de CO (ppm) en urgencias del antiguo HURH.....	440
GRÁFICA V.232.....	Concentración de CO (ppm) en despacho del antiguo HURH.....	440
GRÁFICA V.233.....	Concentración de CO (ppm) en urgencias del nuevo HURH.....	441
GRÁFICA V.234.....	Concentración de CO (ppm) en despacho del nuevo HURH.....	441
GRÁFICA V.235.....	Concentración de COVs (ppm) en quirófano N4 del nuevo HURH.....	454
GRÁFICA V.236.....	Concentración de COVs (ppm) en quirófano N10 del nuevo HURH.....	454
GRÁFICA V.237.....	Concentración de COVs (ppm) en quirófano N12 del nuevo HURH.....	454
GRÁFICA V.238.....	Concentración de COVs (ppm) en H5001 del nuevo HURH.....	455
GRÁFICA V.239.....	Concentración de COVs (ppm) en H5002 del nuevo HURH.....	455
GRÁFICA V.240.....	Concentración de COVs (ppm) en H5004 del nuevo HURH.....	455
GRÁFICA V.241.....	Concentración de COVs (ppm) en H5006 del nuevo HURH.....	455
GRÁFICA V.242.....	Concentración de COVs (ppm) en control de enfermería TOH del nuevo HURH.....	456
GRÁFICA V.243.....	Concentración de COVs (ppm) en H2205 del nuevo HURH.....	456
GRÁFICA V.244.....	Concentración de COVs (ppm) en H2206 del nuevo HURH.....	456
GRÁFICA V.245.....	Concentración de COVs (ppm) en control de enfermería UVI del nuevo HURH.....	457
GRÁFICA V.246.....	Concentración de COVs (ppm) en BOX 21 del nuevo HURH.....	457
GRÁFICA V.247.....	Concentración de COVs (ppm) en BOX 22 del nuevo HURH.....	457
GRÁFICA V.248.....	Concentración de COVs (ppm) en urgencias del nuevo HURH.....	458
GRÁFICA V.249.....	Concentración de COVs (ppm) en despacho del nuevo HURH.....	458

GRÁFICA V.250..... Hongos detectados a lo largo del tiempo, antiguo hospital.	490
GRÁFICA V.251..... Carga promedio de hongos por meses, antiguo HURH (5 años).	492
GRÁFICA V.252..... Carga promedio de Aspergillus por meses, antiguo HURH (5 años).	492
GRÁFICA V.253..... Comparación de carga de hongos totales y Aspergillus, antiguo HURH.	492

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO A.1. Planta 2 con localización de TOH del antiguo HURH.	613
PLANO A.2. Planta 3 con localización de UVI y bloque quirúrgico (Q1-Q2) del antiguo HURH.	614
PLANO A.3. Planta 4 con localización del bloque quirúrgico (Q3-Q4) del antiguo HURH.	614
PLANO A.4. Planta 5 con localización de TAMO del antiguo HURH del antiguo HURH.	615
PLANO A.5. Planta 7 con localización del bloque quirúrgico (Q9-Q10) del antiguo HURH.	615
PLANO A.6. Detalle del bloque quirúrgico Q1 y Q2 en planta 3 del antiguo HURH.	620
PLANO A.7. Detalle de quirófano Q1 en planta 3 del antiguo HURH.	621
PLANO A.8. Detalle del bloque quirúrgico Q3 y Q4 en planta 4 del antiguo HURH.	622
PLANO A.9. Detalle del quirófano Q4 en planta 4 del antiguo HURH.	623
PLANO A.10. Detalle del bloque quirúrgico Q9 y Q10 en planta 7 del antiguo HURH.	624
PLANO A.11. Detalle del quirófano Q10 en planta 7 del antiguo HURH.	625
PLANO A.12. Detalle de TAMO en planta 5 del antiguo HURH.	626
PLANO A.13. Detalle de la habitación H514 en planta 5 del antiguo HURH.	628
PLANO A.14. Detalle de la habitación H516 en planta 5 del antiguo HURH.	629
PLANO A.15. Detalle de la habitación H518 en planta 5 del antiguo HURH.	630
PLANO A.16. Detalle de la habitación H520 en planta 5 del antiguo HURH.	631
PLANO A.17. Detalle de TOH en planta 2 del antiguo HURH.	632
PLANO A.18. Detalle del control de enfermería de TOH en planta 2 del antiguo HURH.	633
PLANO A.19. Detalle de la habitación H229 de TOH en planta 2 del antiguo HURH.	634
PLANO A.20. Detalle de la habitación H233 de TOH en planta 2 del antiguo HURH.	635
PLANO A.21. Detalle de UVI en planta 3 del antiguo HURH.	637
PLANO A.22. Detalle del control de enfermería de UVI en planta 3 del antiguo HURH.	639
PLANO A.23. Detalle del BOX 1 de UVI en planta 3 del antiguo HURH.	640
PLANO A.24. Detalle del BOX 8 de UVI en planta 3 del antiguo HURH.	641
PLANO A.25. Planta baja del antiguo HURH.	642
PLANO B.1. Nivel 0 con localización de TAMO del nuevo HURH.	649
PLANO B.2. Nivel 1 con localización del bloque quirúrgico y zonas no críticas del nuevo HURH.	650
PLANO B.3. Nivel 2 con localización de TOH y UVI del nuevo HURH.	650
PLANO B.4. Detalle del bloque quirúrgico en nivel 1 del nuevo HURH.	654
PLANO B.5. Detalle del quirófano N4 en nivel 1 del nuevo HURH.	655
PLANO B.6. Detalle del quirófano N10 en nivel 1 del nuevo HURH.	656
PLANO B.7. Detalle del quirófano N12 en nivel 1 del nuevo HURH.	657
PLANO B.8. Detalle de TAMO según proyecto en nivel 0 del nuevo HURH.	660
PLANO B.9. Detalle de TAMO "in situ" en nivel 0 del nuevo HURH.	660
PLANO B.10. Detalle de la habitación H5001 en nivel 0 del nuevo HURH.	661

PLANO B.11.	Detalle de la habitación H5002 en nivel 0 del nuevo HURH.	662
PLANO B.12.	Detalle de la habitación H5004 en nivel 0 del nuevo HURH.	663
PLANO B.13.	Detalle de la habitación H5006 en nivel 0 del nuevo HURH.	664
PLANO B.14.	Detalle de TOH en nivel 2 del nuevo HURH.	666
PLANO B.15.	Detalle del control de enfermería de TOH en nivel 2 del nuevo HURH.	667
PLANO B.16.	Detalle de la habitación H2205 de TOH en nivel 2 del nuevo HURH.	668
PLANO B.17.	Detalle de la habitación H2206 de TOH en nivel 2 del nuevo HURH.	669
PLANO B.18.	Detalle de UVI en nivel 2 del nuevo HURH.	670
PLANO B.19.	Detalle del control de enfermería en nivel 2 del nuevo HURH.	671
PLANO B.20.	Detalle del BOX 21 de UVI en nivel 2 del nuevo HURH.	672
PLANO B.21.	Detalle del BOX 22 de UVI en nivel 2 del nuevo HURH.	673
PLANO B.22.	Detalle de las zonas no críticas en nivel 1 del nuevo HURH.	674
PLANO B.23.	Detalle de la zona del box de urgencias en nivel 1 del nuevo HURH.	675
PLANO B.24.	Detalle del despacho de urgencias en nivel 1 del nuevo HURH.	675
PLANO B.25.	Nivel 1 y la localización de farmacia del nuevo HURH.	678
PLANO B.26.	Detalle de farmacia en nivel 1 del nuevo HURH.	678
PLANO D.1.	Esquema general del modelo hospitalario según usos	684
PLANO D.2.	Esquema de las plantas del modelo hospitalario según usos	685
PLANO D.3.	Dimensiones y configuraciones de las habitaciones del modelo hospitalario	686
PLANO D.4.	Propuesta de un modelo hospitalario	687

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA A.1.	Vista satélite (<i>Google</i>) del emplazamiento del antiguo HURH.	610
FOTOGRAFÍA A.2.	Vista mapa (<i>Google</i>) del emplazamiento del antiguo HURH.	610
FOTOGRAFÍA A.3.	Vista exterior del acceso rodado al aparcamiento del antiguo HURH.	611
FOTOGRAFÍA A.4.	Vista exterior del acceso peatonal principal del antiguo HURH.	611
FOTOGRAFÍA A.5.	Vista exterior del acceso rodado a urgencias del antiguo HURH.	612
FOTOGRAFÍA A.6.	Vista exterior del acceso a urgencias del antiguo HURH.	612
FOTOGRAFÍA A.7.	Detalles de las rejillas de ventilación de los quirófanos del antiguo HURH.	619
FOTOGRAFÍA A.8.	Comunicaciones de los quirófanos con la zona común del antiguo HURH.	620
FOTOGRAFÍA A.9.	Secuencia panorámica interior del Q1 del antiguo HURH.	621
FOTOGRAFÍA A.10.	Comunicaciones de los quirófanos con la zona común del antiguo HURH.	622
FOTOGRAFÍA A.11.	Secuencia panorámica interior de Q4 del antiguo HURH.	623
FOTOGRAFÍA A.12.	Detalles de los quirófanos (lavabo e iluminación) del antiguo HURH.	624
FOTOGRAFÍA A.13.	Secuencia panorámica interior de Q10 del antiguo HURH.	625
FOTOGRAFÍA A.14.	Pasillo de comunicación de las habitaciones TAMO del antiguo HURH.	626
FOTOGRAFÍA A.15.	Puertas de la zona previa de acceso a las habitaciones TAMO del antiguo HURH.	627
FOTOGRAFÍA A.16.	Detalle de la ventilación de las habitaciones TAMO del antiguo HURH.	627
FOTOGRAFÍA A.17.	Vista panorámica del interior de H514 del antiguo HURH.	628
FOTOGRAFÍA A.18.	Vista panorámica del interior de H516 del antiguo HURH.	629
FOTOGRAFÍA A.19.	Vista panorámica del interior de H518 del antiguo HURH.	630

FOTOGRAFÍA A.20. Vista panorámica del interior de H520 del antiguo HURH.	631
FOTOGRAFÍA A.21. Vista panorámica del interior del control de enfermería del antiguo HURH.	633
FOTOGRAFÍA A.22. Vista panorámica del interior del control de enfermería del antiguo HURH.	633
FOTOGRAFÍA A.23. Vista panorámica del interior de H229 del antiguo HURH.	634
FOTOGRAFÍA A.24. Detalle de la ventilación de las habitaciones TOH del antiguo HURH.	634
FOTOGRAFÍA A.25. Vista panorámica del interior de H233 del antiguo HURH.	635
FOTOGRAFÍA A.26. Secuencia de entrada a UVI del antiguo HURH.	637
FOTOGRAFÍA A.27. Secuencia panorámica desde la entrada de UVI del antiguo HURH.	638
FOTOGRAFÍA A.28. Vista desde los dos extremos del pasillo interior de UVI del antiguo HURH.	638
FOTOGRAFÍA A.29. Vistas interiores de boxes de los boxes 5 al 8 de UVI del antiguo HURH.	638
FOTOGRAFÍA A.30. Vista interior de los boxes 1 al 4 de UVI del antiguo HURH.	638
FOTOGRAFÍA A.31. Vista del control de enfermería de UVI del antiguo HURH.	639
FOTOGRAFÍA A.32. Vista de enfermería de UVI del antiguo HURH.	639
FOTOGRAFÍA A.33. Vista panorámica del interior del BOX 1 del antiguo HURH.	640
FOTOGRAFÍA A.34. Vista panorámica del interior del BOX 8 del antiguo HURH.	641
FOTOGRAFÍA A.35. Lugar de la toma de datos de urgencias del antiguo HURH.	643
FOTOGRAFÍA A.36. Vistas interiores de urgencias del antiguo HURH.	643
FOTOGRAFÍA A.37. Secuencia interior del despacho del antiguo HURH.	644
FOTOGRAFÍA A.38. Puerta de entrada y salida del despacho del antiguo HURH.	644
FOTOGRAFÍA B.1. Vista satélite (<i>Google</i>) del emplazamiento del nuevo HURH.	646
FOTOGRAFÍA B.2. Vista mapa (<i>Google</i>) del emplazamiento del nuevo HURH.	646
FOTOGRAFÍA B.3. Vista de acceso principal peatonal del nuevo HURH.	647
FOTOGRAFÍA B.4. Vistas de la fachada de acceso del nuevo HURH.	647
FOTOGRAFÍA B.5. Vista panorámica de las fachadas delantera y lateral del nuevo HURH.	647
FOTOGRAFÍA B.6. Vista panorámica de las fachadas lateral y posterior del nuevo HURH.	648
FOTOGRAFÍA B.7. Vista panorámica de la fachadas posterior y lateral del nuevo HURH.	648
FOTOGRAFÍA B.8. Vista de los patios interiores del nuevo HURH.	648
FOTOGRAFÍA B.9. Diferentes vistas del hall de entrada del nuevo HURH.	651
FOTOGRAFÍA B.10. Vista de los grandes corredores interiores del nuevo HURH.	651
FOTOGRAFÍA B.11. Pasillos exteriores de conexión de diferentes áreas del nuevo HURH.	651
FOTOGRAFÍA B.12. Pasillos del área de instalaciones y mantenimiento del nuevo HURH.	651
FOTOGRAFÍA B.13. Climatizadoras de quirófanos.	652
FOTOGRAFÍA B.14. Bomba primario y tuberías.	652
FOTOGRAFÍA B.15. Grupos de bombeo secundario.	652
FOTOGRAFÍA B.16. Sistema de producción y acumulación de ACS y sala de calderas.	653
FOTOGRAFÍA B.17. Central de producción de vapor y vasos de expansión.	653
FOTOGRAFÍA B.18. Enfriadoras situadas al exterior.	653
FOTOGRAFÍA B.19. Secuencia de acceso a los quirófanos del nuevo HURH.	658
FOTOGRAFÍA B.20. Pasillo de comunicación interior del bloque del nuevo HURH.	658
FOTOGRAFÍA B.21. Puertas de accesos a la zona intermedia de quirófanos del nuevo HURH.	658
FOTOGRAFÍA B.22. Detalles de la zona intermedia de los quirófanos del nuevo HURH.	658
FOTOGRAFÍA B.23. Secuencia panorámica 1 del interior de los quirófanos del nuevo HURH.	659
FOTOGRAFÍA B.24. Secuencia panorámica 2 del interior de los quirófanos del nuevo HURH.	659
FOTOGRAFÍA B.25. Diferentes puertas y detalle interior de los quirófanos del nuevo HURH.	659

FOTOGRAFÍA B.26.Control termohigrométrico de los quirófanos del nuevo HURH.	659
FOTOGRAFÍA B.27.Secuencia de acceso a TAMO del nuevo HURH.	665
FOTOGRAFÍA B.28.Secuencia panorámica interior de TAMO del nuevo HURH.	665
FOTOGRAFÍA B.29.Detalles de control ambiental de TAMO del nuevo HURH.	665
FOTOGRAFÍA B.30.Comunicación de las habitaciones de TAMO del nuevo HURH.	665
FOTOGRAFÍA B.31.Vistas del pasillo de comunicación entre habitaciones del nuevo HURH.	666
FOTOGRAFÍA B.32.Vistas del control de enfermería de TOH boxes del nuevo HURH.	667
FOTOGRAFÍA B.33.Vistas desde el pasillo de las habitaciones de TOH del nuevo HURH.	667
FOTOGRAFÍA B.34.Secuencia panorámica interior de H2205 de TOH del nuevo HURH.	668
FOTOGRAFÍA B.35.Secuencia panorámica interior de H2206 de TOH del nuevo HURH.	669
FOTOGRAFÍA B.36.Detalles de ventilación de las habitaciones de TOH del nuevo HURH.	669
FOTOGRAFÍA B.37.Vista interior de UVI del nuevo HURH.	670
FOTOGRAFÍA B.38.Vistas del control de enfermería de UVI del nuevo HURH.	671
FOTOGRAFÍA B.39.Vista del BOX 21 de UVI del nuevo HURH.	672
FOTOGRAFÍA B.40.Vista del BOX 22 de UVI del nuevo HURH.	673
FOTOGRAFÍA B.41.Acceso a urgencias por el interior del nuevo HURH.	676
FOTOGRAFÍA B.42.Vistas de los pasillos de comunicación entre boxes del nuevo HURH.	676
FOTOGRAFÍA B.43.Puerta de acceso al box de urgencias (consulta 9) del nuevo HURH.	676
FOTOGRAFÍA B.44.Vistas interiores del box de urgencias (consulta 9) del nuevo HURH.	677
FOTOGRAFÍA B.45.Puerta de acceso al despacho (consulta temporal 3).....	677
FOTOGRAFÍA B.46.Secuencia interior del despacho (consulta temporal 3) del nuevo HURH.	677
FOTOGRAFÍA C.1.Localización de Valladolid en España.	680
FOTOGRAFÍA C.2.Plano de Valladolid (<i>Google</i>).	680
FOTOGRAFÍA C.3.Vista satélite (<i>Google</i>) de la localización del antiguo (A) y nuevo (B) HURH.	681
FOTOGRAFÍA C.4.Vista mapa (<i>Google</i>) de la localización del antiguo (A) y nuevo (B) HURH.	681
FOTOGRAFÍA C.5.Antiguo HURH (<i>Google</i>), misma escala que la FOTOGRAFÍA C.6.	682
FOTOGRAFÍA C.6.Nuevo HURH (<i>Google</i>), misma escala que la FOTOGRAFÍA C.5.	682

ÍNDICE DE SIGLAS

- A: Área (referida al abocamiento de entrada de aire acondicionado).
- ACGIH: American Conference Governmental on Industrial Hygiene.
- ACH, ach: Air exchanges volumens for hour.
- ACS: agua caliente sanitaria.
- AENOR: Asociación Española de Normalización.
- AIA: American Institute of Architects.
- AIDHOS: Arquitectura e Ingeniería de Hospitales (Asociación española)
- AIIR: Airborne infectious isolation room: habitaciones para el aislamiento de enfermos de infecciones propagables vía aérea.
- ANSI: American National Standards Institute: organización estadounidense de normalización.
- ASHE: American Society for Healthcare Engineering.
- ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.
- ATECYR: Asociación Española de Climatización y Refrigeración.
- CDC: Centers for Disease Control and Prevention (USA)
- CEN: Comité Europeo de Normalización.
- COVs: Compuestos Orgánicos Volátiles
- CTE: Código Técnico de la Edificación.
- DB: Documento Básico (del CTE).
- DIN: Deutsches Institut für Normung: se aplica a las normas alemanas.
- DR: Draught rate: parámetro de corrientes de aire en interiores.
- EN: norma europea.
- EPA: Environmental Protection Agency: agencia estadounidense del medio ambiente.
- EPINE: Estudio de Prevalencia de la Infección Nosocomial en España.
- ϵ_v : Eficacia de ventilación.
- HPAC: Heating Piping Air Conditioning.
- HEPA: High Efficiency Particulate Aire; filtro del aire de alta eficiencia.
- HICPAC: Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee.
- HSCT: Hematopoietic stem cell transplant: trasplante de tejidos hematopoyéticos.
- HS: Documento básico del CTE: "salubridad"
- HS3: Documento básico del CTE: "salubridad del aire interior".
- HR: Humedad relativa.
- HVAC: Heating, ventilating and air-conditioning.
- IAQ: Indoor air quality. Equivalente a CAI, calidad del aire interior.
- IDA: Nivel de calidad del aire interior.
- IEQ: Indoor environment quality.
- INHST: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- INSALUD: Instituto Nacional de la Salud (organismo español extinguido)
- ISO: International Organization for Standardization.
- IT: Instrucción Técnica (del RITE).
- MERV: Clasificación de filtros de aire norteamericana.
- NTG/m³: Número total de gérmenes por metro cúbico de aire.
- NTP: Norma Técnica de Prevención (del INSHT).

ODA: Nivel de calidad del aire exterior.

OR: Operating room, equivalente a quirófano o sala quirúrgica.

OSHA: Occupational Safety & Health Administration.

Pa: Pascal: medida de diferencia de presión.

PDA: Personal digital assistant (asistente personal digital): computador de mano portátil.

PE: Protective environment. Equivale a aislamiento protector.

PELs: Permissible Exposure Limits.

PM: Particulate matter.

PMV : Predicted Mean Vote; voto medio previsto (sobre el bienestar termohigrométrico).

PPD: Predicted Percentage of Dissatisfied occupants; porcentaje de personas insatisfechas (con las condiciones físicas del aire interior).

Q: caudal

RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios.

SACYL: Sanidad Asistencial de Castilla y León.

SEMPSPH: Sociedad Española de Medicina Preventiva, Salud Pública e Higiene.

TAMO: Transplante alogénico de médula ósea.

TLV-TWA: Valor límite de un contaminante en una exposición media diaria de 8 horas en el medio laboral.

t_o : Temperatura operativa.

t_e : Temperatura eficaz.

TOH: transplante ortotópico hepático.

Tu: Intensidad de turbulencia.

UFC: Unidades formadoras de colonias. Indicativo de microbios viables.

ULPA: Ultra Low Particulate Aire; filtro de muy alta eficiencia.

UNE: norma redactada para el ámbito español.

UTA: Unidad de tratamiento del aire.

UVI: Unidad de vigilancia intensiva, equivalente a UCI, Unidad de cuidados intensivos.

v: velocidad (del aire).

VAV: Variable air ventilation.

VOCs: Volatile organic compounds. Equivale a COVs, compuestos orgánicos volátiles.

WHO: World Health Organization. Sinónimo de OMS, Organización Mundial de la Salud.

Otras abreviaturas no mencionadas aparecen según el SI de medidas.

CAPÍTULO I

RESUMEN

I. RESUMEN.

1. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.

Las condiciones físicas en que se encuentren los ocupantes de un hospital es una cuestión muy antigua y, a la vez, emergente. Desde que existe, el hospital constituye un espacio en precario, casi se podría decir que es precario por definición, por lo que está destinado a albergar, y de ahí el arrancar con su evolución histórica. Pero también es el tipo de edificio donde se hace más patente toda posible aplicación tecnológica y en donde, de forma más consecuente, ha de cristalizar el progreso científico-técnico, y no sólo el dado por la subyacente y obvia proyección biomédica. El delimitado tema aquí escogido, el de la calidad de su aire interior (IAQ), cuenta con una documentación publicada de crecimiento exponencial en los pocos años transcurridos en el presente siglo. Su revisión acumula dos tipos predominantes de aportaciones que corresponden a los dos conceptos que confluyen en la materia de interés, IAQ y hospitales. Era previsible respecto al contenido, pero no tanto y ahí se acusa la mayor diferencia, en cuanto al estilo y al propósito. Desde la perspectiva técnica abundan los elaborados textos normativos emanados de reconocidas agencias oficiales y organizaciones de expertos (ASHRAE, CEN, AENOR, etc.). Desde el punto de vista sanitario subyacen gran cantidad de estudios de carácter observacional conclusivos en una típica incertidumbre (publicaciones muchas localizables en la base de datos de PubMed). Y aún habría que añadir las aportaciones de orden arquitectónico, arte y técnica, que en puridad es casi lo mismo, técnica generalmente al servicio de la estética y de la función, y aquí se ha antepuesto función. Ensamblar dominios del conocimiento contruidos sobre metodologías y preocupaciones tan dispares no ha sido tarea fácil, aún haciéndoles casi materia común una realidad que se ha de instalar en la innovación y el progreso científico-técnico, una realidad que exige el intercambio de los conocimientos, al que tanta resistencia ha mostrado un tradicional especialismo más basado en el abundamiento introspectivo que en la atención al contexto.

Revistas como “Indoor Air”, “Buildings & Environment”, “Ingeniería Hospitalaria”, etc. acogen buen número de artículos, incluso poseedores de una visión conjunta del tema. Su tratamiento como Tesis Doctoral es más infrecuente y casi excepcional en comparación con la abundante producción de este tipo de estudio (véase la base de datos TESEO). B. O. Albornoz trató la arquitectura de los “proyectos complejos” (donde se pueden inscribir los hospitales), en la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC). Sobre los hospitales construidos en España, están las tesis leídas en la Universidad Politécnica de Madrid por A. Pieltaín, sobre los de la época de Franco (2003) y la de Mounzer Nadou sobre la remodelación de los de Madrid después de la Ley de Sanidad (2000). Sobre la IAQ, se expusieron tesis también en la UPC por F. J. Chávez sobre zona variable de confort térmico (2002) y por I. Marincic, en relación al control térmico por climatización natural (20026). En Melbourne S. K. Brown trató de las emisiones de COVs procedentes de los materiales de los edificios (2000). El mismo Departamento de la Universidad de Valladolid, donde se desarrolla la presente tesis cuenta con el trabajo de B. de la Fuente, sobre metodología de estudio de IAQ en recintos residenciales (2007) y el de Rafael Díaz Vega, un estudio experimental que, con método diferente, entre otros espacios, se desarrolla en parte en algunas salas del mismo antiguo hospital que aquí se contempla (2006). En buena medida se puede hablar de la insistencia en una misma línea de investigación en el GIR de Ingeniería Energética y Fluidomecánica que lideran los directores de esta tesis. De las condiciones ambientales de centros sanitarios se han ocupado con alguna frecuencia en lugares más alejados. Valgan como ejemplos los trabajos de Kanlaya Janprasert, sobre relación entre contaminación microbiana y acondicionamiento del aire, en la Mahidol University (2005), y el de Anorea Marchelle Hill, en la Texas A&M University, sobre el diseño medioambiental (2009). Se percibe, entre otros, la presencia en la bibliografía de insistentes grupos de investigación del Extremo Oriente interesados en el ambiente hospitalario. Ellos y otros grupos se mencionan en las referencias bibliográficas.

La infrecuencia con la que se ha tratado el tema del aire interior en las edificaciones hospitalarias en las investigaciones doctorales no es óbice, sino acicate para ocuparse del mismo. En una Tesis Doctoral no solo es aceptable la

singularidad, sino casi obligada en tanto ha de ser, en la medida de lo posible, original.

Una tesis existe a partir de una hipótesis, y es la aquí formulada averiguar hasta qué punto una nueva edificación hospitalaria mejora las condiciones de IAQ de una anterior destinada al mismo fin. Siguiendo a Popper, se trataba de intentar su refutación, siempre admitiendo el grado de incertidumbre que sucesivamente otras investigaciones irán despejando, y planteando, conforme enseña Kuhn a propósito de su teoría de las revoluciones científicas, que nos movemos dentro del paradigma presente, el conseguir que dentro de un hospital se pueda respirar un aire sano, de gran interés ahora y en el futuro. Un objetivo que encierra un reto como lógica y superar una paradoja.

2. RESUMEN.

Este trabajo de investigación se estructura en una serie de capítulos donde se hace una revisión científica desde los sectores de conocimiento en que se fundamenta el estudio experimental llevado a cabo.

En este **primer capítulo** se resume el desarrollo de las tesis, y en el **segundo capítulo** se elaboran los objetivos especificados en el estudio de investigación presentado.

El **tercer capítulo** consta de 3 apartados introductorios.

En el **primer apartado** se efectúa un recorrido histórico sobre la tipología de los hospitales, atendiendo al sentido en que se basan los sucesivos modelos realizados. Se destacan los problemas higiénicos, en especial infectológicos, suscitados, tanto por haber estado allí anidados como por querer el modelo proporcionar una respuesta resolutive. Se señala el papel así jugado por el hospital de pabellones y luego por el hospital vertical, producto de las ideas infectológicas e innovaciones científico-técnicas del momento. Finalmente, se muestran las versiones más actuales de edificación, más horizontales y compactas, en las que sobre las consideraciones de orden infectológico han primado otras como las del ordenamiento espacial donde dar cabida a los requerimientos técnicos y humanísticos.

En el **segundo apartado** se hace una revisión al contenido del estudio desde otra perspectiva, la de la calidad del aire interior (IAQ), su compromiso y los avances para resolverlos en términos generales. Se exponen sistemáticamente los componentes del medio interno y del aire interior, así como aquéllos que se pueden calificar como contaminantes, químicos y biológicos, con sus fuentes y tipos de agentes. Se analiza el confort termohigrométrico y los indicadores de confort térmico que permiten evaluarle como temperaturas (operativa, efectiva), corrientes de aire y parámetros de satisfacción térmica (PMV, PPD). Luego se exponen aspectos estructurales de

la ventilación y acondicionamiento y su comportamiento físico. Al final se señalan las normas y recomendaciones establecidas relativas a la IAQ.

En el **tercer apartado** se entra las especificaciones sobre la IAQ en los hospitales. Se delimita el concepto de áreas críticas, con unas exigencias especiales, particularmente en lo que concierne a la existencia de los específicos agentes biológicos de transmisión aérea a controlar. Se destaca la configuración de dos tipos de áreas críticas, los quirófanos y las unidades de ingreso de pacientes especialmente susceptibles a dicha contaminación biológica (hematológicos, de cuidados intensivos e inmunodeficientes). Se estudian las características constructivas de estas áreas y la dotación de su sistema de climatización. Se hace un breve repaso sobre las instalaciones de acondicionamiento de aire, para posteriormente ocuparse de los requisitos de ventilación por medios mecánicos, según vienen planteados en las normas y guías de orden general y específicas. Se focalizan estas aplicaciones a los dos tipos de áreas antes mencionadas: quirófanos y unidades de ingreso de pacientes críticos.

El **cuarto capítulo** expone el ámbito concreto, el método y los equipos utilizados para realizar el estudio experimental de IAQ. Se inicia con la descripción del medio donde se ha realizado, ubicado en dos edificios hospitalarios, de diferente modelo y época de construcción. Después de la presentación general de los dichos edificios, se establecen los criterios de selección de los recintos equivalentes de ambos, considerados como áreas críticas junto con alguna otra para control comparativo: quirófanos de tipo A (tres en cada hospital), habitaciones de hospitalización de enfermos hematológicos (cuatro en cada hospital), de enfermos trasplantados (dos habitaciones y su control de enfermería) y de enfermos inmunodeficientes de cuidados intensivos (dos boxes y unidad de enfermería), y se muestran sus características constructivas y de acondicionamiento. Se expone el programa de la investigación a realizar, con una aproximación temporal en cada edificio hospitalario. Se describe el método empleado del muestreo, tanto equipo, como parámetros a obtener. Son éstos parámetros de tipo físico (concernientes al confort ambiental, presencia de partículas y ventilación), de tipo químico

(contaminantes: monóxido y dióxido de carbono y VOCs) y microbiológico (carga de hongos “oportunistas”), con recogida simultánea de los diferentes tipos de muestras en cada recinto. Se añaden y analizan registros a lo largo del tiempo del precitado tipo de muestreo microbiológico, de cinco años en el antiguo hospital y uno en el nuevo. Se establecen criterios de tratamiento numérico y gráfico de todos los datos. Se complementa con una prospección del uso de las áreas críticas donde hospitalizar a los pacientes.

En el **quinto capítulo** se ofrecen debidamente ordenados los resultados y su comparación entre recintos de un mismo tipo de uno y otro hospital. Primero se muestran los datos concernientes al confort ambiental (temperaturas, humedad relativa, corrientes de aire, turbulencia e índices de satisfacción), con su expresión gráfica. A continuación los de contaminación química, óxidos de carbono y los COVs, también con su expresión gráfica. Luego se señalan datos concernientes a la ventilación (eficacia de ventilación, caudal y renovaciones de aire). Seguidamente los datos sobre concentración de partículas y los de concentración de hongos y específicamente de *Aspergillus*, en todos los casos por m³ de aire, a lo que se añade el cálculo de la correlación entre macropartículas y hongos. A los datos sobre carga microbiana determinada por muestreo simultáneo se añaden los de esta misma carga y áreas a lo largo del tiempo en ambos hospitales. Se finaliza con el análisis de la potencial ocupación de pacientes susceptibles de ser ingresados en áreas críticas y opciones de diseño espacial atendiendo a criterios de confort, protección y sostenibilidad.

En el **sexto capítulo**, a la vista del gran volumen de información, se efectúa una revisión general para su apreciación analítica sintética y valoración de su significado.

Finalmente se emiten las **conclusiones** a las que se ha llegado, haciendo hincapié en las aportaciones más originales y apuntando algunas recomendaciones que se estiman de utilidad para las edificaciones hospitalarias.

Se continúa con notas derivadas del recorrido hecho, con algunas líneas propuestas de continuidad en investigaciones sobre esta temática.

Se muestran las referencias bibliográficas seleccionadas.

Finalmente se agrega, en forma de Anexos, material gráfico sobre las áreas estudiadas, de ambos hospitales.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

II. OBJETIVOS.

Se parte de la **hipótesis** de que el cambio de un hospital a un nuevo edificio debe aportar beneficios que, siendo muy diversos, han de poder constatarse en las condiciones de su medio interior, entre ellas la del aire interior (IAQ). Existen ámbitos en que estas mejoras tienen especial importancia, por las tareas asistenciales desarrolladas en su seno y la naturaleza de los pacientes a los que se les aplica. Ante el debate sobre los diferentes modelos constructivos hospitalarios, de forma más genérica, sería interesante cualquier aportación experimental de IAQ, que contrastar en el comportamiento de un edificio hospitalario. De este intento derivan los objetivos de este estudio que a continuación se exponen.

La calidad del aire interior (IAQ) puede estimarse desde ángulos diferentes según sean los intereses o necesidades de la población expuesta (laboral, residencial, dotacional, etc.). Aquí, ante la singularidad de tratarse de un medio hospitalario prima el concepto en los últimos tiempos denominado de “protección del paciente”. A diferencia de la clásica seguridad y salud laboral los propósitos son otros, evitar infecciones y no evaluar exposiciones con efectos a largo plazo (como, por ejemplo, definen los TLVs-TWA); se contemplan variables indicativas de confort, pero lo prioritario es la prevención del riesgo. El riesgo de legionelosis no se contempla porque además de que su origen está en la contaminación del agua, no existe método de evaluación atmosférica que permita su medición, no afecta específicamente a las áreas críticas y porque ofrece unas condiciones de presentación singular. Tampoco se abordan las áreas críticas donde ingresar “fuentes infecciosas” (enfermos contagiosos), cuya perspectiva no consiste en crear unas condiciones atmosféricas de mayor pureza en el aire sino un aislamiento respecto al entorno periférico de los consiguientes recintos.

1. OBJETIVO GENERAL.

Comparar y analizar la mejora de la calidad del aire interior (IAQ) de zonas críticas equivalentes de dos edificaciones hospitalarias, de antigua y de nueva construcción, en orden a la creación de un medio más seguro y confortable para los pacientes.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- 1º.- Evaluar las condiciones del confort térmico en el viejo y nuevo edificio para estimar su posible mejora ajustando el control de los sistemas de climatización (HVAC).
- 2º.- Evaluar la carga de partículas en las áreas críticas del viejo y nuevo edificio para estimar la posible mejora en éste y la confianza que ofrece el sistema de filtrado en el control de IAQ.
- 3º.- Evaluar comparativamente la carga de contaminantes químicos característicos en las zonas críticas de ambos edificios para comprobar la posible mejora o bien promover medidas correctoras previas a la ocupación de las nuevas instalaciones.
- 4º.- Verificar la disminución del riesgo biológico en las zonas críticas de ambos edificios por medio de la detección y medición en el aire de determinados microorganismos (hongos saprofitos oportunistas), empleada en este estudio como indicativa de específico riesgo biológico en pacientes con condiciones personales de mayor riesgo.
- 5º.- Evaluar las condiciones de ventilación mecánica en las zonas críticas equivalentes de ambos hospitales respecto a la mejora en las del nuevo hospital.
- 6º.- Valorar las mejores o peores condiciones obtenidas según ámbitos asistenciales de diferente configuración, en especial de quirófanos

frente a habitaciones de pacientes ingresados, zonas de apoyo a éstas (controles de enfermería) y zonas neutras en cuanto a exigencias de calidad de aire (IAQ), atendiendo a los parámetros e indicadores físicos, químicos y biológicos.

- 7º.- Establecer las relaciones de comportamiento de los diversos parámetros físicos entre sí y particularmente entre los indicativos del confort ambiental y de la ventilación.
- 8º.- Establecer las relaciones de comportamiento entre sí de las mediciones de carga de partículas y de los microorganismos seleccionados siendo tales mediciones simultáneas.
- 9º.- Establecer las relaciones de comportamiento entre determinados parámetros indicativos de la ventilación y la permanencia y nivel de contaminantes químicos y biológicos.
- 10º.- Realizar una aproximación estimativa de las características de diseño y de mantenimiento de las zonas evaluadas en relación a los resultados de las mediciones de los parámetros indicadores IAQ.
- 11º.- Elaborar un modelo de edificación hospitalaria donde se combine las condiciones higiénicas requeridas por los pacientes ingresados en relación a los requisitos medioambientales y su mejor sostenibilidad energética.

CAPÍTULO III

INTRODUCCIÓN

APARTADO 1. EL HOSPITAL COMO ESPACIO CRÍTICO.

APARTADO 2. CALIDAD DEL AIRE INTERIOR Y SUS FACTORES REGULADORES.

APARTADO 3. CALIDAD DEL AIRE INTERIOR Y ÁREAS CRÍTICAS DE LOS HOSPITALES.

APARTADO 1. EL HOSPITAL COMO ESPACIO CRÍTICO.

III.1.A. PERSPECTIVA HISTÓRICA: LA INFECCIÓN EN EL HOSPITAL.

El hospital como edificación responde a la existencia de una institución social peculiar, que ha tenido una evolución histórica, hasta llegar en nuestros días a albergar un dispositivo tecnológico preparado para solucionar complicados problemas de salud humana. En tanto, ha debido de enfrentarse a conflictos, entre otros, propios de un medio interno específicamente habilitado para dar cobijo a una humanidad con riesgos. Desde este punto de vista se puede concebir, aparte de otras perspectivas, como un espacio crítico. Resulta ilustrativo cómo esta condición se ha simultaneado a lo largo del tiempo con las sucesivas orientaciones sociales y cómo éstas han modulado el modelo edificativo, ciertamente variado.

1. LOS HOSPITALES MEDIEVALES: HOSPITALES Y ENFERMERÍAS BAJO LA INSPIRACIÓN RELIGIOSA.

En sus comienzos construcciones destinadas a asistir enfermos estuvieron impregnadas de un sentido religioso. Hay datos inconcretos de algunos aparecidos (276, *Remón, 1985*; 316, *Smalley y Freeman, 1970*) en la antigua India, el Imperio Hitita y Babilonia en 2000 aC, y en el Egipto faraónico. Certeza existe de la existencia de los templos de Apolo y los santuarios de Epidauro a partir del 600 aC. En el antiguo mundo romano, en un ámbito doméstico estaban los “medicatrina” o dispensarios ubicados en la parte posterior de la casa, los “valetudinaria” o lazaretos militares, que acompañaban a las legiones romanas, las casas de esclavos enfermos, llamadas “canonas” y los “alimenta” para recluir pobres, niños desamparados y otros necesitados.

Los hospitales aparecen con su estructura más concreta en Occidente con el cristianismo, cuando el asistir a los enfermos constituyó la virtud de la caridad (132, *Donahue, 1985*) y para prestarles cobijo se habilitan instituciones. En el año

399 Fabiola (276, Remón, 1985; 290, Rosen, 1985), patricia conversa, dona con ese fin su palacio. Desde el siglo V al XII, la acción social frente a la enfermedad fue protagonizada en ese ámbito occidental (Europa y Asia mediterránea) por la Iglesia. En el Cristianismo la idea de la caridad se convierte en "hospedalia", prestar albergue gratuito al necesitado. Para ello se levantaron edificios, llamando a los de enfermos "nosocomia" (290, Rosen, 1985; 205, Kottek, 1981). La primera caridad institucional hospitalaria aparece con el Imperio Bizantino (290, Rosen, 1985; 171, González de Pablo, 1992), que no es otro que el Imperio Romano de Oriente, ya convertido al cristianismo, en tanto que el de Occidente sufre la invasión de los bárbaros aún no cristianizados. Allí aparece el primer hospital específicamente destinado a enfermos, y el más famoso, fundado por San Basilio el Grande en el año 370 dC, a las puertas de Cesárea de Capadocia (369-372) (290, Rosen, 1985; 282, Riera, 1985). En 381 San Juan Crisóstomo promueve una construcción similar en Constantinopla (290, Rosen, 1985).

A principios del siglo V, ante la desolación de las invasiones de los bárbaros, los Obispos asumen la fundación de hospitales (132, Donahue, 1985), lo cual se trata en múltiples Concilios (235, Mollat et al, 1982), desde el Concilio I de Nicea, en 325 (290, Rosen, 1985) al de París, en 829. Los hospitales creados se sostenían con donativos y limosnas y el diácono será su regidor. El Papa Pelayo II establece varios. En la Galia, el Rey Childiberto levanta el famoso hospital de Lyon el año 540. Se construye el de Mérida hacia el 580.

En tanto el movimiento monástico se iba extendiendo por Occidente y dominó en toda la Alta Edad Media, siendo potente desde el siglo VI. El mérito se debió a **San Benito de Nursia** (480-543) (132, Donahue, 1985; 290, Rosen, 1985) que creó la Orden Benedictina, cuya Regla establece el cuidado de los enfermos y fundó el influyente Monasterio de Montecassino (535). A partir de entonces el monasticismo presta una nueva orientación a la organización de los hospitales, que se desplaza de la tutela del Obispo hacia las comunidades monásticas. Desde el siglo VII, aunque persiste la obligación moral de los Obispos de fundar hospitales, resulta más fácil y segura la existencia de éstos dentro de los monasterios. Estas comunidades comienzan a incorporar hospederías y enfermerías, como la de Saint Gall (820) (290, Rosen, 1985).

Estos hospitales, más que lugar de tratamiento de enfermos, eran refugio de todo tipo de desvalidos y pobres. Surgieron asimismo en las rutas de peregrinación, como el Camino de Santiago, para acoger peregrinos.

En los monasterios de la Alta Edad Media existía, junto a un "infirmarium" destinado a los monjes enfermos, un "hospedale pauperum" para enfermos, peregrinos y pobres que no podían pedir limosna, así como un alojamiento para huéspedes distinguidos, estuviesen enfermos o no. A lo cual a veces **se añadía una leprosería** aparte. El caso es que en las enfermerías se albergan, sin grandes distinguos, pobres, ancianos y enfermos, excepto a los leprosos, que se aislarán en las leproserías (94, *Carreras, 1993*). Luego se van fundando comunidades religiosas con ramas femenina y masculina. La abadesa Radegunda dirigió un establecimiento doble en Poitiers (559), que se ocupó de formar mujeres para atender leprosos. A partir del siglo VIII aparecen los hospitales carolingios (276, *Remón, 1985*). Bajo la influencia de Carlomagno (742-814) se crearon muchos hospitales en el Sacro Imperio Romano Germánico (316, *Smalley y Freeman, 1970*). Los hospitales construidos fuera de los muros monásticos (132, *Donahue, 1985*) se llamaban Hôtel-Dieu (Casa de Dios) (282, *Riera, 1985*), que es como se acaba designando en Francia al principal hospital de una ciudad. También se fundan hospitales en el mundo islámico (276, *Remón, 1985*; 290, *Rosen, 1985*; 282, *Riera, 1985*; 62, *Barquin, 1972*; 167, *Girón, 1986*), que asimiló el modelo bizantino. Desde el siglo VIII se crean "casas de enfermos", al amparo de las mezquitas.

Hacia 1200 se lleva a cabo la 3ª reforma monacal (276, *Remón, 1985*), la cisterciense, y la construcción hospitalaria se va diversificando. En España los hospitales de Poblet y Santas Creus introducen una novedad típica del país: la parte occidental acoge el hospital de pobres y la oriental el palacio de ricos. Se mantiene la "triada comnénica" (tumba, monasterio, hospital). En otros países se opta por formas diferentes. En la Europa del Norte se desarrollan las plantas basilicales, de una o más naves, con la capilla en la cabecera y de grandes dimensiones. Constituyen el precedente de un hospital más moderno. Volviendo al Imperio Bizantino, un modelo más evolucionado se dio en 1136 cuando Basilio Juan II funda un hospital dentro de la instalación conjunta del Salvador

Pantocrátor (276, Remón, 1985; 290, Rosen, 1985) que es, a la vez, una unión de tumba dinástica, iglesia, monasterio y el hospital; el hospital, con división de las salas según tipo de pacientes y gran presencia de personal médico (290, Rosen, 1985).

Una iniciativa hospitalaria singular es la de las Órdenes de Caballería (132, Donahue, 1985; 290, Rosen, 1985). Hacia el siglo XII aparecen órdenes especializadas en atender enfermos, siendo de tres tipos: religioso-militares, seculares, y regulares. Las de tipo religioso-militar se iniciaron con las Cruzadas, que trajeron el modelo del hospital oriental, y también con las peregrinaciones a Jerusalén y las rutas hacia Roma y Santiago, que se poblaron de hospitales, aunque tenían más de albergues que de clínicas médicas. Tales rutas tuvieron gran influencia en la creación de cofradías hospitalarias. La más antigua de las órdenes era la de los Caballeros de San Lázaro, ocupada de los leprosos y que tuvo su mayor auge en el siglo XIII. La Orden más importante fue la de los Caballeros Hospitalarios de San Juan de Jerusalén (276, Remon, 1985; 132, Donahue, 1985), originada en dos posadas-hospitales, para hombres y para mujeres, fundadas por unos ricos comerciantes de Amalfi (Italia) el año 1050. Adquiere mayor importancia con la toma de Jerusalén en 1099 y el establecimiento del reino cristiano. Las donaciones les permitieron crear más hospitales. Hacia 1437 fundaron el Hospital Nuevo, en Rodas. Según los sitios donde se trasladaron fueron tomando los nombres de Caballeros de Rodas y de Caballeros de Malta. El más grande de sus hospitales fue fundado en La Valeta (puerto de Malta) en 1575, para más de 1000 pacientes, bien organizado, con **áreas de aislamiento** y médicos remunerados. La Orden pervivió hasta inicios del siglo XX. La orden germánica de caballeros hospitalarios fue la Deutsche Orden u Orden Teutónica, creada en 1191, a la que en Alemania la confiaron muchos hospitales.

Las condiciones de los hospitales medievales solían ser miserables, ocupando hasta seis enfermos un mismo lecho, mezclados sin atender a la gravedad, edad o el sexo (316, Smalley y Freeman, 1970). **Avanzada la Edad Media la vida urbana crecía y ya no podían juntarse tantos beneficiarios de la caridad en las mismas enfermerías y cada vez había más infecciosos.** Se

hicieron (132, *Donahue, 1985*) hospitales para enfermos pobres, con salas muy espaciosas y protegiendo la intimidad en cubículos. Para ello se erigieron edificios muy bellos (344, *Viollet-le-Duc, 1978*), pretendidas obras de arte y, los más grandes, semejando iglesias, incorporaron algunos signos de ostentación. Se localizaron en sitios escogidos. Las camas eran de madera y no, como antes, jergones de paja. Pero sus interiores aún eran fríos y oscuros. Los lechos enseguida volvieron a cobijar más de un paciente y a estar sucios, con lo que se inicia un declive de los cuidados de enfermería que habría de durar largo tiempo.

A partir del siglo XII los centros hospitalarios se separan físicamente de los ámbitos religiosos monacales y aumenta el número de hospitales (132, *Donahue, 1985*). En ese siglo el Papa Inocencio III (316, *Smalley y Freeman, 1970*) apoyó el desarrollo de hospitales en las ciudades europeas, proponiendo el modelo del llamado Hospital del Espíritu Santo de Roma. En 1362 nace el Hospital de Saint Esprit en París. A la par, van a aparecer hospitales de origen gremial, dependiendo de cofradías, de iniciativa real, o de particulares.

Los hospitales británicos (132, *Donahue, 1985*; 290, *Rosen, 1985*) se inician con el de York construido por Athelstan en 936, con un pabellón de leprosos. El St. Giles' Hospital para leprosos se levanta en 1101. Así varios más (St. Katherine's Hospital de Londres, St. Bartholomew's Hospital fundado en 1123 por Rahere), hasta llegar al St. Thomas' Hospital fundado por Ricardo, prior de Bermondsey, que haría famoso en el siglo XIX Florence Nightingale y otros ilustres sanitarios. Este hospital derivaba los leprosos al cercano Lock Hospital. El Bethlem Hospital fue el primero de los ingleses dedicado a enfermos mentales (1247) y también se hizo famoso, pero por razones opuestas al St. Thomas: allí el trato era tan infame que su nombre (Bedlam) llegó a significar "lugar de charla de locos" (132, *Donahue, 1985*).

Merece especial recuerdo, entre las instituciones españolas, el centro religioso de Guadalupe (42, *Arana, 1987*), que incluía un hospital de hombres, el de mujeres y el de religiosos, y cuyos profesionales laicos proporcionaron un importante avance médico.

Para el tema que aquí se trata cobran especial interés las **construcciones ideadas para aislar de la comunidad a quienes se creía poseedores de un peligro sanitario**. En general la lepra venía imponiendo, por este motivo, duras restricciones de convivencia a los afectados al percatarse el pueblo de la contagiosidad del mal (282, *Riera, 1985*). Así inspiró un especial concepto del aislamiento, consistente en recluir a los enfermos leprosos de por vida en las leproserías (61, *Barquin, 1972*). Para socorrer las inmundas condiciones de éstas, se organizó la Orden de San Lázaro, masculina, que las prestó el nombre derivado de "lazaretos", pasando por el italiano de "lazzareto" (172, *González de Pablo, 1994*). También hubo Hermanas de San Lázaro, rama femenina que decayó al disminuir los leprosos y que al fin se suprimió por Inocencio VIII en el siglo XV. No obstante la lepra rebrotó en algunos países y con ello las leproserías. Fueron muy frecuentes en las rutas de tránsito (276, *Remón, 1985*). En Francia hacia 1200 había más de 2000 leproserías, que dependían de los monasterios. Estaban rodeadas por un muro y contaban con numerosas pequeñas casas de madera, de un cementerio y una capilla construida con piedra. Luego, en el siglo XIV dieron paso a los hospitales de apestados. Al final de la Edad Media había en la península Ibérica 90 leproserías referenciadas y seguramente llegasen a 200 en total. Hasta que apareció una legislación dictada por los Reyes Católicos estuvieron a cargo principalmente de la Iglesia.

Hay que tener en cuenta que en los **siglos XIV y XV** se producen largas guerras, como la de los 100 Años, peregrinaciones y las últimas cruzadas lo que influye en la **aparición de severas epidemias**, como lepra, peste y ergotismo (235, *Mollat et al, 1982*). En Italia (172, *González de Pablo, 1994*) sucesivamente se van construyendo el Lazzareto Vecchio (1423), el Nuovo (1468) y el Novissimo (1728), todos ellos en Venecia, y también desde mediados de siglo XV se crean lazaretos en Pisa, Génova, Florencia y Milán, mencionados por orden cronológico, y adquieren gran presencia en el entorno del mar Adriático. El Lazzareto Nuovo en el puerto de Ancona era de planta pentagonal y estaba separado de tierra firme por una serie de canales.

Coincidiendo con el nacimiento de la burguesía se empezaron a construir los primeros hospitales civiles en las ciudades (276, *Remón, 1985*;

290, Rosen, 1985). Uno de los primeros fue el Hospital del Santo Espíritu de Lübeck (1287), en el que aún lo sacro y lo profano comparten espacio. Pero pronto el servicio de caridad va a pasar a ser un deber de asistencia, por influencia de la burguesía allí donde se hizo pujante.

2. EL RENACIMIENTO Y EL HOSPITAL “CRUCIFORME”.

En el tránsito de la Edad Media a la Moderna, algunas notas caracterizan la figura externa del hospital y su régimen de funcionamiento (297, *Sánchez Granjel, 1985*). Una es la incipiente dedicación de sus servicios a fines especializados. Otra es la tentativa de una organización centralizada de los varios, a veces minúsculos, hospitales existentes en una misma localidad. La costumbre de hacer hospitales se generalizó tanto en los siglos XIV al XVI (173, *Goyenechea, 1988*), que llegaron a ser muchísimos, pero pobres e ineficaces, por lo que se pensó en la “reducción de hospitales”. La tendencia a la centralización en un hospital mayor generalizó el que se llamara (172, *González de Pablo, 1994*) a éste de “Todos los Santos”, en vez de uno concreto. Sin embargo, al de Milán se le llamará Ospedale Maggiore. Y aparece, lo que aquí más importa, la implantación de **una nueva arquitectura hospitalaria**. Los siglos XIV y XV se caracterizan también por la complejidad y enriquecimiento: se mantienen las Órdenes Religiosas Hospitalarias, se institucionaliza el modelo del Hôtel-Dieu y se fundan modélicos hospitales por nobles y mecenas (235, *Mollat et al, 1982*).

El nuevo concepto es el de beneficencia y no ya el de la caridad. El hospital va a ser, a la vez, morada de los incapaces y, además, institución para proteger al resto de la sociedad. Esta idea ya era medieval, pero la reclusión se limitaba antes a los leprosos y locos y luego se hará extensiva a los mendigos. La enfermedad, como la pobreza, se convierte en uno de los "objetivos públicos" para el Estado moderno, y de tal interpretación se deriva, de modo obligatorio, el ordenamiento de los centros en que habría de cumplirse tal protección de enfermos y necesitados. La materialización de la nueva ideología política (297, *Sánchez Granjel, 1985*) que se va implantando en el Renacimiento, el reconocimiento de la asistencia como deber del gobernante, se plasma en los hospitales de la realeza.

En cuanto a su construcción, el hospital llega a la ciudad. Con el peso de una previa y fuerte impregnación religiosa, el nuevo modelo es el **cruciforme**. La arquitectura hospitalaria se renovó profundamente en los siglos XV y XVI, tomando como modelo el palacio florentino (282, *Riera, 1985*). Imitan el crucero, en forma de cruz o el edificio cuadrangular con patio central. No son muchos, pero sí muy significativos. Son más monumentales y tienen mayor capacidad y están mejor iluminados y ventilados. El crucero se empezó a imponer en Italia. Parece que había un precedente en el Ospedale de Santa María Nuova, de Florencia, típico hospital cruciforme. Fue el precursor del Ospedale Maggiore (Hospital Mayor), del arquitecto **Antonio Averlino** (1400-1469), conocido como **Filarete**, que se constituyó como edificio modélico (172, *González de Pablo, 1994*). Inició la obra en 1456, y la expuso en un tratado teórico. Compuso el espacio hospitalario más típico del Renacimiento. Se le ocurrió hacerle de una planta rectangular en cuyo interior se alberga una doble cruz griega, unida en un cuerpo central. Otro arquitecto de la época e igual estilo es **Leon Battista Alberti** (1404-1472). Hospitales con salas cruciformes se levantaron desde mediados del siglo XV en Bérgamo, Como, Piacenza y Lodi. Una variante cruciforme fue la reforma del antiguo Arcispedale di Santo Spirito, por el arquitecto **Baccio Pontelli**. El hospital cruciforme será bastante frecuente, hasta el siglo XVII, sobre todo en España e Italia.

En el Renacimiento el modelo cruciforme evoluciona hacia los **hospitales palaciegos** (172, *González de Pablo, 1994*), imitando en la gran prestancia de su fábrica y apariencia exterior los palacios. Otra cosa era lo que albergaba dentro, porque, no obstante, la asistencia hospitalaria era muy precaria. Los enfermos pobres tenían su paradero en el hospital de beneficencia, fuese religioso, municipal o real. El **hospital palaciego** se caracteriza por la disposición de las salas alrededor de un patio, habiendo cuatro alas en el entorno de cada patio. Las salas cruciformes, por la intersección en ángulo recto de dos grandes naves, originan cuatro brazos de similar longitud. Se desarrolla la logia alrededor del patio, que son soportales que dan lugar a un espacio abierto, que se forma sosteniendo la parte delantera del primer piso de los edificios, con pilares o columnas.



FIGURA III.1. Hospital de los Inocentes de Florencia (Italia) de Filippo Brunelleschi. Loggia exterior.

En España perduran los hospitales medievales a la vez que aparecen los de la nueva arquitectura hospitalaria (282, *Riera, 1985*) y los hospitales especiales. Una excepción, dentro de los nuevos, es el hospital de la Santa Cruz, de 1400, de Barcelona, con planta en forma de U. En el esquema de Filarete, pero en doble cruz, aunque se había empezado con los de una cruz, se inspiran los hospitales renacentistas españoles que se proyectaron en la época de los Reyes Católicos. El hospital cruciforme (276, *Remón, 1985*) se desarrolló especialmente en el siglo XVI de la mano del arquitecto **Enrique Egas**, bajo el patrocinio de los Reyes Católicos, en el Hospital Real de Granada, el Hospital Real de Santiago de Compostela (1499-1511), de cruz griega con cuatro patios, muy imitado, y el Hospital de Santa Cruz de Toledo (1504). En Sevilla se levanta el Hospital de las Cinco Llagas. Excepciones a estas construcciones de **Covarrubias** y **Egas** fueron, entre otros, el Hospital de Úbeda, de Vandelvira, y el Hospital de San Juan Bautista de Toledo.

El hospital cruciforme adquirirá gran difusión su construcción en el Nuevo Mundo, iniciada en México por Hernán Cortés en 1542 (316, *Smalley y Freeman, 1970*), y extendida en México, Chile, África del Sur y la India

(primeros hospitales coloniales). En algunos sitios se reforman los edificios previos al Renacimiento (Hôtel-Dieu, de París). Luego vendrán los hospitales londinenses, el de Saint Louis de París y los de América.

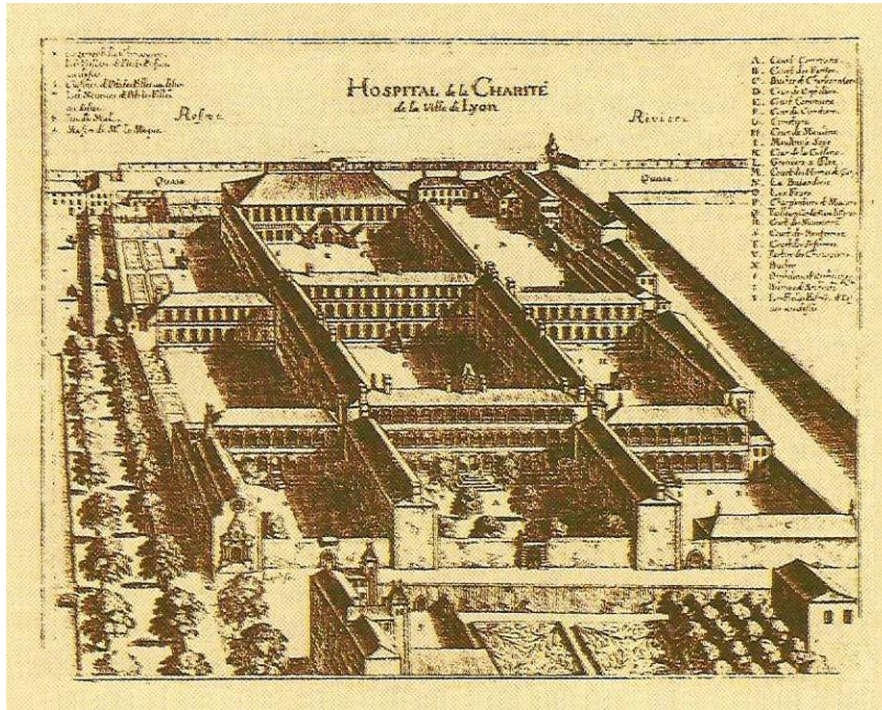


FIGURA III.2. Hospital de la Charité del siglo XVII en París (Francia). Perspectiva exterior.

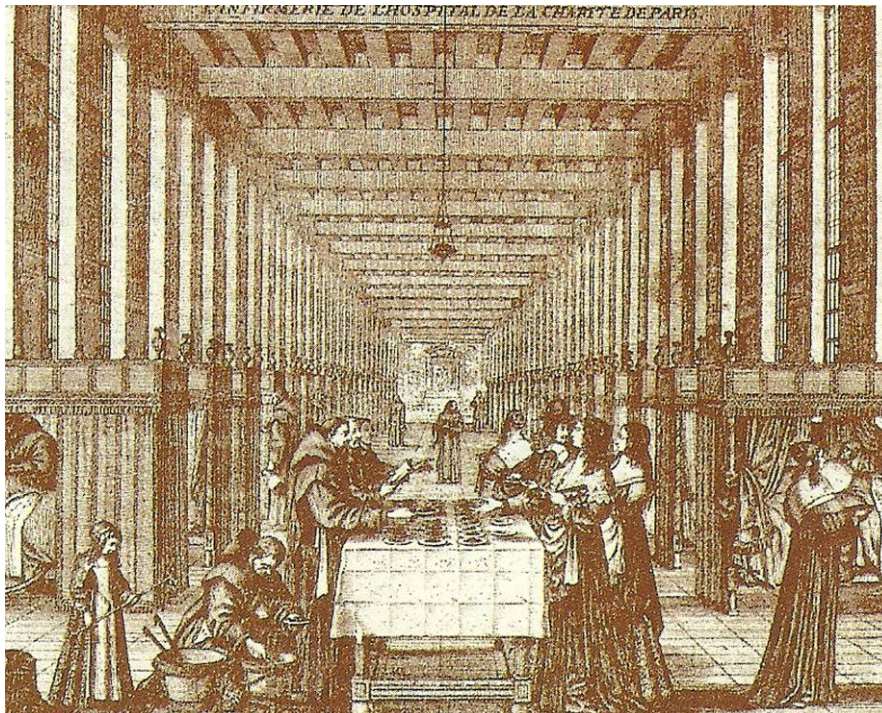


FIGURA III.3. Hospital de la Charité del siglo XVII en París (Francia). Interior de una sala.

Surgen algunos hospitales especiales. Para asistir a los enfermos mentales, se conocían desde 1375 los “cajones para locos” o casas de locos (276, *Remón, 1985*), pero hasta el siglo XV no aparecieron los nosocomios, el primero en Valencia en 1409. Destacaba el Ospedale de Santa María degli Innocenti, de Florencia, iniciado en 1419 y acabado en 1451 para recoger niños abandonados. Financiado por comerciantes de la seda, era una auténtica obra de arte que comprendía los medallones de Andrea della Robbia. La atención a los niños constituyó un capítulo aparte. Aquí importa el enfoque de las **enfermedades contagiosas** (95, *Carreras, 1993b*), apareciendo más leproserías, y, siendo la sífilis la nueva plaga, entre los nuevos hospitales están los dedicados exclusivamente a esta enfermedad ("hospitales de bubas" en España).

Con la secularización los hospitales dejan de ser administrados por religiosos. Las fundaciones de los Reyes Católicos eran estatales, pero aún se dirigían por sacerdotes, ya que, en esa corte y época, la secularización no era tan acusada. Quienes fueron hacia una secularización más radical (132, *Donahue, 1985*) fueron los reformadores protestantes, en el siglo XVI, que disolvieron las organizaciones religiosas, incluidas órdenes monásticas. Cuando Enrique VIII de Inglaterra, en 1535-37, ordenó la disolución de los monasterios y órdenes religiosas se creó una situación grave (132, *Donahue, 1985*), aunque intentasen paliarla los laicos y el poder estatal. Se cerraron hospitales pequeños y los grandes eran de un utilitarismo austero, sin belleza, más parecidos a cárceles. Con habitaciones oscuras y salas incómodas, para alojar de 50 a 100 personas, y pequeñas ventanas. Rara vez se separaban a los enfermos en razón de su enfermedad, reuniendo a los nuevos y los viejos pacientes, en camas juntas y con todo tipo de inmundicias debajo. Los enfermos permanecían sin asear, los purgados y sangrados incluso. Allí mandaban hombres, pero todas las tareas corrían a cargo de mujeres, muchas alcoholizadas, analfabetas e inmorales. Al cabo la Administración Civil tuvo que hacerse cargo de las instituciones, proceso que culmina con la aparición de la Ley de Pobres de Isabel I.

Todo lo cual no sucedía de igual modo en los países católicos, como España o Italia, aunque en éstos también se implantase cierta secularización.

Como respuesta se fundan nuevas órdenes religiosas, no ya monacales, para la atención hospitalaria. La Orden de los Hermanos Hospitalarios de San Juan de Dios fue fundada por Juan Ciudad el año 1538. Otra Orden fue la de los Hermanos de San Camilo de Lelis, dedicada a los atacados de la peste, que actuó eficazmente en la epidemia de Roma de 1590.

El hospital civil no es una institución médica, sino fundamentalmente custodial, para pobres, hasta que el mercantilismo convence de que hay que combatir la indigencia fomentando la laboriosidad (163, *García Guerra, 1993*) En el mundo moderno se inicia la época de los grandes hospitales, al amparo de una nueva moral burguesa. Aunque ya atendidos por médicos, de forma gratuita para los pobres, poco alivian. Sin embargo, en ellos la falta de higiene es grande. Los enfermos se encuentran hacinados en salas superpobladas y en pésimas condiciones. El suelo está cubierto de arena, las ventanas cerradas, están mal ventilados y todo anda sucio. En Diem hay dos y tres enfermos por cama y a veces más. En el siglo XVI (276, *Remón, 1985*) en el Hôtel-Dieu de París, que no es de los peores, **las operaciones quirúrgicas se hacían en el medio de la sala de ingresados**, a la vista de todos ellos. Aún en el siglo XVIII los enfermos contagiosos no se separaban y sólo había instalado algún servicio de baño, más como aplicación de terapéuticas que como medida de higiene. Así estarán las cosas del siglo XVI al XIX.

3. EL DEBATE SOBRE LOS HOSPITALES Y SUS CONDICIONES HIGIÉNICAS EN LA ÉPOCA DE LA ILUSTRACIÓN.

En Inglaterra (114, *Coe, 1973*) desde 1662 (Act of Settlement and Removal) y hasta 1834 (Poor Law Amendment), la gestión pública recaía en el nivel local, los “condados” y, sobre todo, las “parroquias”, cuyos funcionarios se veían desbordados ante estos problemas de cierta envergadura. Ante esta situación, surgieron iniciativas privadas, sobre todo plasmadas en la fundación de hospitales y ambulatorios en Londres y otras zonas densamente pobladas (290, *Rosen, 1985*), de la mano de filántropos, generalmente originarios de las clases medias y, entre ellos, algunos médicos. Varias personas fundan en 1719 en Londres la “Charitable Society” de Westminster. De ella surgen el

Westminster Hospital (1719) y, posteriormente el Guy's Hospital (1724), el St. George's Hospital (1733) y el London Hospital (1740). En 1739 el tocólogo Sir Richard Manningham estableció la primera maternidad en Londres en su propia casa, a la que siguieron pronto varios hospitales. En 1741 se crea la inclusa de Londres. A mediados de siglo aparecen nuevos hospitales en todas las demás ciudades principales, los hospitales especializados y los dispensarios para pobres (290, *Rosen, 1985*), entre éstos el Dispensary for the Infant Poor, en Holbon, Londres, 1769, del doctor George Amstrong. El General Dispensary del médico cuáquero John Coakley Lettsom y otros colegas, fue abierto en 1770. En los hospitales se crean las **primeras unidades especializadas, sobre todo para enfermos contagiosos**, abriendo la primera John Haygarth en Chester en 1783. Todos estos centros sanitarios pudieron realizar una función benéfica y, de paso, introducir novedades científicas de la medicina, pero ni con mucho pudieron con la situación de pauperismo de las clases bajas, agravada por cambios económicos, agrarios e industriales. Los filántropos ingleses no fueron los únicos que levantaron hospitales. En 1752 se abrió en Estocolmo el hospital "Seraphiner" y en 1762 el de Copenhague. De 1784 es la obra del gran nosocomio de Viena, con sus 2000 camas -exagerado tamaño que poco iba a ser del gusto del que sería gran higienista J.P. Frank- y sus grandes espacios y ventanales. En el siglo XVIII (276, *Remón, 1985*) los médicos pasan a organizar el hospital y éste sirve ya en cierta medida para diagnosticar.

A finales del siglo XVIII se llega a una cierta uniformidad arquitectónica nueva, la de los **pabellones separados**. Aparecen las salas de curas y la separación de los enfermos por sexo, edad y situaciones clínicas (infecciosos, agudos, etc.). Se toma como modelo el de la Royal Infirmary de Edimburgo, que se extiende a Viena, Montpellier o Roma. Las plantas laterales del plano en cruz se adoptan y toma la forma de "**panóptico**" para visualizar desde un mismo punto múltiples salas. Se desarrollan otras formas, en C, E ó U.

Las realizaciones prácticas de la Francia ilustrada no estuvieron a la altura de la inquietud intelectual despertada. Ante la existencia de escandalosas deficiencias, Luis XVI había recabado de la Real Academia de Ciencias el nombramiento de una Comisión que estudiase el saneamiento del

Hôtel-Dieu de París, donde, a modo de ejemplo, el índice de saturación era tal que compartían varios enfermos una misma cama, aún estando algunos moribundos. Se constituyó en 1777 con la participación de Lavoisier, Laplace, Coulomb, Darcet, Lassone, Daubenton, Bailey y Tenon. Tras visitar la Comisión los demás hospitales de la capital, **Tenon** en 1786 presentó su famoso informe, donde recomendaba cerrar el Hôtel Dieu y construir hospitales más pequeños, de unas 400 camas, para lo que presentaron planos los principales arquitectos.

Aquí interesa resaltar el debate sobre los riesgos de los hospitales en el momento. Una serie de informes que reflejan el racionalismo ilustrado dan cuenta de unas pésimas condiciones (73, *Bertrand y Bocquet, 1980*). Un problema que producirá **gran preocupación será el de la higiene de los hospitales en relación con la transmisión de las infecciones en su seno**. A pesar de su secularización, y de las nuevas construcciones y las promociones filantrópicas de los particulares y de los poderes públicos, lo cierto es que las condiciones de la asistencia en los mismos dejaban mucho que desear. Entre otros, son datos a anotar el hacinamiento de los enfermos (incluso compartiendo varios una misma cama), la mala alimentación, las intervenciones en la misma sala de ingresos y la existencia constante de gangrena y supuración en las heridas. Queda constancia de que en el Hôtel-Dieu de París la mortalidad de los amputados era entre el 20 y el 80% según las épocas. Allí las trepanaciones quedaron suspendidas desde 1740 a finales del siglo porque a todos los que se les practicaban morían. A mediados de siglo, al instituirse clínicas obstétricas empezó a aparecer masivamente la fiebre puerperal.

Este problema básico de la infección dentro del hospital se interpretaba de acuerdo con la **teoría miasmática** culpando al aire de su aparición (97, *Carrillo et al, 1977*). El médico militar inglés, John Pringle (1707-1782), exponía que las fiebres hospitalarias y carcelarias eran las mismas, probablemente el tifus exantemático. En consonancia con la idea en boga, sostenía que para evitar la fiebre pútrida había que airear los interiores y, además, para contrarrestar en todo caso la putrefacción, fumigar con diversos ácidos minerales. El caballero inglés e infatigable viajero, aunque profano en medicina,

John Howard (1727-1790) (132, *Donahue, 1985; 282, Riera, 1985*) dedicó a los hospitales “Account of the principal lazzaretos in Europe” (1789). Lavoisier intentó mejorar la higiene de las prisiones y se ocupó también de la iluminación, ventilación, alcantarillado, abasto de agua y de comida, de los mataderos y de los hospitales. Un famoso informe se debió a Johann Nepomuk Huncsovsky (1752-1798) cuando fue enviado por el Emperador José II de Austria a estudiar hospitales como preparación para levantar el nuevo gran hospital de Viena. Otro, motivado por el ya mencionado intento de mejora de los hospitales parisienses fue el de Jacques-René Tenon (1724-1816), que dio a la luz con prolijos datos unas “Mémoires sur les hôpitaux de Paris” (1788). En España se hicieron eco de las malas condiciones hospitalarias (297, *Sánchez Granjel, 1985*) **Domínguez Rosains** (1792), y, luego, el cirujano **Francisco Puig** y **Valentín de Foronda**, que traduce y comenta el informe de Tenon.

Estos análisis promovieron innovaciones arquitectónicas hospitalarias con sofisticados ingenios para hacer circular el aire presuntamente transmisor de las fiebres pútridas y que había que expulsar de las salas, incluso como vías de respiración y ventiladores como los ideados por **Le Roy** (1773). **Antoine Petit** escribe la “Mémoires sur la mielleuse manière de construire un hôpital des malades” (1774). La arquitectura hospitalaria interesa en España a **Francisco Antonio Valzania** y a **Benito Bails** (1730-1783), a la cual dedica un apartado en su extenso tratado de materia matemática (1772-1783) (265, *Piédrola Angulo, 1987*). Una característica construcción española fue el Lazareto de Mahón, para control frente al desembarco de personas y materias infecciosas, aunque funcionó como tal tardíamente (1817) y por poco tiempo.

En el entorno del siglo XVIII nace el primer desarrollo hospitalario norteamericano (316, *Smalley y Freeman, 1970; 114, Coe, 1973*), que llegaría a adquirir gran apogeo y a ser paradigmático en cuanto a auge e innovación ya en el siglo XX. Parece que el primer hospital que se fundó allí fue en 1658 por la Compañía Holandesa de las Indias Orientales en la isla de Manhattan. Fue el precedente del Bellevue Hospital y estaba donde ahora está el Ayuntamiento de la ciudad. El edificio fue reconstruido y ampliado varias veces. En 1794 fue lazareto de la fiebre amarilla, desde 1811 fue varias cosas a la vez y acabó

siendo una especie de “casa de los horrores”, donde la mortalidad llegó a ser del 50%. En 1837 una inspección zanjó el asunto dando lugar a una nueva etapa hospitalaria desde 1848. La casa de caridad de Filadelfia, erigida en 1731, tenía unas condiciones espantosas, según demostraron informes de 1793 y 1832, de la que la redimieron las Hermanas de la Caridad y, luego, Alice Fisher, una enfermera de la escuela Nightingale. El Charity Hospital de Nueva Orleans parte de una donación de 1737 del navegante Jean Louis; tras pasar por varias catástrofes se reconstruye en 1832 y se entrega a las Hermanas de la Caridad en 1834. En 1786 los cuáqueros instalaron el Dispensary Philadelphia, para asistencia ambulatoria y otros dispensarios se dispusieron a finales del siglo XVIII en Nueva York y Boston.

En síntesis, en el “siglo de las luces” se fue pasando, poco a poco, de la asistencia caritativa de las Instituciones religiosas, a la beneficencia de tipo laico o civil. Donde el cambio se hará más evidente será en los hospitales, en lo que se abre una nueva etapa presidida por la promoción del espíritu filantrópico que se plasma, bien en el patrocinio particular (hospitales e iniciales dispensarios infantiles en el Reino Unido), bien en la gestión pública (Allgemeines Krankenhaus de Viena). En el centro de un amplio marco de reforma asistencial, el hospital se convierte en la pieza clave del movimiento sanitario ilustrado. Aunque con todo, no con ello iban a mejorar gran cosa sus condiciones higiénicas (114, Coe, 1973), pues parece que las necesidades reales iban a desbordar constantemente la capacidad de respuesta pública.

4. EL HOSPITAL DECIMONÓNICO EN EL PROCESO DE RACIONALIZACIÓN CIENTÍFICA.

Con el paso del siglo ilustrado al XIX el problema de la **infección postquirúrgica** no mejora, sino que, por el contrario, se agrava. Posiblemente se incrementase desde el momento en que se dispone de anestésicos, lo que anima al intervencionismo operatorio. En los años 50 del siglo XIX las descripciones de las salas son sobrecogedoras, siendo lo usual todo tipo de piemias, erisipelas, gangrenas y fiebres sépticas. Por ejemplo, en la Royal Infirmary de Edimburgo, si bien a mediados del siglo XVIII, **Alexander Monro I**

reconocía una mortalidad por amputación del 8%, en 1843 se llega a registrar el 49%. En ese mismo lugar, en 1827 **James Syme** (1799-1870) menciona lo raras que eran las intervenciones sin complicaciones. **Joseph François Malgaigne** (1806-1865) publicaba en 1842 una estadística en que se alcanza el 60% de mortalidad. Todavía en 1860-67 al famoso **Billroth** se le morían el 46% de los amputados, y en 1875 a **Johann Nepomuk Ritter von Nussbaum** (1829-1890), en Múnich, el 80%, y parecido le ocurría a **Richard von Volkmann** (1830-1889) en Halle. Y eran todos ellos eminentes profesionales. Los dos últimos reconocían cómo las frecuentes complicaciones les obligaban a cerrar servicios quirúrgicos (340, Vaquero, 2006).

Entre las operaciones que más se practicaron estaban las motivadas por lesiones producidas en campos de batalla, atendidas con limitados recursos en hospitales de campaña. Una de estas condiciones se dio cuando en 1853 Francia e Inglaterra enviaron tropas a defender al debilitado imperio turco frente al enemigo ruso, declarándose la Guerra de Crimea (1853-1856). Los ingleses tuvieron que habilitar una enorme enfermería en Scutari y desde allí el corresponsal del periódico "The Times" William Howard Russell dio a conocer las pésimas condiciones en que se encontraban los soldados heridos, lo que levantó la indignación del pueblo británico. Saliendo al paso, el Ministerio de la Guerra pidió a **Florence Nightingale** (1820-1910) (132, Donahue, 1985; 262, Peset, 1993) que fuese a remediar la situación al mando de un grupo de mujeres voluntarias, siendo nombrada superintendente del Female Nursing Establishment of the English General Hospitals de Turquía, cuyo hospital base se encontraba en Scutari. Se trataba de un enorme hospital militar, de forma cuadrada y con una torre en cada esquina. Estaba previsto para albergar 1.700 pacientes, pero allí había 4000, haciendo un recorrido de 7 kilómetros de camas, y, habiendo entre otras cosas, una cloaca que le surcaba por debajo; se servía una comida putrefacta sin disponer de cubiertos de comida, etc. En esas condiciones la mortalidad alcanzaba al 42,7%; cuanto más se operaba, se declaraban más casos de gangrena, tétanos, erisipela y "fiebre traumática", en los lesionados. Nightingale abordó una meticulosa tarea de clasificación y separación de pacientes, tanto de los heridos como de los diezmados por epidemias, como el cólera, condicionadas por el hacinamiento, las carencias y

las penosas condiciones higiénicas imperantes. A pesar de estar inspirada en la doctrina de la “**teoría miasmática**”, en su apogeo en el momento, con su proceder obtuvo un gran éxito. Regresó a Londres y prosiguió una brillante labor en el Hospital St. Thomas de Londres y en otros frentes más apacibles como la docencia, la promoción de la moderna enfermería y la epidemiología. Con sus publicaciones, logró que se reformaran (114, Coe, 1973) los hospitales y la sanidad militar británicos, luego los hospitales civiles y luego los de todo el ámbito anglófono. Tal llegó a ser su prestigio que desde Baltimore la llevaron a Inglaterra los planos para consultarla sobre la construcción del luego famosísimo Johns Hopkins Hospital.

Llama su atención lo mala que era la ventilación en los hospitales antiguos, a lo que atribuye la fácil contaminación en el interior. En su obra “Hints on Hospitals” (1859) señala el peligro de la “hospital atmospheric”, muy en consonancia con la “teoría miasmática” (262, Peset, 1993). Nightingale defendió los hospitales de pabellones, habiendo visitado algunos, como el de Renkioi y el Lariboisière. El tipo de “**sala Nightingale**” se organiza para unos 30 pacientes, con servicios independientes en cada sala. Se ubica en edificios de una o dos alturas, separados por zonas de esparcimiento. Se da gran importancia al aire y la luz como elementos de salubridad, disponiendo de amplios ventanales y orientación norte-sur. Se calientan por chimeneas y se emplean materiales resistentes con superficies que se puedan limpiar con facilidad. Arquitectónicamente se enmarca en el diseño de tipo victoriano neoclásico y neogótico. El primero de los hospitales así construido fue el Herbert Hospital, en Woolwich, Inglaterra, en 1859-64, que, con un total de 628 camas, disponía de salas de 26 camas en tres alturas.

Casi en simultaneidad, en Rusia y en 1854 a **Nicolái Ivánovich Pirogov** (1810-1881) le parece que algo debe de haber en los miasmas hospitalarios capaz de reproducirse. En San Petersburgo separó a los pacientes que creía así infectados de los recientemente heridos y operados y llegó a preferir el atender a los heridos de guerra en tiendas de campaña antes que dejarles expuestos al nefasto aire interior de los recintos hospitalarios. El sistema de pabellones separados también fue empleado en la Guerra de Secesión de

Estados Unidos. Otros varios cirujanos propugnaban abandonar los hospitales y llevar a los pacientes a barracones metálicos. Sir **James Young Simpson** (1811-1870), tocólogo de Edimburgo conocido por haber introducido el cloroformo como anestésico y que era un ecléctico contagionista, demostró, comparando amplias series de amputados, cómo evolucionaban mejor los que eran enviados enseguida a su domicilio que los que quedaban en el hospital, y creó el término “**hospitalismo**” para designar la suma de factores patógenos que generan las fiebres sépticas en los hospitales. En 1850 basándose en observaciones efectuadas 14 años atrás, señaló la analogía que le parecía existir entre la fiebre puerperal y la quirúrgica.

Son las intervenciones quirúrgicas las tareas que muestran el más alto riesgo y su escenario el lugar donde se suceden los acontecimientos con conclusión tan dramática (210, *Leski, 1979*; 340, *Vaquero, 2006*). Estos espacios en lo sucesivo serán objeto de especial estudio y de aplicación de medidas preventivas. A mediados del siglo XIX arranca el gran debate del lavado de manos antiséptico promovido a raíz de las observaciones de Semmelweis en la asistencia a los partos en el Gran Hospital de Viena. Casi a la vez que los descubrimientos bacteriológicos, de forma en parte intuitiva y en parte en coherencia con la nueva ciencia bacteriológica, la prevención de la infección quirúrgica se amplía, naciendo el concepto de asepsia y las actuaciones derivadas, incluyendo al medio donde se desarrolla la labor operatoria. El iniciador de este nuevo paso es el cirujano escocés **Joseph Lister**, que tiene el acierto de enlazar sus métodos con la ciencia bacteriológica. La bacteriología cobró auge en pocos años con los descubrimientos del químico **Louis Pasteur** (1822-1895) y sus seguidores. Ya en 1874, ofrece sus propias recomendaciones sobre la esterilidad del material quirúrgico. En tanto, en la Prusia Occidental, el entonces médico del distrito de Wollstein, **Robert Koch** (1843-1910), extrapoló a las heridas infectadas sus recientes conocimientos. Todo ello le permite sentar en 1878 la especificidad bacteriana de las infecciones de las heridas y viene a reforzar los métodos antisepsia de Lister y de otros cirujanos especialmente asentados en el ámbito centroeuropeo. El prestigioso cirujano **Theodor Billroth** (1829-1894) va asentando el funcionamiento y el diseño del espacio quirúrgico como área

específicamente crítica dentro de clínicas y hospitales. Los elementos para protegerle se van implantando en las décadas finales del siglo XIX. Uno fue el uso del calor para destruir los gérmenes de los instrumentos quirúrgicos, como ya recomendaba Louis Pasteur en 1868, mejorado con la invención de autoclave por Charles Chamberland (1880), y el mismo Koch (1881), llevándole al ámbito quirúrgico Trendelenburg, en su clínica de Bonn (1882) y en Francia Léon Tripier (1883) y Raoul Redard (1886). Es hacia 1880 cuando se empiezan a construir las salas de operaciones ateniéndose a los principios de la asepsia (290, Rosen, 1985).

Las novedades se van a implantar, acaso con exageración. Un fiel seguidor de Lister, el cirujano de Kiel **Gustav Adolf Neuber** (1850-1932) (210, Leski, 1979) abre en 1885 una clínica quirúrgica privada en pleno bosque (por aquello de buscar la mayor pureza del aire), en la que dispone de quirófanos separados para enfermos infecciosos y para no infecciosos. En ellos instala filtros de entrada del aire, y un sistema de poleas para sacar al exterior los desechos. Impone el lavado de manos, brazos y cara de los médicos y del personal auxiliar con sublimado, y el empleo de mandiles y botas de caucho. Aplica el fregado rutinario con sublimado de puertas, ventanas y del suelo, ya construido con terrazo. Donde viene a consagrarse definitivamente la práctica quirúrgica antiinfecciosa es en la clínica de Berlín de **Ernst von Bergmann** (1836-1907), que adoptó la esterilización con autoclave en 1886, para el instrumental y toda la indumentaria del cirujano y sus asistentes. Allí **Victor Hacker** había introducido la bata quirúrgica en 1884. El ayudante **Curt Schimmelbusch** consolida definitivamente en 1889 todos los fundamentos de la asepsia quirúrgica, con una validez, en casi todos los aspectos, inalterable hasta nuestros días. Otra novedad básica, fue la mascarilla facial quirúrgica, difundida hacia 1897 por Johann von Mikulicz-Radecki y Carl Flügge. Los guantes quirúrgicos serán introducidos por Halsted en Nueva York al filo del nuevo siglo.

El vuelco de las pésimas condiciones higiénicas hacia una mejora que cabe calificar de revolucionaria, con base científica, acontecida a finales del siglo XIX, sobre todo en el área crítica específica que es la operatoria, es

simultáneo con el modelo arquitectónico hospitalario nacido en la época ilustrada. La construcción más típica va a ser el **hospital de pabellones** (262, *Peset, 1993*), una tipología que tiene su mejor ajuste en el hospital de grandes proporciones.

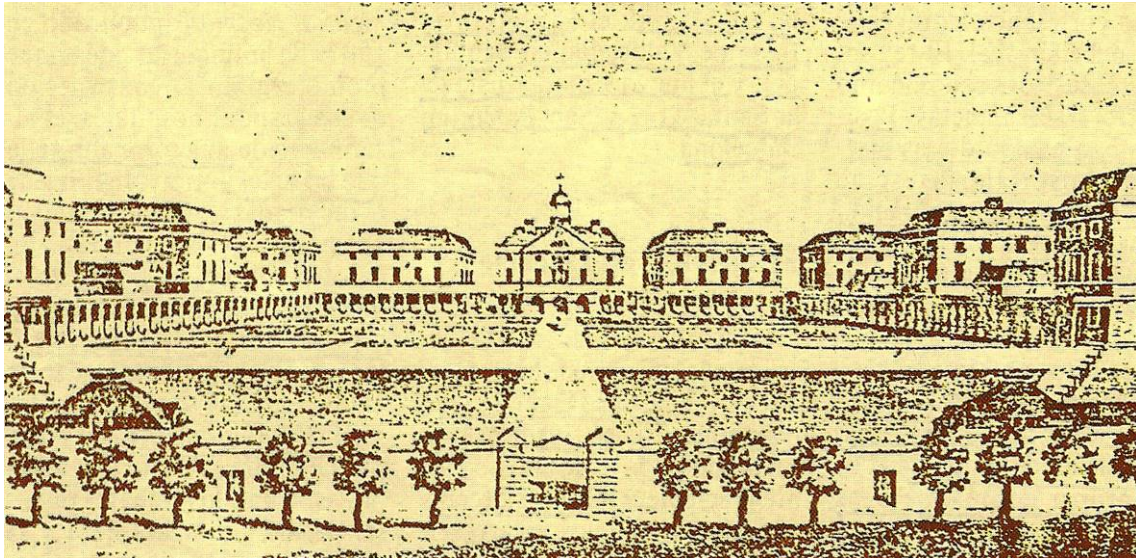


FIGURA III.4. Royal Naval Hospital (Inglaterra). Vista de los pabellones independientes.

El **hospital de pabellones** acoge las nuevas ideas higiénicas (263, *Peset, 1993b*), en tanto trata de dar cabida a gran cantidad de enfermos. La palabra “pabellón” en arquitectura se refiere a una construcción baja y alargada, que se usaba en los ámbitos de recreo. Este tipo de hospital moderno se desarrolla según dos modelos, uno anglosajón y militar y otro francés y civil, identificados ambos con el predicamento de Florence Nightingale. De estilo victoriano, están constituidos por pequeños edificios, de dos o tres alturas, a veces unidos por corredores. Dan cabida a salas alargadas con suficiente ventilación y soleamiento. Resultan cómodos y espaciosos, pero eran caros, al requerir extensos solares. Uno de los primeros ejemplos fue el Royal Naval Hospital, de Plymouth (1765), para 1250 enfermos. De los pabellones derivan los barracones de madera ideados por James Tilton en curso de la guerra de independencia norteamericana. Hay que mencionar el Gran Hospital de campaña Isambard Brunel, en Renkioi, el Lincoln Hospital de Washington, con 2575 camas, y, luego, el Herbert Hospital inglés y el Johns Hopkins, de Baltimore. En Francia el primer hospital de este tipo fue el Lariboisière, en el centro de París (1846-54), de tres pisos.

Entre el aprovechamiento de edificios antiguos y la forzada limitación impuesta por los insuficientes solares de nuevos hospitales con más modestas pretensiones cabe toda una diversificación. En España hay algunos ejemplos característicos de estas opciones de compromiso (329, *Tornes, 1985*). En 1849 el Gobierno organiza la beneficencia pública (297, *Sánchez Granjel, 1985*), en los tiempos de plena iniciativa constructiva en pabellones, si la extensión del solar lo permitía. Una limitación de este tipo hizo que el arquitecto **Luis de Landecho** se tiene que privar de este modelo al construir la Escuela de Matronas y Casa de Salud de Santa Cristina (331, *Tornes, 1991*) de la calle O'Donell de Madrid. En la capital, en el siglo XIX y hasta 1875, aproximadamente, los hospitales se creaban por fundaciones particulares y luego se dejaban en manos de alguna orden religiosa (San Juan de Dios, Hermanas de la Caridad), pues aún prima el sentido religioso. Había una ausencia total de hospitales generales, habiéndose fundado casi todos para destinos concretos. Como hospitales de pabellones en España se edifican el Hospital de la Cruz Roja y el de San José y Santa Adela, en Madrid, la Casa de Salud de Valdecilla (297, *Sánchez Granjel, 1985*), en Santander, el Hospital de Basurto, en Bilbao (1908), y el Hospital de Santa Cruz y San Pablo, en Barcelona. El Hospital de San José y Santa Adela, en Madrid, para cancerosos, del arquitecto **José Marañón**, tardó mucho en abrirse por falta de fondos económicos suficientes. El Hospital de Jesús Nazareno, lo fue para mujeres incurables; el Hospital de San Pedro, para sacerdotes pobres; el Hospital de San José, para epilépticos, etc. El Hospital de San Francisco de Paula o de los Jornaleros, también llamado Hospital de Maudes (320, *Tornes, 1990*), era un artístico edificio, todo de piedra, con planta en aspa: un octógono central del que emergen cuatro brazos radiales y con un cuerpo añadido a la entrada, Iglesia, y otros cuerpos secundarios. La obra del Hospital de la Princesa tuvo uno de los peores sostenimientos; se hizo tan precariamente que a los 18 años de haberse levantado sus galerías ya estaban ruinosas.

Por la aparición de diferentes epidemias infecciosas, en España se habilitan edificios diferentes casi para cada una de ellas. Además, **por causa de las consiguientes razones higiénicas a inicios del siglo XX los pabellones alcanzan su mayor auge**. Pero conviven variaciones de planta:

conjuntos cerrados; formas cuadradas o rectangulares (Dispensario Antituberculoso Victoria Eugenia), en torno a uno o varios patios interiores; plantas tradicionales, como la cruz latina (Pabellón de Oncología Victoria Eugenia, de **Hernández Briz**, de 1928), o con dos brazos transversales (Instituto Oftálmico, de **José Urioste**). Otro es el sistema de pabellones semiaislados: Hospital de la Princesa, de **Aníbal Álvarez Bouquel**; Hospital de San Nicolás, que difunde el pabellón principal rectangular con algunos pabellones adheridos ortogonalmente, unidos o no entre sí, con planta en forma de E o F; parecidos a los llevados a cabo fuera por Poyet o Tenon. Los pabellones se pueden intentar totalmente aislados, como se realiza tímidamente en el Hospital de San José y Santa Adela (sólo cuatro pabellones paralelos, dos a dos, con un patio central) o en el Instituto Rubio (sólo cinco). Otras veces configuran grandes conjuntos (266, *Porrás*, 1994), como el Hospital de San Juan de Dios, el Hospital Militar de Carabanchel, el Hospital del Rey, el Hospital Psiquiátrico de Ciempozuelos o el Manicomio Provincial de Alcalá de Henares, todos ellos con la idea de eje central y disposición simétrica. Los hospitales acaban pareciéndose a las prisiones y se construyen con materiales pobres: ladrillo vista y solo piedra en los zócalos y embocaduras de los huecos. Aunque hay casos de más prestancia, como el mencionado Hospital de Maudes.

Los estilos son variados y predomina el “eclecticismo”. **Ricardo García Guereta** en el Hospital del Rey impone un estilo frío y aséptico (266, *Porrás*, 1994). En todo caso en el paso del siglo XIX al XX, el estilo y el arte queda para la fachada y para algunas partes especiales (la Iglesia) y si le hay en el interior se inspira en el gótico. El interior, basta que sea higiénico, con azulejos en los revestimientos por su impermeabilidad y fácil limpieza. Desde la perspectiva actual se puede apreciar la simplicidad formal del hospital pabellonario de ese momento. Un caso de especial belleza es el del Hospital de San Pablo, de Barcelona, proyectado con 18 pabellones independientes, por **Luis Domènech i Montaner**, el cual siguió las obras entre 1902 y 1923, en que muere, continuándolas su hijo **Pedro Domènech i Roura**. En España se buscan ubicaciones en los ensanches, como en Madrid, por el menor coste de los terrenos y por las ideas sanitaristas de situación en el aire puro. Los centros

antituberculosos se llevan hasta la sierra.

La idea del contagio en relación a los hospitales abocó a iniciativas muy singulares. En Inglaterra, el MAB (Metropolitan Asylums Board) (332, *Truells, 2009*) constituyó un primer sistema de organización hospitalaria, al que alcanzó a prestar consejo Florence Nightingale. Se había fundado para luchar contra las enfermedades infecciosas entre las personas más desfavorecidas, especialmente contra la viruela. Ante el rechazo de la población a tener próximos este tipo de enfermos, se decidió habilitar, a partir de 1880 y durante 20 años, como hospitales fluviales a tres barcos amarrados a las orillas del Támesis, llamados el Atlas, el Endymion y el Castalia.

La **ventilación constituyó una preocupación constante en recintos con hacinamiento generalizado** (308, *Sennet, 1997*). A pesar de los ideales higienistas del siglo XVIII, la tecnología constructiva no permitía su solución, en contradicción con la imperante teoría miasmática que atribuía exclusivamente al aire la adquisición de infecciones en su interior. Los edificios tenían corrientes y encima estaban mal ventilados. El primer avance fue la aparición de la calefacción central, que permitió conjugar un entorno confortable y aislar del medio urbano externo. En 1742 aparece la “estufa Franklin” y en 1784 James Watt caldea sus oficinas con vapor. A principios del siglo XIX se empezaron a calentar grandes edificios con vapor y también pudo así suministrarse agua caliente. Pero los edificios seguían mal aislados y mal ventilados. El problema de la ventilación se podría resolver en cierta medida con la calefacción por aire ideada por la Sturtevant Company en los años 60 del siglo XIX. Cuando los arquitectos comenzaron a sellar los edificios también se ocuparon de dirigir el aire, expulsando el viciado. Emplearon nuevos materiales, como las hojas continuas de vidrio en los huecos de las ventanas (se introdujeron en los grandes almacenes en los años 70 del siglo XIX). Otra solución fue instalar conductos de ventilación supliendo la antigua función de las ventanas, que se pusieron en el enorme Royal Victorian Hospital, de Belfast, de 1903. En la segunda y tercera décadas del siglo XX ya se usaron materiales aislantes más efectivos y flexibles. El sellado de los edificios también avanzó con el alumbrado eléctrico inaugurado por Edison en 1882.

Hasta entonces la luz de gas tenía escapes peligrosos. Además prestó independencia a los grandes edificios de la luz de la calle.

5. EL HOSPITAL VERTICAL EN EL SIGLO XX.

Llegado un momento, incluso el modelo de hospital de pabellones (263, *Peset, 1993b*) se mostró insuficiente y se tuvo que enfrentar con graves problemas: a) Necesidad de dar cabida a sectores de mayor complejidad técnica, como laboratorios y quirófanos. b) La magnitud de sus solares encarecía su construcción; las masivas migraciones europeas hacia Norteamérica impulsó el crecimiento de sus ciudades donde fue necesario hacer nuevos hospitales para atender a un mayor número de personas, y c) la aparente pérdida de sentido cuando se vino abajo la “teoría miasmática”.

Aclarados, a comienzos del siglo XX, los mecanismos de transmisión de muchas enfermedades infecciosas, **se decide que los mecanismos de contagio por el aire son escasos y el aislamiento en pabellones es innecesario**. Un nuevo concepto va a presidir el diseño hospitalario: el camino más corto, que no es el de las enormes distancias entre pabellones, está entre plantas superpuestas. Todas estas cuestiones recibieron respuesta acomodada, de mano de la tecnología: a) El **ascensor** vino a resolver el desplazamiento en vertical (308, *Sennet, 1997*) y con él pudo aparecer el rascacielos. Se empezó a usar en 1846, siendo, al principio movido por hombres que usaban contrapesos. Más tarde lo será por máquinas de vapor y luego por energía hidráulica. Su seguridad ganó cuando Elisha Graves Otis introdujo los frenos hidráulicos. En Estados Unidos desde finales del siglo XIX se construían rascacielos y desde allí se inspira el hospital vertical (302, *Santos Guerras, 2003*). Con ese modelo el hospital puede hacerse urbano consumiendo la menor superficie de solar. b) La utilización de **nuevos materiales en la construcción**, como los perfiles de acero laminado en la estructura portante admitían soportar mayores alturas. c) La **ventilación y los sistemas de acondicionamiento del aire** permitían controlar mejor las condiciones climáticas interiores incluso en construcciones más compactas.

La primera propuesta de construcción en torres (263, *Peset*, 1993b) partió del cirujano de Chicago Albert Ochsner (1905), como recoge el libro de Ochsner y Sturm "The organization, construction and management of hospitals" (1907), con un edificio de base y una torre de salas de ingresos. El primer plan fue de **S.S. Goldwater**, superintendente del Mount Sinai Hospital, de Nueva York (1910), con una planta en T. Así al principio se fue llegando a una construcción frontal y varias torres posteriores adosadas, todo lo cual se pudo hacer gracias a la aparición de nuevos materiales fuertes (acero) y ligeros.

Al principio el edificio hospitalario se limitó a alturas relativamente modestas, de 5 ó 6 pisos, pero ya en 1925 se atreven con los 22 niveles del **Medical Center de Nueva York**, con capacidad para 2400 enfermos, que con su monumental aspecto revolucionó el mundo asistencial. Por entonces se partía de una planta peine en cuyas púas se superponían en altura salas comunes de hasta 12 camas con grandes terrazas de curación orientadas al mediodía. Al mencionado centro, enseguida sucedieron otros en Los Ángeles, Seattle y en el mismo Nueva York a inicios de los años 30. Su gran capacidad y las instalaciones industriales que los sustentaban fascinaron también en Europa.



FIGURA III.5. Medical Center de Nueva York (EE.UU.). Vista exterior.

En la era del desarrollo de las especialidades médicas cada planta podía albergar un departamento médico completo. Las comunicaciones verticales se solventaban con un núcleo central o con varios, cada uno en un ala del edificio.

Si debía albergar cierta complejidad funcional, como ocurriría en los hospitales universitarios, la planta contaba con amplios patios interiores, como dispuso **Sánchez Arcas** en el Hospital Clínico de Madrid (1932-36), de ocho pisos en torno a un gran patio rectangular. En 1935 se construye en Francia el que será durante bastantes años el hospital europeo más alto, de 12 pisos, el **Beaujon** (263, *Peset, 1993b*), de **París-Clichy**, con 1400 camas, de los arquitectos **Jean Walter** y **Cassan**, también con un diseño básico en peine.

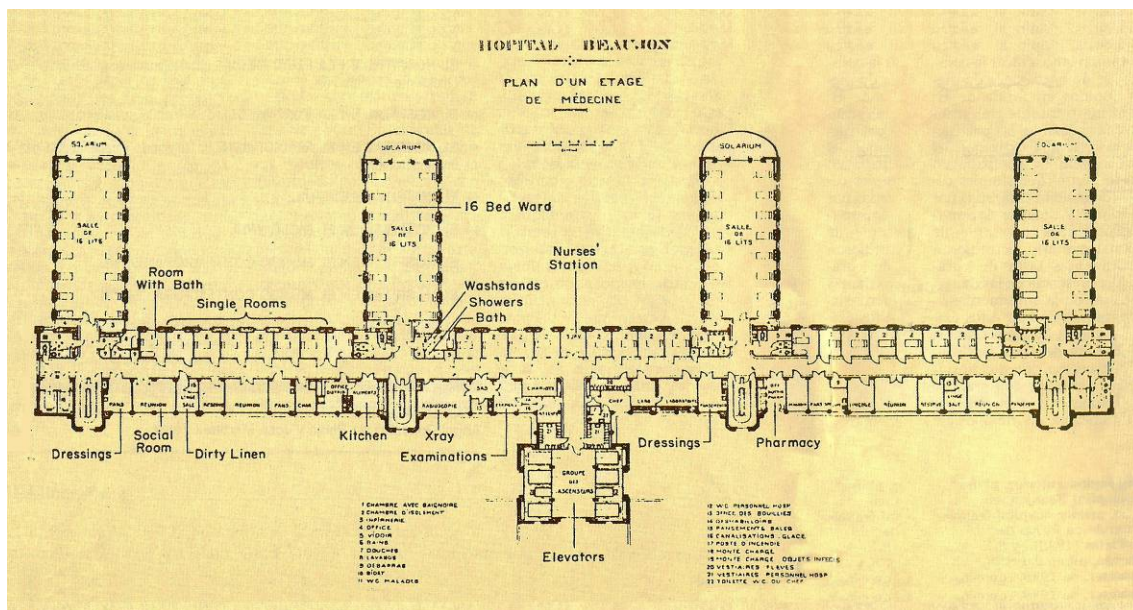


FIGURA III.6. Hospital de Beaujon en Paris-Clichy (Francia). Plano de una planta de medicina.

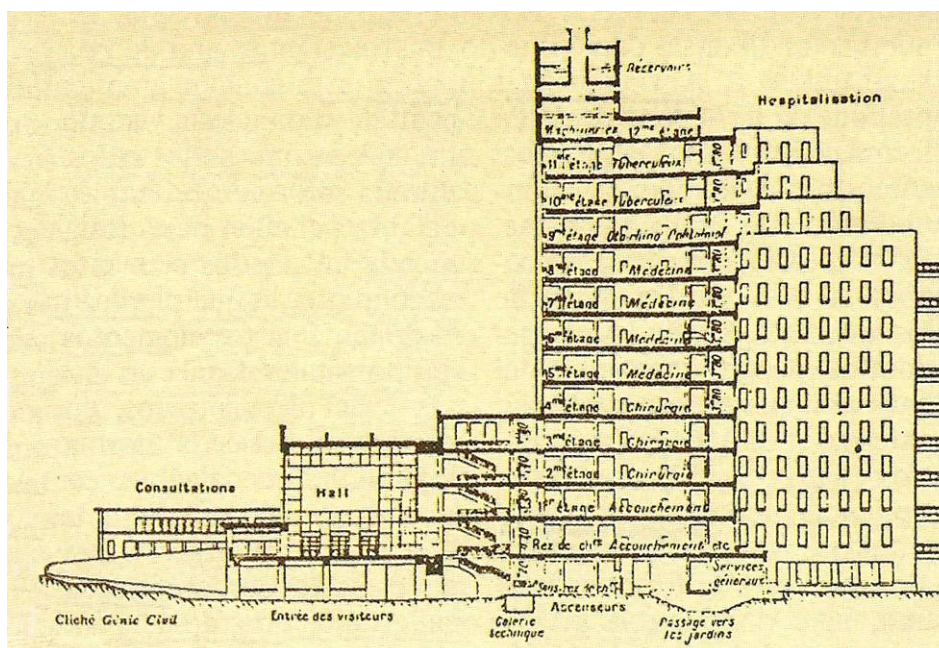


FIGURA III.7. Hospital de Beaujon en Paris-Clichy (Francia). Sección transversal.

Pronto se renuncia al doblegamiento a la forma en peine y se opta por desarrollos más longitudinales, para un mejor soleamiento de las habitaciones, lo que por entonces aún constituía una auténtica obsesión. En España se escoge con frecuencia el **modelo del “doble bloque”**, dos alas unidas por un núcleo central, una, más elevada para salas de enfermos y la otra para policlínica, servicios diagnósticos y quirófanos. Como fueron creciendo las exigencias espaciales para los servicios diagnósticos y de tratamiento, en un tiempo se recurre a la **forma de “torre-basamento”** en la que un edificio fundamentalmente vertical, para camas, se eleva sobre una superficie mucho más extensa donde se sitúan dichos servicios centrales, contando para la ventilación de éstos con el auxilio del aire acondicionado. En todo éste tiempo la idea del gigantismo y la masificación se apodera de las construcciones realizadas.

En los años 50 y 60 el Instituto Nacional de Previsión lidera la construcción hospitalaria (230, *Martínez Estrada, 1975*; 337, *Vaquero, 1979*), ateniéndose al modelo en boga, el vertical, acomodado al principio a una función eminentemente quirúrgica. Con este estilo, muy reproducido, se crea el **antiguo Hospital “Río-Hortega”** de Valladolid, objeto de nuestro estudio, diseño de **José Marcide**. Se pueden mostrar muchos ejemplos. La Residencia Sanitaria de Cádiz (86, *Cabello, 1978*) se levanta sobre un solar muy limitado (15814m²), que obliga a un grupo compacto de cuatro plantas rectangulares de 108x70m., sobre la que se elevan los cuerpos de enfermería con forma de peine, con seis plantas los anteriores, que son tres, y siete en el longitudinal posterior. La proyección, luego expandida a la inclusión de todas las especialidades médicas, requiere mayores dimensiones y obliga a construir varios edificios, funcionalmente conexos y constructivamente independientes, siempre tendentes a la verticalidad (**Ciudades Sanitarias**).

En algunos casos cabe aludir a los innovadores, para la época, **sistemas de acondicionamiento**, en tanto es materia especial de este estudio. La Residencia Sanitaria de Badalona (98, *Casares, 1978*), es vertical y de 1200 camas. Se significa que se ha dotado de aire acondicionado total, para lo que se ha usado el sistema de alta velocidad de inducción y cajas

destensoras, en hospitalización, y de baja velocidad en el resto del edificio. A los quirófanos se los dotó de sistemas de alta velocidad con regulación autónoma de temperatura y humedad en cada uno de ellos. Se realiza una centralización de equipos en las áreas técnicas, llegando a reunir 32 climatizadores en cada una de ellas y teniendo los ventiladores, elementos productores de ruido, en cámaras insonorizadas. La Residencia Sanitaria de Guadalajara (78, Botella, 1978) fue ultimada en marzo de 1977 según un típico modelo “en peine”. Todo el edificio está climatizado con un sistema “todo aire”, en alta o baja velocidad según zonas, usándose cajas reductoras o inductores en función del local acondicionado. Las temperaturas de cálculo son de 24°C en verano y 22°C en invierno, con una humedad relativa del 50 y del 45%, respectivamente.

Pero ésta versión vertical, pasadas unas décadas, se irá poniendo en cuestión. Se aprecia un agobio de difícil solución, producido por las casi imprevisibles necesidades de crecimiento de servicios centrales médicos con nuevas tecnologías. Se trata de darlas cabida y se piensa en independizar estos servicios centrales y establecer tramas bidireccionales pensadas al efecto. Pero aún así se planteaban problemas relacionales de las comunicaciones verticales y horizontales y carencias de flexibilidad, que condujeron a nuevos planteamientos más preconizados desde la década de los años 70. El **hospital “monobloc”** surgido a ambos lados del Atlántico se introdujo intensamente en España hasta los años 80. Los hospitales españoles se proyectan más horizontales en los años 70, cuando se hacen más pequeños, como hospitales comarcales, de alrededor de 100 camas (157, Flórez, 1978; 337, Vaquero, 1979).

III.1.B. TENDENCIAS HACIA UNA NUEVA TIPOLOGÍA HOSPITALARIA.

Al alcanzar el último tercio del siglo XX el hospital había evolucionado ampliamente (41, Aragón, 1974; 362, Zapatero, 1971; 164, García Orcoyen, 1975; 309, Serigó, 1972), desde su primitivo estatus de centro asilar o custodial, hasta convertirse en un servicio sanitario comprensivo, con apertura funcional al exterior y una actividad preventiva. (FIGURA III.8).

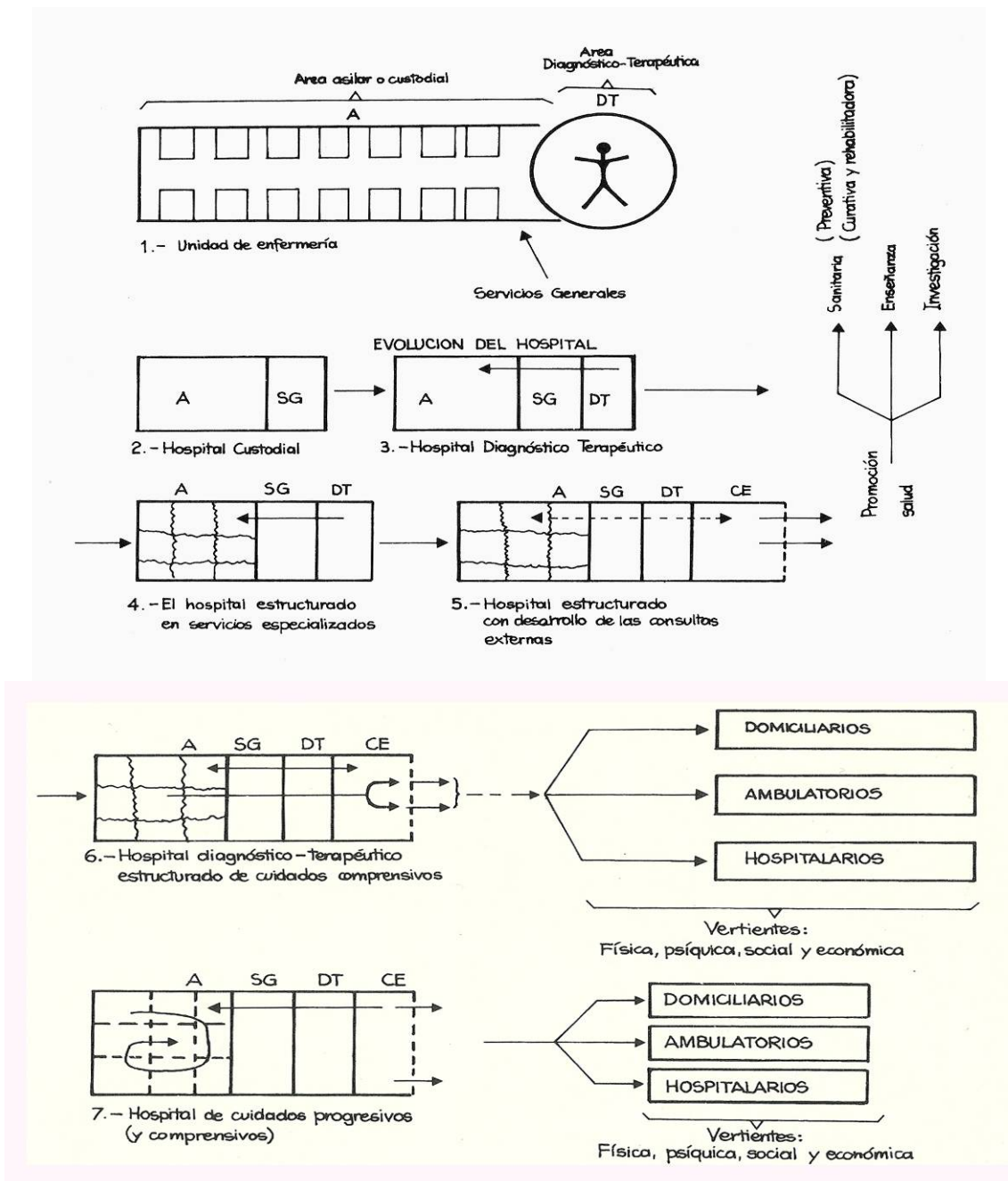


FIGURA III.8. Evolución funcional del hospital.

La célula básica es la **unidad de enfermería** sostenida por los servicios generales y el **núcleo diagnóstico-terapéutico** (hospital diagnóstico-terapéutico), lo que coincide con la especialización de los servicios asistenciales. Luego **se permeabiliza hacia el exterior con consultas externas** y se lleva a cabo una gradación de la intensidad de la asistencia en forma de **servicios graduados o progresivos**. En el proceso el hospital evoluciona hacia una **organización de carácter empresarial** (267, *Porrás Orúe, 1975*) y se tiene que ajustar a criterios de acreditación como organización cualificada por agencias especializadas, siendo pionera la Joint Commission on Hospital Accreditation, de Estados Unidos (93, *Carrasco y González Arias, 1993*).

Cuando se da esa transición funcional aún estamos ante el hospital vertical, pero luego éste entra en crisis y han de aparecer proyecciones constructivas posteriores que ya se debaten y ejecutan en el momento actual (302, *Santos Guerrass, 2003*).

Ya en 1955 **Powell** y **Moya** dan otra versión de un hospital que sin dejar de ser vertical, admite otras cualidades estéticas y funcionales, cual es el Wexham Park Hospital, de 500 camas, en Inglaterra, edificado entre 1962 y 1966 y que se vuelve a aproximar a la disposición en pabellones. Sobre 1964 en Israel se diseña un sistema modular apto para la planificación y construcción rápida que estaba siendo demandada.

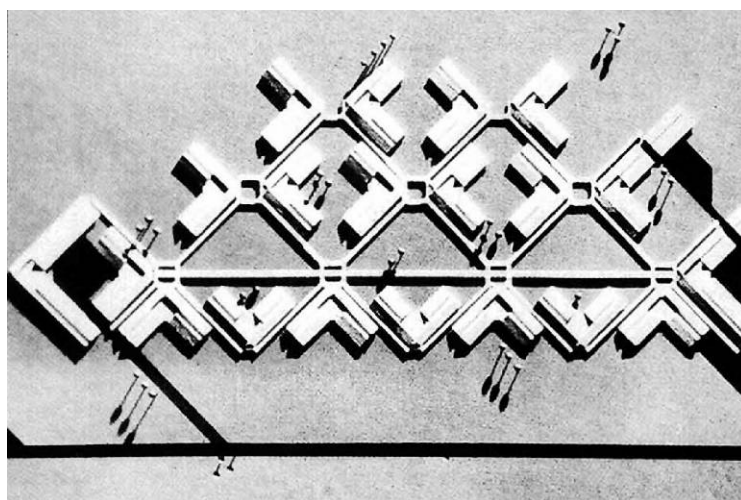


FIGURA III. 9. Hospital modular prefabricado (Israel). Maqueta.

En 1965 **Le Corbusier** presenta su anteproyecto de hospital para Venecia, de 1200 camas, con solo tres niveles principales, para poder respetar la silueta de la histórica ciudad. Como extrema originalidad encaja a los pacientes en cubículos aislados y agrupados en unidades de enfermería de 28 camas (FIGURAS III.10 y III.11). El proyecto quedó truncado por la muerte del autor ese mismo año.

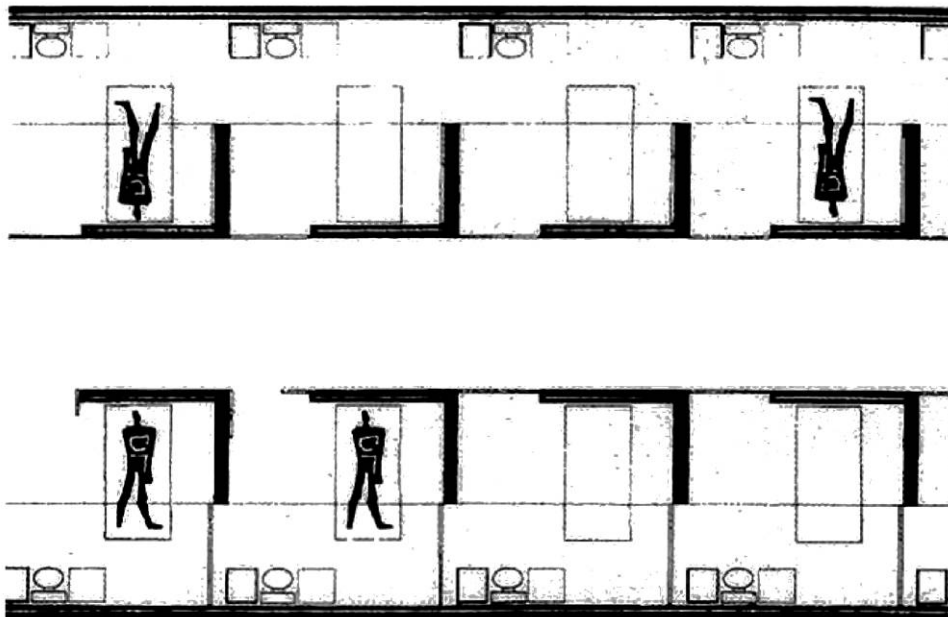


FIGURA III.10. Hospital de Venecia (Italia) de Le Corbusier. Diseño de la planta de hospitalización.

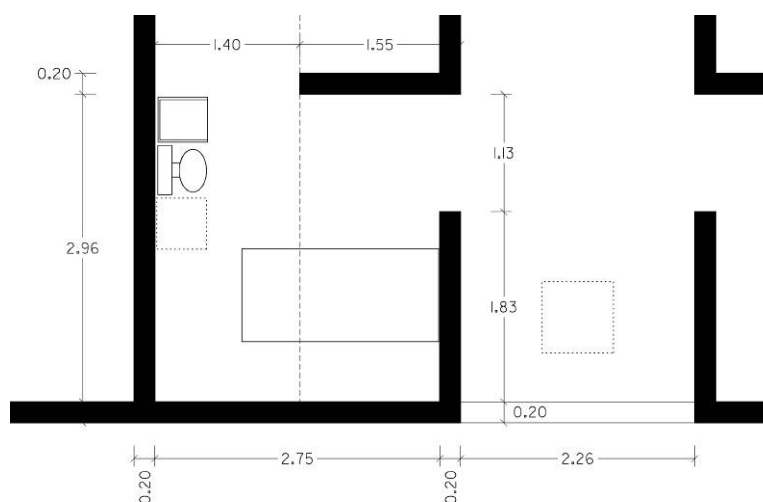


FIGURA III.11. Hospital de Venecia (Italia) de Le Corbusier. Dimensiones de una de las habitaciones de la planta de hospitalización.

Cuando a finales de los años 60 se replantea el tamaño de hospital, yendo al de tipo intermedio, para distritos, vuelve a considerarse como mejor alternativa el hospital horizontal, con la consiguiente moderación del empleo de ascensores. Incluso se separa la zona industrial y de servicios de hostelería del bloque básico, reservando éste a un ambiente más acogedor. Es el modelo del Hospital de Leonberg (R.F.A.), de 446 camas, de **E. Heinle** y **R. Wischer** (FIGURA III.12).

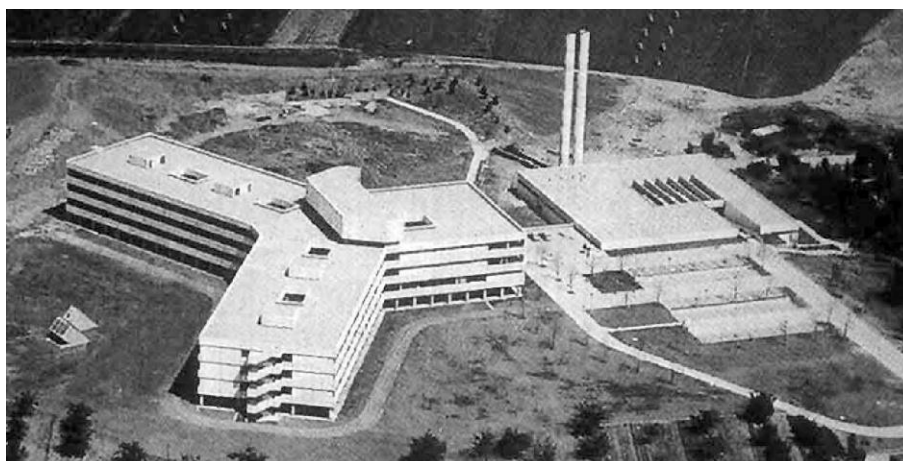


FIGURA III.12. Hospital de Leonberg (Alemania). Vista aérea.

En los años 60 **Isadore Rosenfield** (291, *Rosenfield*, 1961), una clásica arquitecta de hospitales, describiendo el hospital como un todo, hace una aproximación metodológica al diseño, basada en la “teoría de la contigüidad”, que se plasmó en múltiples encargos. Según ella, todas las conexiones entre áreas de trabajo del hospital, necesarias para llevar a cabo funciones con consulta, diagnóstico o tratamiento, serán mejor horizontales que verticales, cortas que largas, rápidas que lentas, seguras que problemáticas y estimulantes que depresivas. El principio básico de la planificación hospitalaria es la contigüidad horizontal. La autora hace una apología de este tipo de hospital y aboga por un planteamiento firme como sustitutivo de la mecanización del hospital, empleada con excesiva intensidad. Acaba por ver convertida a la arquitectura hospitalaria como arte social.

Las soluciones se diversifican (FIGURAS III.13 y III.14) En el Hospital Universitario de Göttingen se opta por bloques más bien horizontales para la

hospitalización, conectados con un área más compacta de servicios médicos centrales y de docencia e investigación.



FIGURA III.13. Hospital Paracelsus en Ruit (Alemania). Maqueta.



FIGURA III.14. Hospital de Herlev (Dinamarca). Maqueta.

La incesante demanda de espacios de configuración imprevista poco tiempo antes de acabar la obra (en fase de diseño) hizo surgir el concepto de “**hospital contenedor**”, que gira en torno a cuatro ideas:

- Uso de **estructuras de gran luz**, para facilitar desarrollo de funciones y remodelaciones. Estructuras del orden de los 15m ó más entre soportes, en una, o, preferentemente las dos direcciones.

- Empleo del canto del elemento estructural horizontal para proveer un espacio accesible, denominado **espacio intersticial**, para albergar las instalaciones mecánicas y eléctricas y facilitar el mantenimiento por el personal destinado al efecto.
- Menos plantas y muy profundas para facilitar las **relaciones horizontales** y disminuir la dependencia de los ascensores.
- Concebir la estructura y la piel del edificio para poder acomodar diferentes distribuciones internas. Para lo cual se requiere un **diseño modular** y un sistema de instalaciones mecánicas flexible. Así, incluso, se puede iniciar la obra sin haber decidido por completo su partición.

Este hospital-contenedor conlleva mayores costes iniciales y una fuerte dependencia de los sistemas mecánicos al **necesitar sus extensas plantas entornos de atmósfera controlada**. Pero admite mejor las remodelaciones. Cuando se piensa en este modelo preocupan también los gastos de explotación y un diseño inflexible les incrementa. Inaugura este nuevo tipo de hospital el Greenwich District Hospital de Londres, de **William Tatton Brown**, acabado en primera fase en 1969. La estructura principal tenía una luz de 19,50m y la secundaria de 4,90m. El interpiso que se creaba, con un espesor total de 2,10m poseía una altura libre real de 1,80m, reducida a 1,20m al paso de las cabezas de las vigas. Estos espacios intersticiales constituían una verdadera novedad, bajo la idea de facilitar la accesibilidad a los servicios mecánicos y eléctricos sin entrar en los espacios primarios. El concepto se extendió rápidamente, sobre todo en Norteamérica: Hospital de Santa Cruz, en California, de 100 camas, de **R.W. Allen** (1970) (FIGURA III.15), Hospital Municipal de Boston, de 1.300 camas (FIGURA III.16), del mismo **R.W. Allen** y **R.A. Zambrano**, Woodhull Medical Center, de Brooklyn, Nueva York, (FIGURA III.17) del grupo **Kallman & McKinnell** y **Russo & Sonder**, de 610 camas, a base de cerchas de acero. El hospital intersticial se consolida, para todo el edificio, o para las zonas más complejas (laboratorios, radiología, quirófanos).

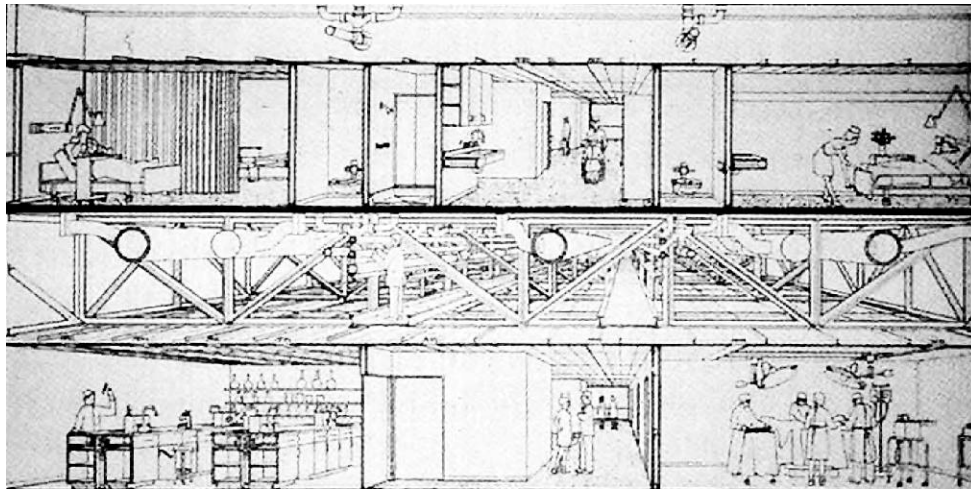


FIGURA III.15. Hospital de Santa Cruz en California (EE.UU.). Sección tipo.

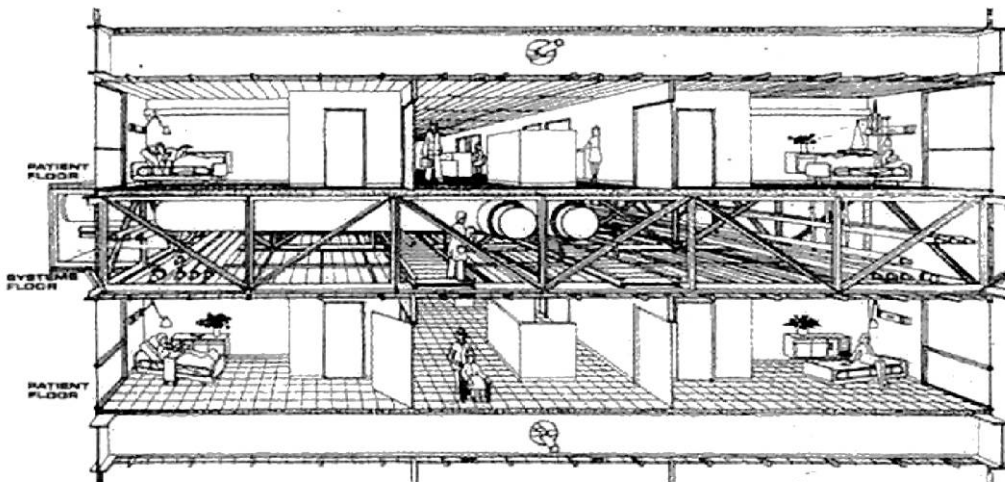


FIGURA III.16. Hospital Municipal de Boston (EE.UU.). Sección por el nivel intersticial.

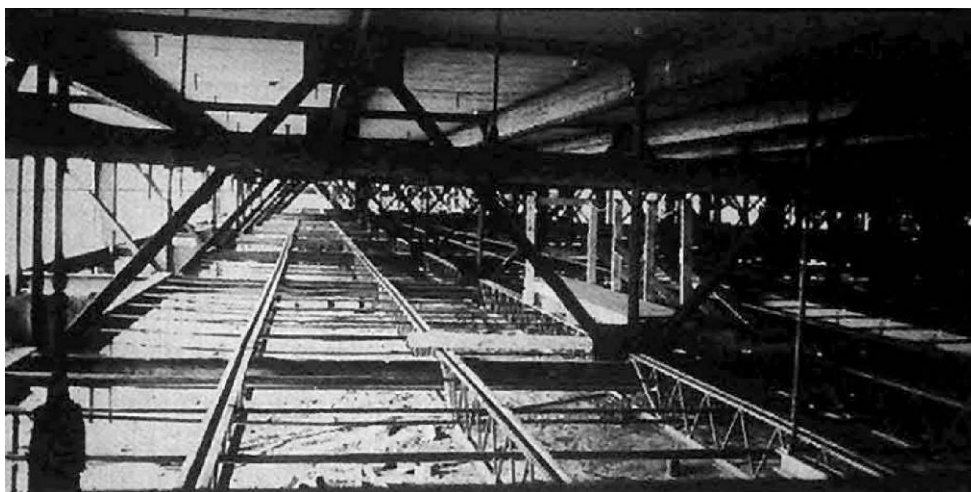


FIGURA III.17. Woodhull Medical Center de Brooklyn en Nueva York (EE.UU.). Vista de la planta intersticial en construcción.

A partir de la idea del **modelo hospital-contenedor**, en algunos hospitales universitarios se desarrollan esquemas tridimensionales en forma de malla ortogonal en que el arquitecto no valora especialmente el destino de los espacios y dispone de grandes superficies. Versiones de esto son: El Hospital Universitario McMaster de Hamilton, acabado en 1983, de **Craig, Zeidler y Strong**, con 840 camas o la Clínica Universitaria de Aquisgrán, acabada en 1986, de 1500 camas. El proyecto de ambos databa de 1968. La arquitectura se limitaba a resolver problemas de flujos y sistemas. Resultaron obra de la fe ilimitada en el progreso tecnológico y demasiados caros para la crisis económica con que se tuvo que contar. Las autoridades sanitarias británicas se apoyaron en las relaciones matriciales para configurar módulos en forma de cruz, en las que se mejoraba la ventilación natural de los espacios. Esto se adoptó al hacer la Residencia Sanitaria de Sagunto, Valencia, de 1980, con 300 camas y un máximo de tres alturas, siendo el primero de los hospitales públicos españoles pensado en la horizontalidad. Fue obra de dos arquitectos que habían trabajado en las clásicas Residencias Sanitarias de la Seguridad Social española, **Fernando Flórez y Luis López-Fando**. Estos mismos, con **Luis Fernández Inglada y Bernardo García-Tapia** repetirían el esquema en el Hospital Universitario de Getafe (FIGURA III.18.).



FIGURA III.18. Hospital Universitario de Getafe en Madrid (España). Vista aérea.

La solución matricial presentaba algunos problemas de mezcla de circulaciones y dificultades de orientación interior para los usuarios y el hospital

contenedor, aún con su flexibilidad, solo podía crecer dentro de su forma finita y diluía el significado de las partes. En otros modelos, como el que los críticos llamaron **hospital-titanic** (151, *Fernández Inglada, 2008*) como el McMaster Hospital de Toronto (Canadá) y el Hospital de Aachen (Alemania), el alto grado de sofisticación de los ambientes especializados y las instalaciones mecánicas para tratarlos, se relacionaron con la aparición de infecciones nosocomiales por los conductos de climatización. Frente a ello como interpretación opuesta surge una tendencia a **reinterpretar el sistema de pabellones**, según esquemas lineales de extensión indeterminada y baja densidad. Se estructura en torno a una vía principal reconocible desde la que se accede a partes con cierta autonomía. Se rechaza el sentimiento de estar en un medio amenazante como alarde de poder. Se humaniza (302, *Santos Guerras, 2003*), acercando a los habitantes a un entorno más natural. Además se pensaba renunciar al uso intensivo de sistemas mecánicos que exigen las plantas compactas. Ya en Gran Bretaña en los años 60 permanecían conceptos de este estilo, que en alguna medida asumen en el proyecto de 1962 del Northwick Park Hospital and Clinical Research Center y en el de 1971 del York District General Hospital, de 1000 camas, ambos de **Weeks, Llewelyn-Davies, Forestier-Walker y Bor**. Parecido estilo tiene el South Teesside District General Hospital, de 1200 camas y solo tres pisos (FIGURA III.19). También el Queen Alexandra Military Hospital, de Woolwich, Londres, de 500 camas. La cualificación británica exportó el modelo a países alejados. Los mismos **Llewelyn-Davies y Weeks** realizan el Universitario de Khon Kaen (Tailandia).

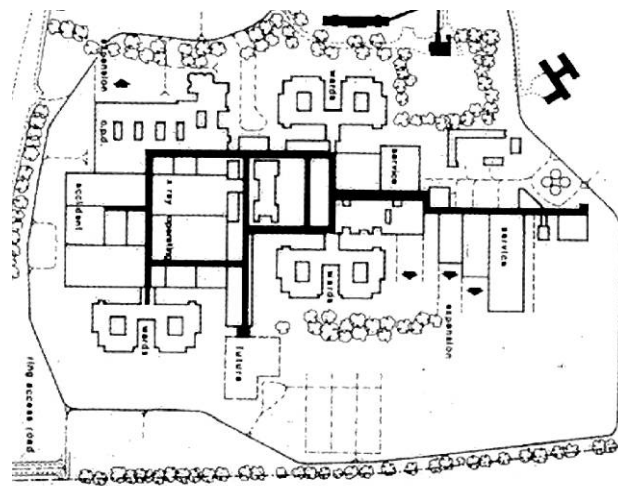


FIGURA III.19. South Teesside District General Hospital (Inglaterra). Planta general.

La tendencia **hacia la humanización del hospital** se extiende. **Tönnies** y **Schöter** plantean en Alemania hospitales de pocas alturas abiertos al medio exterior: Hospital de Berlin-Reinickendorf y Centro Hospitalario de Lübeck. Son **más parecidos a los antiguos hospitales de pabellones** y requieren amplios terrenos que se sitúan en las afueras de las ciudades. En Norteamérica, con uso más intensivo del suelo, el sistema contenedor evoluciona con la inclusión de grandes patios cubiertos y la semejanza de las grandes instalaciones comerciales. Con este estilo se hace el Children's Hospital de Washington, de 250 camas, acabado en 1974 y obra de **Leo A Daly** y el Hospital McKenzie de Alberta, Canadá, de 900 camas y proyectado por **Zeidler** y **Roberts**. Va decayendo el hospitalocentrismo inicial, de enormes dimensiones, y se promueven redes de hospitales de área, más pequeños, en donde, además, los ingresos pesan menos, a favor de modalidades asistenciales como el hospital de día y la cirugía mayor ambulatoria. En España, donde se habían prodigado a partir de los años 50 y 60 del siglo pasado grandes hospitales, en los 80 se edifican más bien hospitales comarcales, sobre todo en Cataluña. Un modelo es el Hospital de Mora de Ebro, en Tarragona, de 100 camas, de **J.A. Martínez Lapeña** y **E. Torres Tur**. Ya en los años 90 **Manuel Brullet** y **Albert de Pineda** remodelan el Hospital del Mar en la Barceloneta y proyectan el Hospital de Salt (Gerona) y el mismo Pineda con colaboradores el Hospital Comarcal de la Selva, en Blanes. Ambiente, naturaleza próxima y decoración son elementos en ellos muy valorados. En cuanto a los grandes hospitales, prima también la horizontalidad y la contención en lo que se refiere al número de camas.

Es ejemplo el nuevo Hospital Puerta de Hierro, en Majadahonda (Madrid), con 600 camas, del mismo **Albert de Pineda Álvarez** y **Luis González Sterling** (FIGURA III.20) y el nuevo Hospital Río-Hortega, de Valladolid (FIGURA III.21), que se describe más detalladamente más adelante, por ser precisamente objeto de estudio de este trabajo.

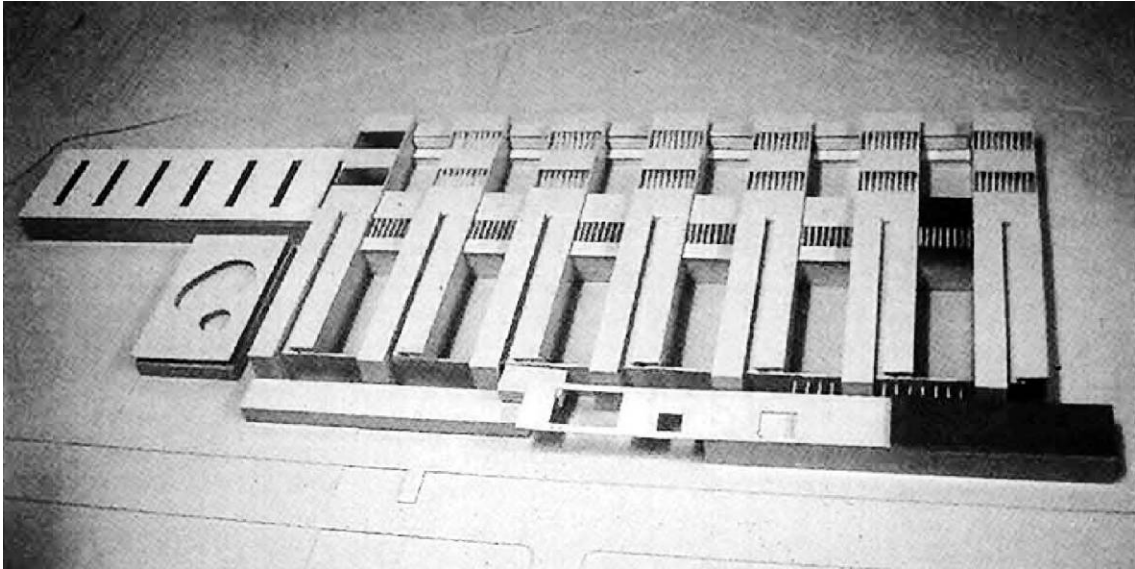


FIGURA III.20. Hospital Puerta de Hierro de Majadahonda en Madrid (España). Maqueta.

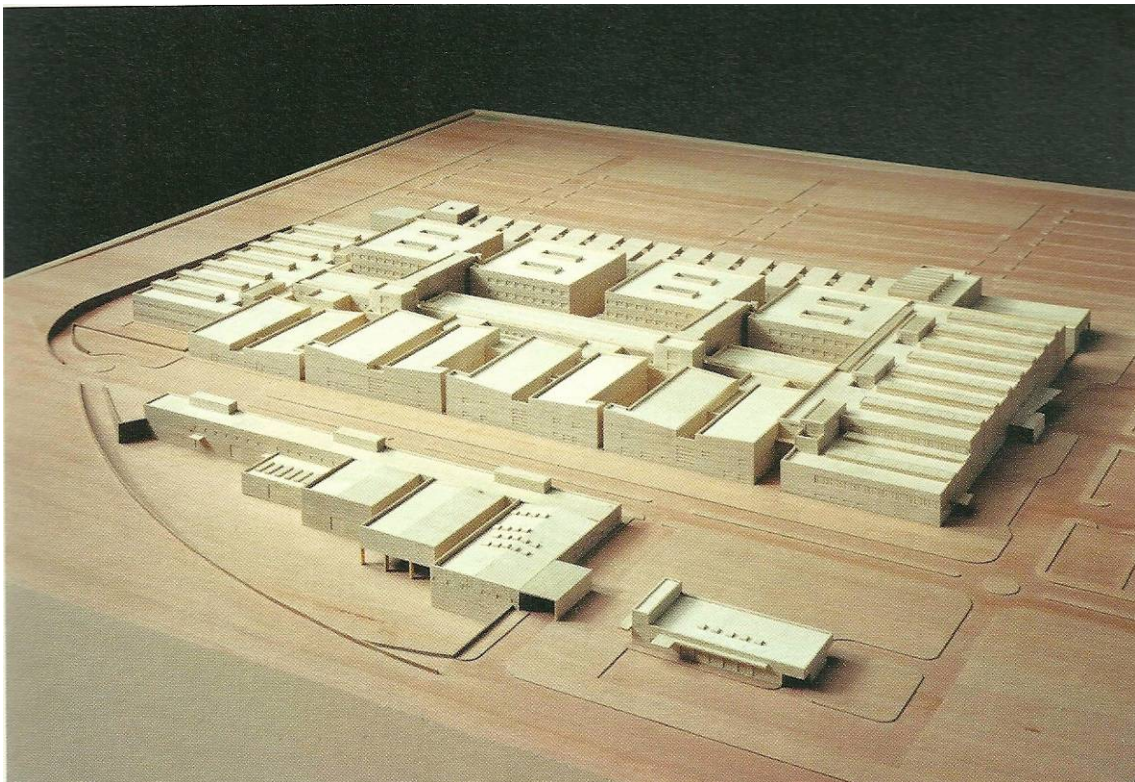


FIGURA III.21. Hospital Universitario del Río Hortega en Valladolid (España). Maqueta.

Hacia finales del siglo XX se adoptaron modelos de planificación urbana, tales como la zonificación y regulación de usos del espacio, los sistemas diferenciados de circulación, la posibilidad de crecimiento, etc. Se construyen algunos hospitales tipo **village**, que al igual que las ciudades se configuran con plazas, calles, zonas verdes, patios, pasillos y “barrios” que se pretenden

homogéneos según fines y ambientes. Finalmente es de destacar, la mayor dotación de espacio por cama de hospitalización, de lo que mostramos algunos ejemplos: Hospital Universitario Central de Asturias, con 310.000m² para 1039 camas; Hospital Xeral de Lugo, con 151.000m² para 823 camas y Hospital de Gandía, de 63.000m² para 240 camas. En tanto, en anteriores edificios hospitalarios tuvieron que abordarse ingeniosas adaptaciones para acomodarlas a nuevas necesidades (251, *Pascual y De los Santos, 2004*).

Otra impactante novedad viene dada por el mantenimiento del edificio. En el uso de un edificio el mayor consumo de energía viene dado por los aspectos térmicos (calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria), que precisamente cobran gran importancia hoy día en el hospital. Lo mencionado se aborda (294, *Sabaté, 2008*) desde la reducción de la demanda, la eficiencia de los equipos y la mejora de la gestión energética. En la reducción de la energía la arquitectura cobra un gran protagonismo. Depende de factores abordables en el proyecto, como la orientación y el tipo de cerramiento. Sobre los cerramientos se trata de superar la idea del aislamiento y sustituirla por el de membrana semiimpermeable. Se incorpora la generación fotoeléctrica en los grandes equipamientos, como los hospitales, lo cual acaba imponiendo el Código Técnico de Edificación español. Se encamina el mantenimiento hacia el BMS (Building Management System; sistema de gestión de edificios) (134, *Duaris, 2008*), que debe permitir la monitorización, optimización, integración y control de los diferentes sistemas de calefacción, acondicionamiento de aire y refrigeración, junto a la iluminación y movilidad de persianas, protección contra incendios, seguridad y ascensores. En el apartado de gestión de la energía, como el gran volumen de recirculación de aire origina un gran consumo, se deberían reducir las cantidades circulantes en las salas desocupadas mediante un detector de ocupación integrado en la automatización del edificio, y el BMS puede efectuar el cambio automático de modo ocupado a "stand by". Un último modelo para el máximo aprovechamiento energético, con sondas geotérmicas incluidas, y apertura a la ventilación natural, sobre una edificación expandida, es el del nuevo hospital de Mollet del Vallés, en Cataluña (102, *Castella, 2009*).

APARTADO 2. CALIDAD DEL AIRE INTERIOR Y SUS FACTORES REGULADORES.

III.2.A. CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR, IAQ Y VENTILACIÓN.

1. APUNTE HISTÓRICO.

Como se ha descrito, durante mucho tiempo el papel del aire de los recintos interiores en la aparición de las enfermedades se interpretaba por la presencia de unos agentes llamados “miasmas”. A partir del último tercio del siglo XIX se fueron identificando más claramente estos agentes patógenos con los descubrimientos sobre los tóxicos y sobre los microbios causantes de las enfermedades infecciosas. A finales de siglo el aire en los locales era considerado desde perspectivas más científicas (278, *Rey y Ceña, 2006*), como las del salubrista alemán Max von Pettenkofer o el sueco Elías Herman, autor de una monografía sobre “el aire interior de nuestras casas”. Desde entonces y durante mucho tiempo, se enviaba a los tísicos a residencias ubicadas en las montañas o en el campo o a orillas del mar esperando que mejorasen al respirar aire puro.

Las reivindicaciones socio-laborales y el mejor conocimiento del medio industrial hicieron que de los contaminantes del aire confinado se ocuparan en especial en las fábricas y, por extensión, en todos los lugares de trabajo. Se llegaron a aquilatar valores de referencia de exposición máxima admisible para unos y otros agentes químicos. La normativa sobre el particular y la aplicación de soluciones cobró amplio despliegue a mediados del siglo XX en países industrializados, particularmente en Estados Unidos de la mano de organizaciones como la OSHA, NIOSH y ACGIH (1, *ACGIH, 1981*). La Sociedad Americana de Ingenieros de Ventilación y Calefacción (ASHVE) ya actuaba en 1914.

Entre 1880 y 1930 se estudió el hacinamiento como fuente de malestar en que se une calor y emisiones olorosas de los habitantes de los recintos. Luego se elaboraron los primeros estándares de ventilación sobre la base de que el hombre es la principal fuente de polución interior. Fanger propuso las unidades sensoriales para la calidad percibida, y desde entonces esas unidades son utilizadas como indicadores de calidad en el estándar europeo. Se determinó la influencia de los materiales de construcción, alfombras, ordenadores y equipos electrónicos en la presencia de contaminantes (70, *Berenguer, 1999*). Fanger y su equipo subrayaron la importancia de la entalpía del aire para la calidad del aire percibida.

Como consecuencia de la crisis energética de la década de 1970 se instaló la idea de conservar la mayor cantidad de energía posible en los edificios, centrándose en la mejora de los aislamientos y limitación de la ventilación, lo que originó un aumento de la exposición a los contaminantes interiores. Estudios hechos en EEUU y Dinamarca establecieron el volumen mínimo aceptable de ventilación por habitante y los valores propuestos por ASHVE en 1914 fueron revisados. Con el paso del tiempo han preocupado sucesivamente el formaldehído, los compuestos orgánicos volátiles (VOC), diversas toxinas, ácaros, alérgenos, etc. A partir de 1980 aumentaron las auditorías sobre los ambientes interiores de las oficinas. Primero se dio importancia al aire del interior de las naves e instalaciones industriales, pero posteriormente también al de los recintos de trabajo no industrial y al de los no laborales, sobre todo desde el aludido hecho de que a partir de los años 70 del siglo XX cambiasen los requisitos de ventilación para contener el despilfarro en el gasto de combustibles fósiles, por causa de crisis energética y, además, apareciesen en esos lugares nuevos equipos como los ordenadores y las fotocopiadoras. La contaminación del aire interior cobró importancia. Por entonces la organización norteamericana ASHRAE, que se ocupa de la ingeniería de la climatización, publica trabajos en los que recomienda una aportación mínima de aire fresco en los interiores de $34\text{m}^3/\text{hora}$ y persona y un mínimo de 8,5 para mantener la concentración de CO_2 por debajo de 2500ppm. En el documento 55-1981 establece la temperatura interior en $20\text{-}24^\circ\text{C}$ en invierno y $23\text{-}26^\circ\text{C}$ en verano.

Aparecieron nuevos problemas atribuidos a su falta de calidad (338, *Vaquero y Castrodeza, 1997*), como el “síndrome del edificio enfermo” (SEE), “enfermedad relacionada con el edificio” (ERE) o “sensibilidad química múltiple” (SQM), partiendo de quejas que se fueron multiplicando a medida que se han aplicado medidas de ahorro energético y en relación con la enorme cantidad de sustancias que albergan los domicilios y demás recintos habitados. Se investigó en temas como el SEE, la acción de los alérgenos, de los hongos y otros agentes biológicos y el cáncer originado por el amianto y el radón. El término SEE se usa por la OMS en 1982 y es definitivamente acuñado por Robertson en 1989; su relación con el aire acondicionado es descrita ya por Finnegan en 1984, en lo que abundan otros muchos autores, como Besch (1989), Letz (1990) y Mendell y Smith (1990). En 1989 se publicó el Estándar ASHRAE/ANSI 62 1989 (*45 ASHRAE, 1990*) y luego una importante cantidad de documentos con la finalidad de controlar la calidad del aire interior. En dicho estándar se hacen recomendaciones para los hospitales: en la zona de ingresos debe provisionarse 42,5m³/hora y persona, de aire, como mínimo, y aumentarlo si existe alguna fuente inhabitual de contaminación. También se dice que los máximos recomendados para el confort humano, para algunos contaminantes en ambientes cerrados son 1/10 de los PEL-TWA que haya establecido la agencia OSHA para el sector laboral, y que aún esta limitación puede ser insuficiente para sujetos muy sensibles.

2. APROXIMACIÓN CONCEPTUAL.

El término **calidad del ambiente interior (IEQ: indoor environment quality)**, próximo al de bienestar o confort, alude a la consecución de una perfecta calidad en el conjunto de factores, incluso ergonómicos, que se refieren al ambiente térmico, al acústico, al luminoso y al aire con los posibles contaminantes que pueda incluir. La calidad ambiental depende de factores físicos y agentes químicos y biológicos de los que más adelante se dará cuenta (*278, Rey y Ceña, 2006*).

La IEQ incluye la **calidad del aire interior (IAQ: indoor air quality)**. La calidad del aire interior depende de una serie de condiciones: calidad del aire

exterior; compartimentación de los interiores; fuentes contaminantes interiores, incluyendo los desechos metabólicos y los productos de uso personal de los ocupantes; diseño del sistema de acondicionamiento del aire, cuando existe, y su funcionamiento y mantenimiento; temperatura, humedad y movimiento del aire, y la percepción sensorial, en concreto de los olores (68, *Berenguer y Martí, 1989*; 69, *Berenguer, 1994*; 64, *Bartual y Berenguer, 2002*).

La sensación de bienestar de los ocupantes de un edificio depende en gran medida de la ventilación, de forma directa (microclima, características físicas y pureza química del aire interior, olores), o indirectamente en tanto que la ventilación natural se debe de ajustar también a las condiciones de aislamiento (de ruidos) y al aprovechamiento de la luminosidad requeridas, pero también a otros factores muy diversos, como son la actividad, los hábitos, la condición social y el nivel cultural de los mismos ocupantes. También de la percepción subjetiva, y así pasa que con las instalaciones de climatización de alta eficiencia y funcionando de igual manera, siempre hay una proporción del 5-20% de personas que se muestran insatisfechas.

La palabra **ventilación** viene del latín “ventilare” que significa “exposición al viento”. El objetivo principal de la ventilación sería crear un ambiente interior con la calidad necesaria, que no existiría en un edificio sin ventilación; aprovecha el efecto de dilución y eliminación de los contaminantes que puedan aparecer en el interior.

El concepto de **ergonomía** procede del ámbito de lo laboral y está vinculado a las condiciones de trabajo. Sin embargo muchas proyecciones de los estudios ergonómicos han resultado útiles también para aplicarlas a cualquier medio residencial. Se partía de unas relaciones con los elementos del entorno que no se limitasen a evitar daños y lesiones personales, sino que llegasen a lograr un satisfactorio bienestar del ser humano (339, *Vaquero y Ceña, 1999*). Entre otras clasificaciones, la ergonomía se diferencia en geométrica, temporal y ambiental. Esta última incluye la valoración de factores físicos del medio, como temperatura y humedad; presión, renovaciones y velocidad de circulación del aire; luminosidad (flujo luminoso, contrastes, etc.);

fenómenos oscilatorios, como ruido y vibraciones, y los olores. En cuanto a la presencia de elementos químicos se pretende alcanzar una pureza del aire más allá de los valores límites de referencia establecidos por las agencias ocupadas en la higiene industrial.

3. COMPONENTES DEL MEDIO INTERNO.

En el medio ambiente encontramos estos constituyentes, así clasificados (278, Rey y Ceña, 2006):

- **Componentes físicos:**
 - Energía electromagnética:
 - Luz visible
 - Luz ultravioleta
 - Radiación infrarroja
 - Radiaciones de muy baja frecuencia
 - Radioactividad
 - Fenómenos oscilatorios: ruido y vibraciones
 - Campos electrostáticos

- **Elementos químicos**

- **Agentes biológicos**

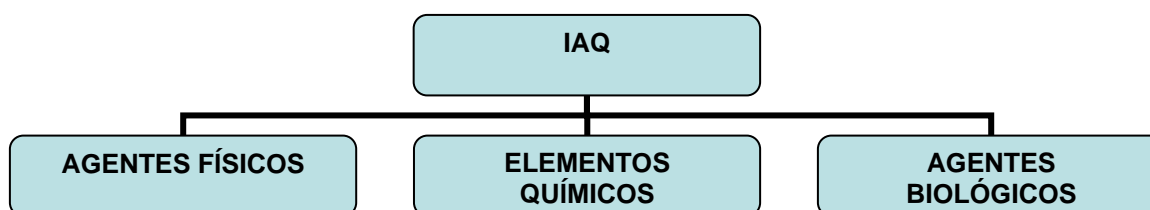


FIGURA III.22. Factores influyentes en la IAQ.

4. ELEMENTOS FÍSICOS DEL AMBIENTE.

De entre los varios fenómenos del medio ambiente físico, se mencionan a continuación los más persistentes e indispensables, que son luz y sonido, sin perjuicio de estimarles como los únicos. Más adelante se tratará con mayor detenimiento de los que serán decisivos para el confort térmico de los habitantes del medio (temperatura, humedad, movimiento del aire). Por otra parte, la luz y el sonido guardan una relación arquitectónica con la constitución de los ambientes interiores, al diseñar ventanas o aislamientos, que, a su vez, son influyentes sobre la ventilación natural y, por ello, sobre la calidad del aire interior.

4.1. LUZ E ILUMINACIÓN.

Son visibles (334, *Valea y Alonso, 1998*; 339, *Vaquero y Ceña, 1990*) las radiaciones electromagnéticas, emitidas o reflejadas, de longitud de onda (λ) de 380 a 760nm., o 3.800Å a 7.600Å, si su intensidad las hace visualmente perceptibles, lo que depende de cada longitud de onda. Las que mejor percibe el ojo humano son las de 5.550Å. Asimismo, la longitud de onda interviene en la definición sensorial del color.

El **ambiente visual** viene dado por la cantidad de luz o iluminación y el contraste (k), en relación con la tarea a desarrollar. La buena visibilidad contribuye al bienestar del usuario, a su comodidad, menor fatiga y realización de menos errores y, por esto, a que se produzcan menos accidentes, así como a mejorar la calidad y cantidad del trabajo. Pero la adecuada visión depende de una buena iluminación. Además, ésta influye en la estética y en la seguridad (señalización).

La **iluminación** es la cantidad de luminosidad que permite visualizar los objetos en un contexto espacial. La iluminación está en relación directa con la radiación tanto solar, como la de cualquier objeto. Aquello que no es absorbido, será reflejado o transmitido como luz y calor. Lo primero que se puede

cuantificar es la cantidad de energía emitida desde una fuente radiante por unidad de tiempo. Es el **flujo radiante** (X) y se mide en vatios (W).

La medición de la luz a partir de sus **fuentes** responde a estos conceptos y unidades:

- El **flujo luminoso** (ϕ) es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa, también por unidad de tiempo. Depende de las propiedades intrínsecas de la fuente, de su potencia luminosa. Su unidad de medida es el “lumen” (lm), que corresponde a una potencia luminosa de 1 / 680W emitidos a una λ de 550nm.
- El **rendimiento luminoso** “n” de una fuente es la cantidad de energía que se convierte en luz del total de energía consumida; o sea, es la eficacia luminosa de una fuente (lumen / vatio).
- La **intensidad luminosa** (I) es el flujo luminoso emitido en una dirección dada dentro de un ángulo sólido (estéreo radian). Se mide en “candelas” (cd). La intensidad no tiene porqué ser la misma en todas las direcciones en que emite una fuente luminosa. También es una propiedad intrínseca de la fuente luminosa.

Y en relación a su **interacción en el medio ambiente**, tenemos:

- **La iluminancia** (E) es el flujo luminoso que **incide** sobre una superficie de una extensión dada. Se mide en “lux” (lx), que es la iluminación conseguida por el flujo luminoso de un lumen que incide homogéneamente sobre una superficie de un metro cuadrado. Este concepto está relacionado con el lugar que recibe la radiación. Es la determinación de interés en higiene laboral y en ergonomía. Su medición se efectúa con el **luxómetro**. No sólo depende de las propiedades de la fuente, sino también de la distancia de ésta (según la ley del cuadrado), si la fuente es puntual, o de una razón inversamente proporcional, si la fuente es lineal (por ejemplo, un tubo fluorescente):

$$1lx = 1lm / 1m^2$$

- La **luminancia** (L) o brillo fotométrico es el flujo reflejado por los objetos, o el flujo emitido si el objeto es fuente de luz. La luminancia, (no la iluminancia) es lo que realmente percibe el ojo. Se mide en candelas o en lúmenes por unidad de superficie:

$$1\text{stil} = 1\text{candela} / 1\text{cm}^2$$

$$1\text{nit} = 1\text{candela}$$

$$1\text{lambert} = 1\text{lm} / 1\text{cm}^2$$

$$1\text{stilb} = 10.000\text{nits}$$

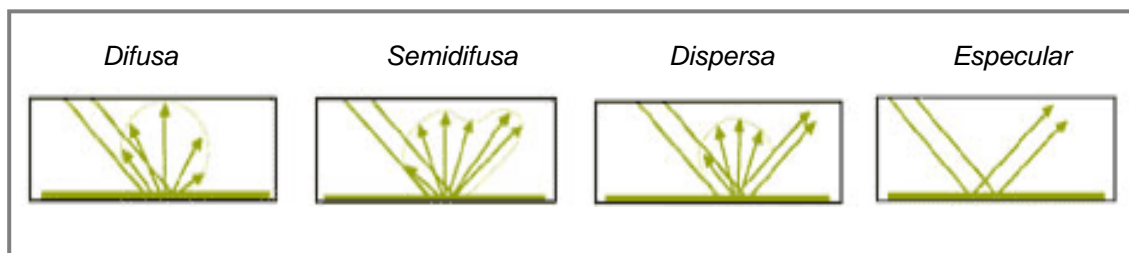


FIGURA III.23. Reflexión de la luz

- Cuando la luz incide sobre los objetos, puede ser absorbida, reflejada o transmitida a su través, dependiendo de las características del objeto mismo. Los objetos pueden reflejar la luz de modos diferentes (FIGURA III.23). La **reflectancia** (r) es la relación de la iluminación que una superficie refleja (luminancia) respecto a la que recibe (iluminancia), o sea, la iluminancia reflejada entre la iluminancia incidente.
- Para que los objetos sean visibles, además de incidir sobre ellos una cantidad de iluminación, han de disponer de **contraste** (C), que es la diferencia de luminancias entre el objeto y el fondo, y que permite distinguirlos.

$$C = (L_1 - L_2) / L_1$$

C oscila entre 0 y 1.

El ambiente cromático.

El **color** viene dado por el espectro de luz que refleja el objeto, absorbiendo selectivamente la restante gama, se trata, pues, una propiedad de

los objetos, pero que se manifiesta en presencia de luz. Las variaciones cromáticas del ambiente pueden elegirse por cuestiones de señalización de seguridad, por estética e, incluso, para buscar una mejor eficacia de los sistemas de iluminación, a la vez que hacer más agradable el medio. El tratamiento cromático de los ambientes implica conocer las relaciones entre los diferentes colores.

Los **colores** pueden clasificarse en:

- Calientes: rojos, naranjas y amarillos
- Fríos: azules, verdes y violetas
- Neutros: blancos y grises

Como **recomendaciones** generales en el uso de los colores:

- En zonas de larga permanencia, colores neutros para que no cansen y permitan que se resalten elementos importantes (señalizaciones, máquinas,...)
- En zonas de escasa permanencia (pasillos, salas de reunión y conferencia,..), se puede utilizar el color que se desee en función del efecto que se quiera resaltar.
- Zonas de presencia muy puntual (vestíbulos, zonas de descanso de café,...) colores fuertes muy contrastados para que estimulen y se diferencien de otras zonas.

La luz se percibe por el principal órgano de relación con el exterior, el ojo humano, y desde esa perspectiva habría que considerar como características personales, la agudeza visual y acomodación.

4.2. SONIDO.

El **sonido** es un movimiento oscilatorio de las moléculas, que si resulta desagradable se denomina **ruido** (339, *Vaquero y Ceña, 1999*). El sonido no molesto es importante como forma de comunicación humana. El molesto produce por una parte sensación de discomfort, y, según las condiciones, enfermedades como dolor de cabeza, fatiga física y mental, estrés,

hipertensión, úlcera péptica, irritabilidad y fatiga auditiva con pérdida transitoria de la audición, trauma acústico y sordera por ruido prolongado. Influye su naturaleza, como los ruidos estridentes, monótonos, constantes, infrasonidos, de baja frecuencia, tonos puros, etc.

El ruido se define según una serie de parámetros:

- **Intensidad o potencia acústica**, medida en decibelios, derivada de la presión medida en Pascales.
- **Frecuencia**
- **Timbre**, constituido por los armónicos que permiten individualizar el sonido.

En tanto el sonido puede constituirse en un agresivo con calidad de contaminante, se han impuesto **limitaciones del ruido ambiental**, con dos tipos de niveles de referencia:

- Los **umbrales de discomfort**, que, aún siendo rebasados, no perjudican al oído. Están fijados para todos los ciudadanos a nivel municipal. En términos generales, se considera que no deben sobrepasar 35dB(A) por la noche y 45 por día. Un recinto presenta unas características acústicas dadas por el nivel de ruido, tiempo de reverberación y espectro. Para valorar el confort acústico se han establecido algunos índices: nivel de interferencia conversacional (PSIL), curvas de valoración NR (noise rating), índice de ruido en oficinas.
- Los niveles impuestos para evitar el **trauma acústico o daño** en el oído que conlleva sordera, que se conceptúan como TLVs y otros tipos de valores (L_{Aeqd}). Tal daño se alcanza con 85-90dB(A) de exposición 8 horas al día durante todas las jornadas laborales, tanto si se trata de exposiciones continuas o de un número elevado y repetido de exposiciones de corta duración. Se reducen las correspondientes prescripciones al medio laboral, existiendo varios tipos de referencias: los valores y las normas norteamericanos, de la Unión Europea, aplicadas en la legislación española, etc.

5. CONTAMINACIÓN EN EL AMBIENTE INTERNO.

Muchos de los elementos que componen el ambiente no son solo de presencia ineludible, sino indispensables para el desarrollo de la vida, tal como la luz, temperatura, oxígeno, etc. Aparte de su conservación en el entorno humano, se trata de mantenerlos en unas condiciones de adecuación y, a la vez, evitar otros muchos agentes indeseables a los que usualmente se denominan contaminantes. **Contaminante** es todo agente presente en el medio ambiente y que produce o puede producir efectos indeseables para la salud y/o el bienestar humano. Bajo este nombre se incluyen varias categorías de agentes potencialmente dañinos: físicos, químicos y biológicos.

a) Los **contaminantes físicos** son distintas formas de energía que, generadas por fuentes concretas, pueden afectar a quienes están expuestos a ellas. Pueden ser mecánicas (ruido, vibraciones), térmicas, electromagnéticas, radiaciones ionizantes, radiaciones no ionizantes (incluso las lumínicas), etc. Dan lugar a efectos muy distintos entre sí. Requieren, asimismo, métodos de medida y análisis particulares. Aunque pueden incidir a través del medio aéreo, no lo hacen en todos los casos, por lo que la singularidad de estimarlos como contaminantes atmosféricos podemos considerarla si es dependiente de una vinculación a agentes químicos que les soporten en ese medio (como en la contaminación radioactiva).

b) Es **contaminante químico** toda sustancia orgánica e inorgánica, natural o sintética que durante una fabricación, manejo, transporte, almacenamiento o uso, puede incorporarse al medio ambiente en cantidades suficientes para lesionar la salud de las personas que entran en contacto con ellas. Está constituido por materia inerte (no viva), pues en otro caso se considerará contaminante biológico. Puede llegar al agua, a los alimentos o al aire.

Los **contaminantes químicos del aire** especialmente importan para la IAQ; pueden presentarse en el aire en forma de moléculas individuales o de

grupos de moléculas unidas (339, Vaquero y Ceña, 1999). Según su forma física de presentación tenemos:

- **Partículas, sólidas o líquidas.**

- **Partículas sólidas:**

- **Polvo** (Dust): procedente de procesos físicos de disgregación de la materia. El tamaño de las partículas es amplia, si bien fundamentalmente oscila entre 0,1 y 25 μ m. Los polvos sufren agregación (unión de partículas pequeñas, formándose otras de tamaño mayor) bajo fuerzas electrostáticas y sedimentando por la acción de la gravedad.
 - **Humo** (Smoke): partículas originadas en procesos de combustión incompleta.
 - **Humo metálico** (Fume): partículas metálicas generadas en un proceso de condensación del estado gaseoso, partiendo de la sublimación o volatilización de un metal. A menudo va acompañado de una reacción química generalmente de oxidación. Estas partículas sufren procesos de agregación.

- **Partículas líquidas:**

- **Nieblas** (Mist): pequeñas gotas de líquido que se generan por condensación de un estado gaseoso o por la desintegración de un estado líquido. El margen del tamaño de estas gotitas va de 0,01 a 10 μ m.
 - **Brumas** (Fog): pequeñas gotas líquidas apreciables a simple vista, originadas por condensación del estado gaseoso. El tamaño está comprendido entre 2 y 60 μ m.

- **Gases.** Estado físico normal de una sustancia de 25 °C y 760mm de Hg. de presión.

- **Vapores.** Fase gaseosa de una sustancia, ordinariamente sólida o líquida a 25°C y 760mm de Hg. de presión, pero que pasa la fase gaseosa por descompresión o por aumento de la temperatura.

c) Los **contaminantes biológicos** son **parásitos** (artrópodos principalmente), **microorganismos de carácter infeccioso y alérgenos**. En nuestro medio, los artrópodos no constituyen un especial problema de transmisión aérea. Los microorganismos son seres vivos de tamaño microscópico (bacterias, virus, hongos, parásitos,...) que pueden estar presentes en el ambiente., y en el aire ir soportados en:

- partículas más finas (núcleos goticulares de Wells)
- o más gruesas de 5µm (gotitas de Flügge). Son aquellas las que más permanecen en la atmósfera, por su menor peso. Por otra parte, también cuenta la capacidad del microorganismo en cuestión para sobrevivir en un medio inanimado.

5.1. ACCESO DE LOS CONTAMINANTES AÉREOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS AL ORGANISMO HUMANO.

Los contaminantes químicos y biológicos existentes en el aire pueden tener diferentes vías de acceso al ser humano, como la exposición de piel o mucosas, pero lógicamente la preferente es la **vía respiratoria**. Al llegar con el aire respirado, se distinguen dos niveles de penetración:

- **Vías aéreas superiores:** nariz, boca, faringe y laringe, donde se sitúa el primer filtro de paso y se produce la deposición de las partículas de mayor tamaño.
- **Vías aéreas inferiores:** tráquea, bronquios principales, bronquiolos y alvéolos pulmonares, que es una estructura muy ramificada, a la que llegan vapores, gases y las partículas no antes rechazadas, en función de su tamaño. Llegados hasta el alvéolo pulmonar, produce daños locales o se incorporan a la sangre y se distribuyen por todo el organismo.

6. FUENTES Y TIPOS DE CONTAMINACIÓN QUÍMICA EN EL AIRE INTERIOR.

Los agentes químicos presentes en un medio interno pueden proceder de ese mismo medio o del exterior.

6.1. CONTAMINANTES DE ORIGEN INTERIOR.

Los contaminantes de naturaleza química pueden proceder del mismo medio interno a partir de estas fuentes contaminantes (70, Berenguer, 1999; 347, WHO, 1983; 355, WHO, 2002):

- **Las personas**, como bioefluentes (emisiones corporales), en especial de **anhídrido carbónico**.
- **El trabajo que realizan**, como el uso de equipo y material de oficina, polvo de barrido, basuras.
- **Los productos que usan**: de limpieza, pesticidas, insecticidas y rodenticidas, desinfectantes, productos de tratamiento de la madera, abrillantadores, fotocopiadoras, cosméticos, sprays, humo de tabaco, superficies con polvo.
- **Gases de combustiones**. Fuel de estufas, calderas de calefacción, chimeneas del hogar y maderas, calentadores, etc., sobre todo sin salida al exterior o con salidas en malas condiciones. Producen emisión de óxidos de carbono, óxidos nítricos, partículas, COV y SO₂.
- **Los productos previamente allí existentes**: adhesivos, tapizados, alfombras, cortinas, superficies textiles, etc.

En la TABLA III.1 se presentan los principales productos contaminantes.

TABLA III.1. Contaminantes químicos como contaminantes del medio interno

PRODUCTOS		ORIGEN
Ozono		Fotocopiadoras e impresoras.
Mezclas de gases inorgánicos: como son amoníaco, dióxido de azufre...		Limpiacristales, desatascadores, combustiones, equipos de microfilmación.
Óxidos de nitrógeno		Aparte del exterior, el dióxido de nitrógeno puede proceder de combustiones de cocinas, estufas, calentadores de gas, etc., siendo muy oxidante.
Óxidos de carbono: tienen muy diferente significación el dióxido del monóxido de carbono.	Monóxido de carbono: extraordinariamente peligroso para la salud humana.	De combustiones en atmósferas carentes de suficiente oxígeno, por lo que en medios confinados influye la ventilación inadecuada, como ocurre al poner en marcha los automóviles en garajes no ventilados, con efectos de muertes fulminantes. Puede proceder también del exterior y de la incineración del tabaco.
	Dióxido de carbono: es incoloro e inodoro no es tóxico ni molesto, pero su cuantía es una indicación indirecta de falta de calidad del aire.	La respiración humana. Combustiones de cocinas, calentadores y calefacciones. Desde el tráfico, garajes y diversas industrias.
Sulfuro de hidrógeno (SH₂): a bajos niveles produce fuerte olor y a más altos es irritante e incluso asfixiante.		Descomposición de los productos orgánicos que contienen azufre, pudiendo entrar en los edificios por los desagües mal sifonados.
Pesticidas: igual que son tóxicos para los seres inferiores lo pueden ser para los humanos. Los principios activos más usados son clorpirifos, diazinón, propoxur, lindano, diclorvós, bendiocarb y piretroides. Algunos tienen una enorme capacidad de persistencia en el medio, como el clordano. Algunos pertenecen al grupo de los compuestos orgánicos semivolátiles y su fracción inerte son compuestos volátiles.		Son productos para destruir insectos, vegetales indeseables, roedores y otros seres vivos. Los más frecuentes en el medio doméstico son los insecticidas en sus múltiples presentaciones. El clordano, que se usa en el control de las termitas.

TABLA III.1. Continuación

PRODUCTOS		ORIGEN
Partículas – polvo		Las partículas del aire interior suelen ser parecidas a las del exterior, salvo producción interna a partir de combustiones en cocinas, estufas, calentadores y humo de tabaco, tóner de impresoras, de la piel y del papel.
Fibras o partículas filamentosas (305, Schneider et al, 2003): a partir de silicatos se han producido fibras de amianto y fibras de vidrio. La mayoría de las fibras minerales artificiales son silicatos amorfos.	El amianto comprende un grupo de fibras minerales resistentes al fuego y buen aislante.	Uso restringido, por los efectos cancerígenos, cuando se inhalan. Se usó bastante tiempo atrás como aislante, en revestimientos exteriores, tejas asfálticas, cartonajes, baldosas flexibles, paneles y muchos más usos. Permanece en edificios algo antiguos, soltando las fibras en las operaciones de mantenimiento y remodelación. La mayor parte del amianto empleado es el crisotilo. El asbesto se incluye en aislantes, compuestos en losetas y reforzador de algunas argamasas.
	Las fibras vítreas artificiales, fabricadas a base de cristal de roca natural o de otros minerales, se clasifican según su material fuente: lanas de escoria, lanas de la roca y lana del vidrio.	Se utilizan como aislantes térmicos y acústicos, en tratamientos textiles y para aislamiento de aviones. La lana mineral se emplea en aislantes e impermeabilizantes. En los edificios la principal fuente son los aislamientos. Salvo los filamentos de cristal, la inhalación de estas fibras se considera posiblemente cancerígena. Las fibras de vidrio han venido a sustituir al asbesto. El 80% son fibras de cristal.
Compuestos orgánicos volátiles (COV): son típicos la gasolina y los disolventes. Se incluyen hidrocarburos alifáticos, aromáticos y clorados; aldehídos, cetonas, éteres, ácidos y alcoholes. Se incluyen tricloroetileno, benceno, tolueno, metiletilcetonas, alcoholes, metacrilatos, acroleína, hidrocarburos aromáticos, policíclicos. Los compuestos orgánicos tienen carbono y alguno de estos elementos: hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre, halógenos, fósforo o silicio, salvo los óxidos de carbono y los carbonatos o bicarbonatos inorgánicos.		Mobiliario nuevo, tratamientos interiores, aislamientos, cerámicas y otros recubrimientos de los suelos; pesticidas, desinfectantes, ambientadores, limpiacristales, Quitamanchas, desengrasantes, pulidores de suelos o de muebles, productos limpiadores, materiales de construcción, alfombras y moquetas, fotocopiadoras e impresoras, colas, pegamentos, impermeabilizantes, pinturas, disolventes y lacas, perfumes, cosméticos, etc. Alcanfor, productos de combustión, gasolina. Desagües.

TABLA III.1. Continuación

PRODUCTOS	ORIGEN
Formaldehído	De muebles, aglomerados y contrachapados de madera, ciertos aislantes de espuma (espuma de formaldehído de urea), alfombras, moquetas, telas, pegamentos, papel autocopiativo, textiles, revestimientos, pegamentos, lacas, adhesivos, impermeabilizantes, cubrejuntas del yeso, tabaco, desinfectantes, humo del tabaco.
Isocianatos, tolueno, difenilmetano, hexametileno, naftalinas,...	Adhesivos, impermeabilizantes, revestimientos de difenilmetano, suelos y paredes, tabaco, etc. Desprendimiento de formaldehído e isocianatos por los muebles, alfombras, moquetas y cortinas, materiales de construcción empleados.
Ácido acético	De impermeabilizantes de silicona.
Nitrosaminas	Compuestos de caucho, aditivos, cosméticos, etc.
Gas natural	Gas combustible.

El grupo químico de contaminantes interiores lo constituyen los **compuestos orgánicos volátiles (COVs)** (37, *Andersson et al, 1996*; 83, *Brown, 2000*). Es compuesto orgánico volátil el que tenga a 293,15k una presión de vapor de 0,01kPa o más, o que tenga una volatilidad equivalente en las condiciones particulares de uso. Son gases o bien sólidos que tienden a evaporar fácilmente a temperatura ambiente. Las concentraciones en el aire fluctúan con la temperatura (se emiten en mayor cantidad cuanto más alta sea), humedad, ventilación y actividades de los habitantes. Inhalados, algunos compuestos pueden ser tóxicos.

Son de uso bastante común y muy ubicuo en los interiores. En la TABLA III.2 se mencionan las principales fuentes de su presencia en interiores:

TABLA III.2. Fuentes de los productos orgánicos volátiles

- **Muchos materiales nuevos**, como el mobiliario, al secar emiten COVs disminuyendo la emisión con el tiempo (dando ese típico “olor a nuevo”). Las emisiones de la madera prensada proviene de resinas, pegamentos y colas
- **Los tratamientos interiores**, pinturas, espuma de poliuretano de los tapizados de los muebles (emisiones de fenol)
- **aislamientos** (di-isocianato de tolueno: TDI)
- **cerámicas**
- **otros recubrimientos de los suelos**; capas, sellantes, pulimentos, pegamentos (de moqueta y cerámica del suelo), suelos de vinilo, pisos de madera dura (capas de urea-formaldehido o poliuretano; pegamentos de tarima)
- **plaguicidas, pesticidas, insecticidas, herbicidas, desinfectantes, ambientadores** (sobre todo sólidos, a base de naftaleno o de p-diclorobenceno) **y desodorizantes** (los COVs pueden tener olor agradable, como el limoneno o el alfa pireno, o enmascarar otros olores desagradables); limpiacristales, quitamanchas, desengrasantes
- **pulidores de suelos o de muebles**
- **productos limpiadores** (desengrasantes, detergentes), material de limpieza, limpiadores de aseos, aerosoles propelentes
- **productos para la limpieza en seco** (tetracloroetileno)
- **fotocopiadoras e impresoras y terminales de fax**, a partir de tales máquinas y desde el mismo papel
- **materiales de construcción**: en construcción incorporan COVs la madera prensada con sus acabados, tintes, pinturas y barnices, los rellenos de poliuretano, los textiles, placas de yeso, másticos para juntas, paneles de techo, impermeabilizantes, adhesivos, paneles y recubrimientos, papeles pintados, pinturas de paredes, baldosas vinílicas, linóleo, etc., impermeabilizantes y aislantes derivados de la silicona, asfalto
- **alfombras y moquetas**: los textiles y paneles a veces absorben y retienen COVs antes emitidos y se convierten en fuentes secundarias
- Colas, pegamentos, impermeabilizantes, pinturas, disolventes y laca.
- Alcanfor, gasolinas,
- Cosméticos, perfumes.
- Desagües
- Combustiones

6.2. CONTAMINACIÓN DEL AIRE INTERIOR DESDE FUENTES EXTERIORES.

El aire que respiramos en los interiores es dependiente del aire del exterior sobre todo en las ciudades. Las **emisiones próximas** del exterior pueden venir de la entrada de humos de los escapes de vehículos (aire de las salidas al exterior de garajes cercanos), gases de calderas, polvo de obras próximas y aire desechado que vuelve a entrar por las tomas de aire acondicionado, instalaciones sanitarias y baños y cocinas y de otros habitáculos y de filtraciones desde el basamento, desde cloacas o componentes infiltrados en el terreno. Puede penetrar a través de respiraderos, ventanas y otras aperturas mal ubicadas. Se producen efectos combinados de fuentes de contaminación interior con las de origen exterior.

Cuando en el exterior aumenta o disminuye la concentración de un contaminante, aumenta o disminuye también en el interior, pero más lentamente (“efecto escudo”), en lo cual influye la ubicación del edificio, las actividades exteriores y el sitio donde están las tomas de aire acondicionado o las ventanas.

Contaminación atmosférica.

Según el Consejo de Europa (117, CEC, 2005) en su informe de 14 de septiembre de 1967 se define la **contaminación atmosférica** como la presencia de una sustancia extraña o una variación significativa en la proporción de sus constituyentes, susceptibles de provocar un efecto perjudicial o crear una molestia, teniendo en cuenta los conocimientos del momento. Se consideran **contaminantes atmosféricos** las sustancias que pueden dar lugar a riesgo o daño a las personas o a los bienes. Se trata de contaminantes químicos. Los contaminantes químicos atmosféricos son de una enorme diversidad (115, CEC, 2003; 116, CEC, 2004). Más de 30000 sustancias químicas se producen o importan a la Unión Europea en cantidad superior a una tonelada anual. Su presencia se mide generalmente en **niveles de inmisión** que son la concentración media de un contaminante presente en el

aire durante un periodo de tiempo determinado. Se expresa normalmente en microgramos del contaminante por metro cúbico de aire, medidos en ese tiempo determinado. El control se centra en los que, de tipología muy limitada, causan mayor daño a los ecosistemas, a la salud humana y a los materiales. Pueden adquirir gran movilidad, pasando de unos medios a otros del medio ambiente. La distancia casi no tiene límite: contaminantes emitidos en un país son transportados por el aire y repercutir sobre la salud e impacto ambiental en otros países. Por ello se consideran transfronterizos (**transboundary air pollution**).

En una primera **clasificación** se distinguen contaminantes primarios y contaminantes secundarios.

- Son **contaminantes primarios** las sustancias que son vertidas directamente a la atmósfera. Es la contaminación convencional procedente de muy diversas fuentes y que se presentan con una naturaleza física y composición química muy variada.
- Son **contaminantes secundarios** los que no se vierten directamente a la atmósfera, sino que se producen como consecuencia de las transformaciones y reacciones químicas y fotoquímicas que sufren los contaminantes primarios en el seno de la misma. Los principales fenómenos de esta índole son la contaminación fotoquímica, la acidificación del medio y la disminución de la capa de ozono.

Contaminantes químicos atmosféricos primarios.

Su clasificación atiende al estado físico, caso de las partículas y metales, o al elemento químico más común en el caso de los contaminantes gaseosos. Entre los contaminantes más frecuentes están las partículas / aerosoles, los óxidos de azufre (SO_x), el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x), diversos hidrocarburos (H_nC_m), el ozono (O₃) y el anhídrido carbónico (CO₂). Otros contaminantes de presencia más rara son otros derivados del azufre, los halógenos y sus derivados, el arsénico y sus derivados, varios componentes orgánicos, partículas de metales (Pb, Hg, Cu, Zn, etc.), partículas

de sustancias minerales (como amianto y asbestos) y algunas sustancias que pueden además ser radioactivas (por ejemplo, radón).

- **Partículas:** Incluyen las partículas sedimentables y en suspensión y los humos. También citados por algunos autores como aerosoles, en general, e incluyen en el término las sustancias sólidas o las líquidas dispersas en el aire. El término originario en inglés en la Unión Europea es el de “particulate matter”, partículas de polvo fino. El **tamaño** oscila entre menos de 1 y 1000 μm . Las de menos de una μm (núcleos de Aitken) suelen desplazarse al azar y unirse al chocar entre sí formando agregados de mayor tamaño, en un proceso denominado de coagulación. Las ultrafinas, de diámetro de 0,2 μm , tienden a agregarse rápidamente en partículas mayores. Las de entre 1 y 10 quedan formando suspensiones casi estables (materia en suspensión). **Las partículas en suspensión se definen** por su tamaño: las PM10 son las de diámetro menor a 10 μm (“fracción grosera”) y las PM2,5 de menos de 2,5 (“fracción fina”). Las PM2,5 permanecen días y semanas y son transportadas a gran distancia y penetran hasta los tramos de las vías respiratorias más profundos. Las PM10 pueden permanecer suspendidas algunas horas y son inhalables. Las de más de 10 μm micras solo se mantienen en el aire durante períodos de tiempo cortos (materia sedimentable). Además del tiempo de permanencia, influye el tamaño en la llegada a las vías respiratorias, de tal forma que las partículas más pequeñas penetran más profundamente en ellas.

Se pueden emitir directamente (partículas primarias) o formadas por ciertos gases (partículas secundarias), tales como dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno o amoníaco. La **composición química** depende del origen de las partículas, que puede ser: procesos de disgregación mecánica de sólidos, aerosolización de líquidos, polvo procedente del suelo, humos procedentes de combustiones o humos procedentes de la volatilización de metales u otros sólidos. Las de origen mecánico suelen ser más grandes que las de combustión. Unas y otras suelen ser complejas mezclas de materias orgánicas y compuestos químicos que dependen del lugar de

producción. Las procedentes de combustibles fósiles pueden tener una gran cantidad de elementos tóxicos.

- **Óxidos de nitrógeno (NO_x): óxido nítrico (NO), óxido nitroso o dióxido de nitrógeno (NO₂):** Se forman por oxidación del nitrógeno por combustiones a altas temperaturas. Estos compuestos se degradan a ácido nítrico de gran importancia en la formación del smog fotoquímico, del nitrato de peroxiacetilo (PAN), en reacciones de formación y destrucción de ozono, en el fenómeno de la lluvia ácida y sobre el efecto invernadero.
- **Óxidos de azufre:** El **dióxido (SO₂)** y el **trióxido de azufre (SO₃)**, especialmente procedentes de combustiones de compuestos de azufre (carbón, madera, aceites sulfúricos como petróleo, gasolina, gasoil y gases licuados). Es el SO₂ con mucho el más expulsado a la atmósfera. Su reacción con el oxígeno produce SO₃ como contaminante secundario, que, a su vez, reaccionando con el agua atmosférica produce ácido sulfúrico, base importante de la lluvia ácida. En mucha menor cantidad puede estar el sulfuro de hidrógeno (SH₂), aunque genera una importante cantidad el dióxido de azufre.
- **Monóxido de carbono (CO):** Es uno de los contaminantes más abundantes en el entorno de las grandes ciudades. Procede de la combustión incompleta del carbono y de reacciones fotoquímicas del carbono, entre otras fuentes.
- **Ozono (O₃):** El **ozono** existente en las capas más altas de la atmósfera (estratosfera) nos protege contra la radiación solar (rayos ultravioleta) más maligna, pero en el hábitat humano a alto nivel es un irritante pulmonar y ataca a la vegetación, bosques y edificios, y acelera la degradación de materiales.
- **Compuestos de la química orgánica:** Los **hidrocarburos** de uno a cuatro carbonos son gaseosos que además favorecen reacciones fotoquímicas.

- **Amoníaco** (NH₃), de los residuos y fertilizantes agrícolas.
- **Compuestos orgánicos volátiles** (COVs-VOCs: volatile organic compounds), procedentes del uso de solventes, pinturas y barnices, de su almacenamiento, de estaciones de fuel, etc. Hacen de llave en la creación del nivel elevado de ozono.
- **Otros**, son benceno, hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs: polycyclic aromatic hydrocarbons), policlorobifenilos (PCB), clorofluorocarbonos (CFC), dioxinas, metales pesados como arsénico, cadmio, mercurio y níquel.
- **Otras tipologías terminológicas** a tener en cuenta son los de contaminantes orgánicos persistentes (POP), carcinogénicos, mutagénicos o tóxicos para la reproducción (CMR), persistentes, bioacumulables y tóxicos (PBT) y muy persistentes y muy bioacumulables (VPVB).

Contaminantes secundarios.

La mayoría de los antes citados son contaminantes primarios. Pero existen contaminantes secundarios, que no son emitidos directamente, sino formados en subsiguientes procesos químicos que se dan en la misma atmósfera. Los más típicos son el alto nivel de ozono y los aerosoles de nitrato y sulfato.

- **Contaminación fotoquímica:** El ozono en las capas bajas de la atmósfera en gran parte se forma por reacción de contaminantes como NO_x (óxidos de nitrógeno) y VOCs (componentes orgánicos volátiles), hidrocarburos, en presencia de oxígeno y de la luz ultravioleta solar (acción fotoquímica).
- **Lluvia ácida (acidificación del medio).** Conllevan la pérdida de la capacidad neutralizante del suelo y del agua al caer a ellos en forma de ácidos los productos de transformación de los óxidos de azufre y nitrógeno. Estos óxidos son transportados a gran distancia, sufren reacciones químicas y los productos precipitan y se depositan en la superficie terrestre.

- **Rotura de la capa de ozono.** El ozono de la estratosfera se descompone por reacciones cíclicas en que intervienen radicales de hidrógeno y nitrógeno y también por la radiación ultravioleta, produciendo oxígeno atómico y molecular.
- El **efecto invernadero** se debe a combustiones que cargan la atmósfera principalmente de anhídrido carbónico, pero también de clorofluorocarbonos (CFC), metano y otros hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, y con ello aumenta la temperatura de la biosfera.

Radioactividad natural: el radón.

El radón (Rn) es un gas incoloro e inodoro. Es un agente radioactivo y causa principal de radioactividad natural, que se forma de manera natural por desintegración del uranio 238, previo paso a radio, y del Th 232. Tiene una vida media corta y produce otros elementos radioactivos, que pueden inhalarse y depositarse en los pulmones. El radón generado se infiltra a través de las rocas, agua y suelo. En el exterior se difunde rápidamente y se diluye en la atmósfera, dependiendo de la presión atmosférica y en tiempo estable con mayor permanencia por la noche, pero puede acumularse en interiores. En los edificios, las principales fuentes son el suelo sobre el que asientan, los materiales de construcción en cuanto tengan el precursor del radón, el radio, y el agua que se use en la vivienda. La ventilación inadecuada hace que el radón permanezca en el interior de las viviendas. Por ello llegó a ser un problema en los mencionados edificios herméticos.

7. OLORES.

La existencia de olor está generalmente vinculada en los interiores a la existencia de aire contaminado y son las sustancias químicas las productoras de olor. El **olor** (69, *Berenguer, 1994*; 278, *Rey y Ceña, 2006*) es una sensación cuya apreciación es muy personal, pues depende de la sensibilidad de cada individuo. Casi todas las sustancias irritantes pueden también estimular las sensaciones olfativas. El grado de molestia del olor depende de la

concentración, la intensidad, el carácter, el tono hedónico y desagrado, la duración, la frecuencia y la tolerancia y expectativas del receptor. Las técnicas de medida son sensoriales y químicas. Las sensoriales utilizan evaluadores humanos. La más habitual es la olfatometría que mide en Unidades de Olor Europeas y usa un panel de personas. También existen evaluaciones del carácter del olor (mapeo triangular y mapeo de olores), intensidad y nivel de agrado (tono hedónico).

La **concentración de olor** según la norma UNE EN 13725 (11, AENOR, 2004) es la “cantidad de sustancias odoríferas que, cuando se evaporan en un metro cúbico de un gas neutro en condiciones normales, originan una respuesta fisiológica de un panel equivalente a la que origina una Masa de Olor de Referencia Europea (MORE)”, o “número de unidades de olor europeas por metro cuadrado en condiciones normales”. La MORE equivale a 123µg de n-butanol, que, evaporado en 1m³ de gas neutro, da lugar a una concentración de 0,040µmol/mol. La concentración del olor se mide en unidades de olor europeas cuyo símbolo es uo_E. En realidad es una unidad ficticia que se calcula a partir del número de veces que hay que diluir un gas para que pueda ser detectado por el 50% de un grupo de personas entrenadas adecuadamente para ello, denominado “panel”. No es una magnitud lineal y depende de algunos factores. Así, un olor puede ser indetectable cuando supera una cierta concentración, puede variar su tono hedónico y pasar a ser agradable, o puede olerse de una forma extremadamente fuerte a una concentración muy baja.

La **intensidad de un olor** se relaciona más con la fuerza con que se percibe tal sensación, y, en definitiva en la medida en que es molesto. Cuando la intensidad del olor se va a detectar sobre el terreno se habla de “inspecciones de campo”. La técnica a aplicar se describe en las guías alemanas VDI 3881, 3882 y en la ASTM Standard Practice E679-91. La intensidad varía en tal caso de 0 a 9 entre “no perceptible” y “extremadamente fuerte”.

Ley de Stevens: La siguiente **ecuación de Stevens** define la relación entre la intensidad del olor (I) y la concentración (C), donde k es una constante y n es el exponente (que varía entre aproximadamente 0,2 y 0,8):

$$I_{\text{percibida}} = k \cdot C^n \quad \text{o también:} \quad \log I = \log k + n \cdot \log C$$

El **carácter o calidad de un olor** es lo que identifica un olor y lo diferencia de otros que tengan la misma intensidad. Se caracteriza con el **método del escalado interlineal o perfilado**, en el que es definido por el grado de similitud a un conjunto de olores de referencia o por el grado por el que se corresponde con una escala de varios términos descriptivos. El resultado es el **perfil del olor**. El **tono hedónico** es el agrado o desagrado producido, o bien, el placer o displacer que hace sentir. Influyen las expectativas emocionales de quien siente el olor. La **persistencia** es la cantidad de tiempo que perdura en un ambiente. La **frecuencia** es el porcentaje en tiempo que se puede detectar un olor.

Los **métodos químicos** miden la concentración de compuestos olorosos en una muestra de aire que se recoge en tubos empacados, bolsas Tedlar, canisters (unos tipos de contenedores). Se pueden analizar "in situ" por métodos colorimétricos o por detectores electrónicos. Se puede llevar la muestra para analizar por cromatografía de gas/ espectroscopia de masas, analizadores específicos, técnicas por vía húmeda, narices electrónicas, etc. Pero como los olores dependen en la realidad de complejas mezclas de gases, es muy difícil determinar con exactitud los componentes químicos en su totalidad.

8. CONTAMINACIÓN BIOLÓGICA.

La contaminación biológica aérea está constituida (178, *Hernández Calleja 1993*) por los **microorganismos**, que son virus, bacterias y hongos cuya propagación expone a enfermedades infecciosas. Las **bacterias**, como seres vivos que son, precisan para proliferar unas condiciones adecuadas a su desarrollo, pH y temperatura y la presencia de nutrientes. Los **hongos**

proceden del suelo y de los nidos próximos de los pájaros. Algunos microorganismos producen **toxinas**: endotoxinas de las bacterias y micotoxinas de los hongos.

Ciertos agentes se transmiten persona a persona, sirviendo los sistemas de ventilación como facilitadores de su difusión (tuberculosis, cuadros gripales y catarrales). Cuanto mayor sea la tasa de ocupación y menor la de renovación del **aire interior** mayor es la probabilidad de que esto se produzca. En otros casos los agentes residen en alguna instalación, como en el caso de la legionelosis. Pueden incorporar partículas con carga biológica los materiales porosos, como los aislantes, materiales húmedos, plantas y animales.

Las **infecciones propagadas por el aire** se transmiten mejor en ambientes cerrados porque el volumen de aire en que se diluyen es más bajo y porque el tiempo de exposición de las personas suele ser mayor. Por vía aérea los microbios se difunden contenidos en **bioaerosoles**. Los sistemas de aire acondicionado hacen el calentado o el enfriado del aire, a veces su humidificación y, para que no pasen partículas, un filtrado; llegado a un punto el filtro se colmata, acumula materia y el sistema es fuente de emisión de los contaminantes.

También pueden proceder del agua estancada del sistema de refrigeración y de los humidificadores. El agua de aprovisionamiento puede transportar microbios, ya que el hecho de que sea potable no garantiza que sea absolutamente estéril. Muchos de estos aerosoles, como en el caso de la **legionelosis** (233, *Ministerio de Sanidad y Consumo, 1999*), proceden del agua que se acumula en los humidificadores, bandejas de drenaje de acondicionadores de aire y cañerías o que se deposita en azulejos, aislamientos o moquetas. La bacteria *Legionella pneumophila*, que causa la enfermedad de los legionarios (una neumonía) y la llamada fiebre de Pontiac, sobrevive y se multiplica en torres de refrigeración, humidificadores, cabezales de ducha, y en la basura y agua en general. Las instalaciones más frecuentemente contaminadas son las de distribución de agua sanitaria, caliente y fría, los equipos de enfriamiento de agua, tales como los

condensadores evaporativos y las torres de refrigeración que los sistemas de aire acondicionado de los grandes edificios tienen generalmente situados en sus azoteas. A veces también en los hospitales como contaminación de respiradores y/o vasos humidificadores. A partir de los circuitos del agua se dispersa en el aire en forma de aerosol (a través del sistema de refrigeración del edificio) y se inhala.

Los **aero-alérgenos** son antígenos, llamándose así a toda sustancia que llegando al organismo es capaz de provocar una respuesta patológica a través del sistema inmunitario. Lo que producen son fenómenos de naturaleza alérgica. Generalmente son transportados por el aire desde el exterior e incluso se mantienen en el interior por recirculación.

Los principales alérgenos y sus fuentes son:

- **Los mismos microorganismos** (bacterias, mohos y hongos), los protozoos y otros parásitos así como otros contaminantes biológicos (polen, pelo y otros derivados animales, ácaros, etc.). Se encuentran por condensaciones originadas por los sistemas de ventilación, calefacción y aire acondicionado, torres de refrigeración y humidificadores, sistemas de agua caliente. Asimismo en materiales húmedos y porosos, plantas, excrementos animales y restos orgánicos, así como obras exteriores.
- **El polen**, elemento reproductor de las plantas fanerógamas, es procedente más bien del exterior, donde están las plantas.
- **Las esporas** son elementos reproductores de los hongos, y emanan de humedades y condensaciones de las paredes y del terreno en general.
- **Los excrementos de ácaros** llegan desde alfombras, moquetas y tapicerías
- **El detritus de insectos** y derivados orgánicos procedentes de animales domésticos.
- Las **resinas naturales** que se desprenden de la madera.
- **Las enzimas** usadas como detergentes biológicos.

- Productos que causan reactividad alérgica, de la química orgánica aunque no originados en agentes vivos son los **diisocianatos** y **toluenos**, que vienen en los aislantes (espuma de poliuretano), y los **ftalatos**, que se desprenden de resinas epóxicas

TABLA III.3. Prevención de la presencia de carga biológica en edificios.

MEDIDAS SOBRE LA TRANSMISIÓN POR EL AGUA
<ul style="list-style-type: none"> – Control microbiológico periódico de torres de refrigeración, condensadores por evaporación, unidades de climatización y humidificadores. – Evitar la formación de aerosoles con carga biológica a partir de medios húmedos. – Programas de mantenimiento para inspección, limpieza y desinfección de equipos y sistemas húmedos, con especial atención a torres de refrigeración y humidificadores. – Drenaje continuo que evite la acumulación de agua estancada en los dispositivos de refrigeración. – Preferibles humidificadores de aprovisionamiento nuevo de agua antes que reciclada. – Repasar las fugas de agua
MEDIDAS SOBRE LA TRANSMISIÓN AÉREA
<ul style="list-style-type: none"> – Suministrar suficiente aire fresco de ventilación. – Ubicar la toma de aire exterior de tal forma que se evite la reentrada de los aerosoles soltados por torres de refrigeración. – Accesos practicables para inspección y limpieza de conducciones y equipos de acondicionamiento del aire. – Mantener los interiores en una ligera presión positiva. – Mantener la humedad relativa interior por debajo del 70%.

9. ENFERMEDADES RELACIONADAS CON EL EDIFICIO (ERE).

Las **ERE** están originadas por agentes contaminantes específicos existiendo una clara relación causa/efecto entre el agente y la enfermedad. En **función del agente causal**, existen (339, Vaquero y Ceña, 1999):

- **Enfermedades infecciosas** de transmisión aérea:
 - Aquellas cuyos agentes se transmiten persona a persona.
 - Aquellas que tienen su fuente en el suelo o materiales y se transmiten con el polvo (generalmente infestaciones por hongos).
 - Aquéllas cuyos agentes residen en alguna instalación (como la legionelosis).

- **Intoxicaciones**, como pueden ser las debidas a monóxido de carbono, pesticidas, y efectos cancerígenos de origen químico (como por el amianto) o físico (radioactividad del radón).

- **Enfermedades por hipersensibilidad**, generalmente producidas por hongos, bioaerosoles o algunas moléculas complejas. Se manifiesta como asma, rinitis u otros fenómenos alérgicos. La neumonitis por hipersensibilidad o alveolitis alérgica extrínseca (AAE) está muy vinculada a las condiciones de la vivienda.

- **Enfermedades sin un definido origen comprobado** de algún agente productor concreto, pero con una relación con las condiciones del medio interno de un ámbito residencial.

De los efectos de **causa imprecisa** se han descrito en los últimos tiempos los siguientes, vinculados al hecho de respirar de forma habitual determinados ambientes confinados, en buena medida de edificaciones tecnológicamente modernas (398, *Vaquero y Castrodeza, 1997*):

- **Síndrome del edificio enfermo (SEE) o Sick Building Syndrome (SBS)**, conjunto de alteraciones de diversa índole que presentan de forma predominante personas que habitan determinados espacios interiores, sin presentar lesión orgánica o signo físico. Se ha ligado a contaminación polimorfa con predominio de VOC a bajo nivel.

- **Multiple Chemical Sensitiveness (MSQ), síndrome de múltiple sensibilización química:** cuadro de fatiga crónica y síntomas inespecíficos de origen adquirido, que afecta a diversos órganos, como respuesta a una exposición a compuestos químicos a dosis por debajo de las establecidas para causar a cualquier persona daños sobre su salud.
- **Chronic Fatigue Syndrome, síndrome de fatiga crónica.**

9.1. SÍNDROME DEL EDIFICIO ENFERMO (SEE).

Se produce un “síndrome del edificio enfermo” (SEE) cuando existen quejas de los moradores de un edificio y los síntomas son señalados por más del 20% de sus ocupantes, o sea, por encima de lo que sería razonable esperar y las causas de las mismas son difíciles de identificar, porque son de origen multifactorial. La OMS lo define como el conjunto de síntomas que presentan predominantemente los usuarios de determinados edificios y que no suelen ir acompañados de ninguna lesión orgánica o signo físico. Se diagnostica, por ello, por exclusión. El SEE no es un fenómeno extraño, ya que la OMS calcula que a nivel mundial ha ocurrido en el 30% de los edificios públicos nuevos y reformados.

Los síntomas (85, *Burge, 1992*) son muy inespecíficos, predominando los neuropsíquicos, oculares, nasofaríngeos y dermatológicos. Suelen ser temporales presentándose al cabo de dos a seis horas de permanecer en el edificio. Por ello, las quejas se hacen más notorias por la tarde que por la mañana. Primero se describió en los edificios con gran afluencia de público, pero luego se extendió a todos los edificios, residenciales o no. Son edificios estancos y muy aislados térmicamente para reducir el consumo de los sistemas de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire reteniendo efluentes de diverso tipo en los interiores (74, *Bishop, 1985*; 201, *Kelland, 1992*; 85, *Burge, 1992*). El encarecimiento del petróleo a principios de los años 70 debido al embargo árabe, indujo a aumentar la eficiencia energética de las nuevas construcciones. Se impusieron los sistemas de ventilación/climatización forzada del aire, para reducir la entrada del aire exterior y se hacía recircular el aire

interior para disminuir el consumo de calefacción. Además se procuraba un ambiente térmico homogéneo. Se daba más en edificios de uso público y de oficinas, con trabajos de actividad sedentaria, gran ocupación y uso de ordenadores y archivos abiertos de papel, en construcciones de gran tamaño, de más de 15 años de antigüedad, con cierto grado de deterioro, ubicados en el centro de las ciudades, con recintos de techos bajos, centralización de las instalaciones de acondicionamiento y deficiente mantenimiento del mismo. Las condiciones climáticas son de humedad, temperaturas elevadas, escasas o excesivas renovaciones del aire exterior. Se pudo observar que en las partes del edificio que tomaban el aire fresco del exterior los habitantes no solían tener síntomas del SEE.

El **edificio enfermo** (338, *Vaquero y Castrodeza, 1997*), que algunos más acertadamente llaman edificio patógeno, generalmente dispone de aire acondicionado, con toma de aire exterior distribuida al interior, aunque también pueden estar ventilados de forma natural. Son edificios herméticos, que si disponen de ventanas generalmente no son practicables para la ventilación natural, estando únicamente dispuestas para iluminación. El fenómeno fue descrito también en hospitales (201, *Kelland, 1992*). En 1982 la OMS diferenció dos tipos de edificios enfermos, los temporalmente enfermos, de nueva construcción o remodelación, y los permanentemente enfermos, según den o no los problemas transitoriamente.

Se han implicado en la aparición del SEE **factores** físicos, químicos, biológicos, psicosociales (74, *Bishop, 1985*):

- De los **factores físicos** cuentan temperatura, humedad relativa (si es baja reseca las mucosas), ventilación insuficiente (bajo aporte de aire fresco, su mala distribución y diferencias de presión) y el movimiento del aire. Influye la iluminación con un nivel bajo, contraste insuficiente, brillos excesivos y destellos y el uso de tubos fluorescentes de baja frecuencia con parpadeo subliminal. También el ruido de baja frecuencia.

- Los **factores químicos** (38, *Prev. Exprés*, 1991) son los principales, en exposición combinada de diferentes agentes, aún a baja concentración. Como contaminantes polvo acumulado, COVs y emisiones gaseosas de los materiales y productos de limpieza y disolventes, ozono de impresoras y fotocopiadoras. Otros factores implicados son la construcción de poco coste y los recubrimientos de superficies (suelos, paredes) con textiles. Incluye la contaminación exterior, procedente del tráfico rodado, infiltraciones desde la cimentación y productos de construcción.
- Los **factores biológicos** son los dados por diversos microorganismos (228, *Martí y Obiols*, 1991).
- Entre los **factores psicosociales** están aquéllas condiciones que hacen al individuo más susceptible y las características del trabajo realizado en el edificio con problemas e insatisfacción laboral, malas relaciones con compañeros y superiores, carga de trabajo, alto nivel de estrés, desmotivación, monotonía, etc.

9.2. SENSIBILIDAD QUÍMICA MÚLTIPLE (SQM).

Parecida es la **sensibilidad química múltiple (SQM)** (338, *Vaquero y Castrodeza*, 1997), cuyos problemas son respiratorios, irritación de los ojos, mareos, dolor de cabeza y fatiga. Se manifiesta tras el supuesto contacto con diferentes contaminantes químicos en el interior de los edificios. La AAEM (American Academy of Environmental Medicine) la considera una enfermedad medioambiental. Se define como “enfermedad ecológica multisistémica, polisintomática y crónica, que se manifiesta por reacciones adversas a estimulantes medioambientales, modificadas por la susceptibilidad personal y la acomodación o adaptación a las mismas”. Comparte con el SEE su ausencia de tests diagnósticos e imprecisa sintomatológica.

III.2.B. EL CONFORT TÉRMICO Y LAS CONDICIONES TERMOHIGROMÉTRICAS DEL AMBIENTE INTERIOR.

1. EL CONFORT TÉRMICO Y EL EQUILIBRIO TERMOHIGROMÉTRICO.

El **confort térmico** es la sensación de encontrarse bien desde el punto de vista termo-higrométrico. La condición básica para alcanzarle pasa por llegar a un equilibrio entre las características fisiológicas del ser humano en cuanto a la regulación de su temperatura corporal en relación con la de su entorno, por lo que primero hay que aludir a los requerimientos de la termorregulación.

El organismo humano es homeotermo, es decir, debe mantener una temperatura constante, de 36,1 a 37,2°C en su superficie, a pesar de las variaciones de temperatura ambiental y de que él mismo está produciendo constantemente calor, del cual debe de desprenderse.

- Las **ganancias de calor** proceden de las reacciones del metabolismo celular, aparte de que pueda adquirir calentamiento a partir de la irradiación de fuentes caloríficas externas. La intensidad de sus reacciones exotérmicas depende decisivamente de la actividad física desarrollada, pero también de la edad, el género y la masa corporal.
- Las **pérdidas de calor** se realizan por cesión del calor del cuerpo al medio ambiente cuando el ambiente tiene una temperatura inferior por medio de:
 - **Irradiación**, o sea, cesión de calor a los otros elementos próximos más fríos, aunque no se tome contacto con ellos, por emisión de radiación térmica, principalmente radiación infrarroja.
 - **Por conducción**, que es la transmisión de calor por contacto con otras superficies más frías, lo cual no representa en la realidad una importante pérdida de calor si las otras superficies son de sólidos o líquidos.

- **Por convección**, que es una forma de transferencia de calor entre una superficie y el aire, en la que el calor se pierde hacia el aire periférico con gradiente de temperatura, y con mayor eficacia si el aire está en movimiento (velocidad del aire).
- Por la **evaporación del sudor**, proceso de transferencia de calor y masa. Un litro de agua del sudor al pasar al estado gaseoso necesita unas 580 calorías, y se estima que el límite máximo de sudoración tolerable está en 11 litros al día.

Para evitar la acumulación calórica dispone de mecanismos de **termoeliminación**, de tal forma que se logre un equilibrio entre ganancias y pérdidas de calor.

Una serie de reacciones reflejas del cuerpo humano, hace que estos procedimientos de pérdida de calor se adapten y sean efectivas: la dilatación o la constricción de los vasos subcutáneos permiten una mayor o menor circulación de sangre y por ello un mayor o menor desprendimiento de su calor. Además, se puede poner en marcha o bien restringir el mecanismo de la sudoración. Si existe riesgo de enfriamiento excesivo se producen movimientos musculares involuntarios en forma de tiritona. La necesidad de eliminar más o menos calor cada persona depende aparte de su fisiología (en que influye la edad), de su actividad física y de la vestimenta; es posible que diversas personas en un mismo ambiente acusen de forma desigual el confort térmico.

Por parte del **cuerpo humano** los parámetros definidores del equilibrio termohigrométrico son el calor generado (que equivale a la diferencia entre la actividad metabólica y el trabajo producido por el cuerpo humano), la temperatura y el área de la superficie de piel, el grado de humedad y el porcentaje de superficie mojada de la misma, pudiendo ser por sudoración. La unidad de medida del calor metabólico es el **met** que representa el calor generado en la unidad de tiempo por metro cuadrado de superficie de piel de cuerpo humano desnudo. Un met es el coeficiente de metabolismo de una persona sedentaria en reposo y tiene un valor de:

$$1\text{met} = 58,2 \frac{W}{m^2} = 50 \frac{kcal}{h \cdot m^2}$$

Si $1\text{met}=58\text{W}/\text{m}^2$ de epidermis, aproximadamente la media es de 100W por persona adulta.

La medida del área de la superficie del cuerpo, A (en m^2) se calcula, según **Du Bois**, mediante la siguiente expresión:

$$A = 0.202 \cdot m^{0.425} \cdot h^{0.725}$$

Donde:

- m es el peso de la persona en kg
- h es la altura en metros

Aparte está la **protección de la ropa** puesta, que en ambiente frío aporta aislamiento y hace disminuir la pérdida por convección. Depende del espesor del tejido y la capa del aire caliente retenido entre la ropa y la piel. Los tejidos deben ser flexibles, estar formados por varias capas, si el medio es muy frío, y ser permeables al vapor de agua (por si se produce sudoración). La resistencia térmica del aislamiento de la vestimenta se expresa en unidades **clo**, donde:

$$1\text{clo} = 0,155 \cdot \frac{m^2 \cdot K}{W} = 0,18 \frac{h \cdot m^2 \cdot ^\circ C}{kcal}$$

La **valoración del ambiente térmico** (182, *Hernández Calleja: NTP 779*) cuenta con seis variables, dos propias del individuo y cuatro de tipo ambiental. Las del individuo, son la actividad metabólica y la protección de la ropa. Las del ambiente son la temperatura del aire, la temperatura radiante media, la humedad relativa y la velocidad del aire, que son los componentes termohigrométricos del medio.

La combinación de los parámetros ambientales y personales, que producen sensación de neutralidad térmica, se expresa en la **ecuación en régimen estacionario** $((M - W) - (Q_p + Q_r))$. El primer miembro representa el calor generado por el cuerpo (metabolismo menos trabajo mecánico). El segundo está compuesto por los términos que inciden en el intercambio de calor del cuerpo hacia el ambiente, a través de los fenómenos: radiación, convección, respiración, difusión de agua a través de la piel y sudoración. La diferencia entre los dos miembros, es decir entre la producción interior de calor y las pérdidas de calor hacia el ambiente, mide el **desequilibrio térmico (DT)**:

$$DT = (M - W) - (Q_p + Q_r)$$

Donde:

- M es el metabolismo
- W es el trabajo mecánico desarrollado
- Q_p son las pérdidas de calor por la piel
- Q_r son las pérdidas de calor por la respiración

El desequilibrio térmico es una situación transitoria, ya que el cuerpo humano reacciona poniendo en marcha los antes mencionados mecanismos fisiológicos con los que alcanza de nuevo el equilibrio térmico.

2. PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES: TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA Y VELOCIDAD DEL AIRE.

El **microclima ambiental** condiciona la mayor o menor pérdida de calor, y depende de la temperatura seca del aire, la velocidad del aire, la temperatura radiante media de los cerramientos y la humedad del aire (temperatura húmeda, temperatura del punto del rocío, presión parcial del vapor de agua, humedad relativa y humedad específica).

2.1. TEMPERATURA DEL AIRE.

Representa el nivel térmico de que dispone el aire ambiente, denominado también temperatura seca del aire. Esta magnitud se mide con un termómetro apantallado y tiene diferente valor en condiciones de verano y en de invierno, para alcanzar un confort térmico.

2.2. RADIACIÓN TÉRMICA.

La **irradiación de calor desde focos caloríficos** se compone de energía electromagnética que abarca la banda de luz visible e infrarroja de las longitudes de onda del espectro. Solemos estar rodeados de objetos a diferentes temperaturas en sus superficies. La **Temperatura Radiante Media** de un entorno (T.R.M.) es el promedio de las temperaturas de cada una de las superficies circundantes, medida según el ángulo sólido de cada una de ellas y la emisividad térmica de ellas. No se trata de una medida suficiente para definir la comodidad térmica, pero sí se requiere cierto equilibrio en las temperaturas de las superficies a las cuales está expuesto el cuerpo, para impedir que haya aportaciones o pérdidas demasiado bruscas provenientes de cualquier área del cuerpo, igual que se requiere de un equilibrio en las aportaciones y pérdidas efectuadas a través de corrientes de calor, y las efectuadas por convención, conducción y evaporación.

2.3. HUMEDAD RELATIVA.

La **humedad relativa** (HR) es la cantidad de vapor de agua que se encuentra en el aire con relación al máximo que puede contener a una temperatura determinada. De ahí que, si la humedad específica es constante, a cualquier variación de la temperatura la humedad relativa se verá modificada. Una HR demasiado elevada produce sensación de sofoco y una demasiado baja de sequedad de las mucosas. Su intervalo ideal es del 40 al 60%. Cuanto mayor sea la temperatura y/o humedad se estima el aire como más congestionado, de peor calidad y oloroso.

La humedad relativa influye en varios fenómenos:

- Tasa de evaporación del sudor, que es una de las respuestas fisiológicas del cuerpo humano para disipar el calor, ya que a menor humedad en el ambiente, mayor es la tasa de evaporación del sudor y por tanto la pérdida de calor por evaporación.
- Capacidad de aislamiento térmico de la vestimenta: al introducirse la humedad en los tejidos desplazando un volumen de aire, por tener el agua un calor específico mayor que el del aire, incrementa la conductividad térmica global de la vestimenta.
- Transferencia de calor por convección de la piel hacia el aire, ya que a un mayor contenido de agua en el aire, el calor específico de la mezcla aumenta por tener un mayor calor específico el agua, lo que hace que el flujo de calor del cuerpo hacia el aire aumente en el caso de que la temperatura del último sea inferior al de la piel.

Una humedad relativa alta, indirectamente, puede afectar negativamente al confort y a la salud dada su influencia sobre los elementos del ambiente interior. En lo referente a sensación térmica, tiene una escasa incidencia en condiciones cercanas a la neutralidad (50%), ya que un aumento en la humedad relativa de un 10% es equivalente a un aumento en la temperatura operativa de sólo 0,3°C. No hay que esperar problemas importantes si se mantiene entre el 30% y el 70%, siempre que no aparezcan condensaciones en superficies frías. Sin embargo, es recomendable mantener la humedad, por razones sanitarias, dentro de un rango más estrecho, entre 40% y el 60% concretamente, para restringir las condiciones ecológicas favorables para el crecimiento de determinados microbios indeseables.

La compleja relación entre humedad y temperatura de aire viene resumida en la FIGURA III.24. En ella se expresan:

- **Abscisas:** Temperatura del aire: más hacia la derecha => más calor
- **Ordenadas:** Humedad del aire: más hacia arriba => más calor
- **Curvas de humedad relativa:** líneas de iguales sensaciones de sequedad o humedad

- **Líneas isoentálpicas:** líneas de igual cantidad de energía. Corresponden con relativa exactitud a las sensaciones térmicas humanas, excepto en condiciones especiales (presencia de aire frío con altas humedades).
- **Límites térmicos:** Temperaturas entre 15°C y 30°C con humedades entre el 40% y el 80% de la saturación para cada temperatura.

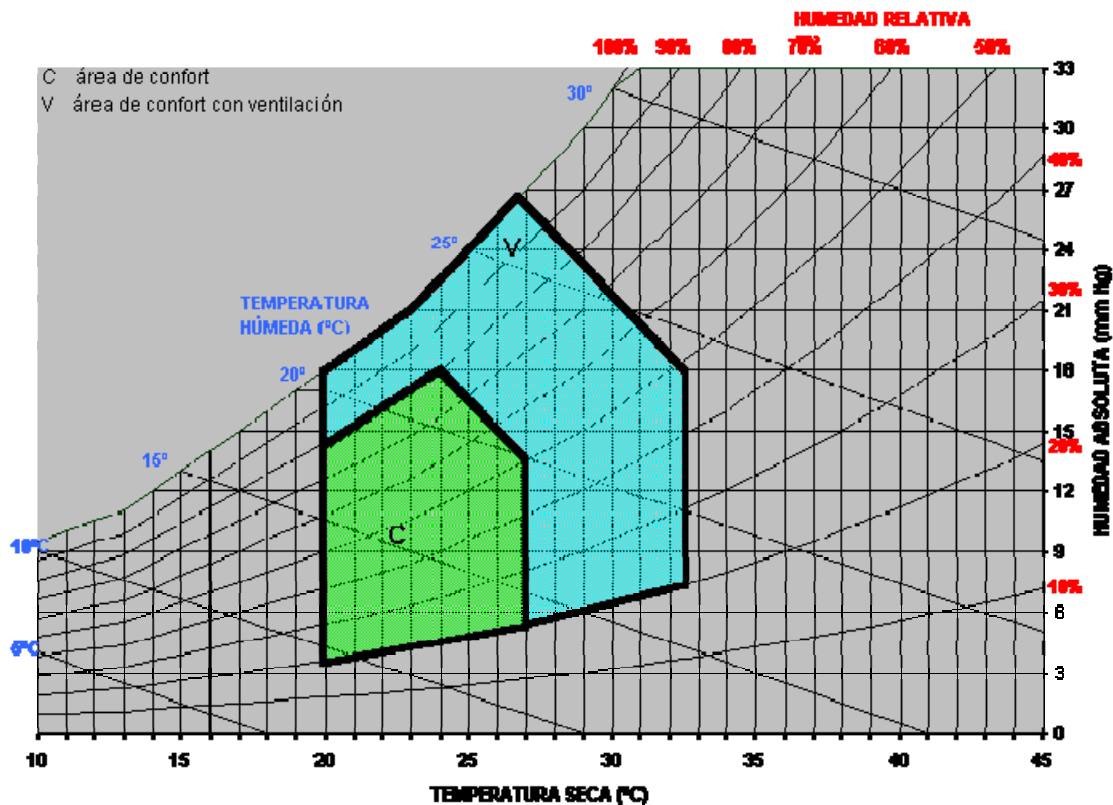


FIGURA III.24. Diagrama bioclimático.

2.4. MOVIMIENTO DEL AIRE.

Influye en el intercambio de energía en forma de calor, que se lleva a cabo entre la superficie de la piel del sujeto y el aire del ambiente. La exposición de la piel o la vestimenta de un sujeto con el aire implica un intercambio de calor por convección que aumenta al incrementarse la velocidad media del aire. Asimismo influye en la evaporación del sudor, ya que si el aire se encuentra estanco, la masa del mismo que rodea al individuo enseguida se satura de vapor de agua y la mezcla de aire saturado con el restante aire se

hace lentamente. Cada 0,3m/s de velocidad del aire viene a descender 1°C la sensación térmica.

La velocidad del aire se acostumbra a establecer en un valor no superior a los 0,20m/s en lugares para ocupación sedentaria y a una altura del suelo inferior a los 2m.

El Standard ASHRAE 55-2004 (53, ASHRAE, 2004) establece estas relaciones entre humedad y temperatura en actividades semisedentarias y para velocidades del aire de menos de 0,2m/s (TABLA III.4):

TABLA III.4. Relación humedad relativa-temperatura según estación.

HUMEDAD RELATIVA	ESTACIÓN	Tª ACEPTABLE
30%	verano	24,5-28°C
60%	verano	23-25,5°C
30%	invierno	20,5-24°C
60%	invierno	20-24 0°C
En verano con ropa = 0,5clo		En invierno con ropa = 1,0clo

La norma UNE EN ISO 7730:2006 (27, AENOR, 2006) establece tres clases o categorías de calidad térmica del medio, basadas en el equilibrio entre las posibilidades económicas y tecnológicas y el menor número de personas insatisfechas de entre las usuarias del ambiente en cuestión.

3. ÍNDICES TÉRMICOS AMBIENTALES.

Los **parámetros termohigrométricos** ambientales se determinan tomando la temperatura seca, la temperatura media radiante, la humedad relativa y la velocidad del aire. Clásicamente, en el ámbito industrial se determinan diferentes temperaturas medidas como temperatura ambiental seca (con termómetro de bulbo seco), la húmeda (con bulbo recubierto de muselina humedecida) y por calor radiante (con el llamado termómetro de bulbo de cobre). Diferentes ecuaciones para el medio externo y para el interno permiten

calcular índices para comparar la adecuación de las condiciones teniendo en cuenta el trabajo físico realizado (Índice WBGT, de la ACGIH) (339, Vaquero y Ceña, 1999).

Estos índices (280, Rey y Velasco, 2007; 277, Rescalvo y De la Fuente, 2004) simplifican la definición del ambiente térmico al combinar en un solo valor dos o más parámetros, como temperatura seca, temperatura radiante media, humedad o velocidad del aire.

3.1. TEMPERATURA OPERATIVA, t_o .

En la temperatura operativa se integran las influencias de la temperatura seca y temperatura media radiante. Sus valores óptimos cara al confort dependen de la actividad y de la vestimenta. La temperatura operativa es una medida de la temperatura experimentada por una persona como resultado de la temperatura actual, la convección y los efectos del calor radiante. Es muy representativa de la percepción corporal de la temperatura y está relacionada con las pérdidas (o ganancias) de calor sensible del cuerpo hacia el ambiente. Es una media ponderada con los coeficientes peculiares de intercambio radiante y convectivo y para velocidades bajas del aire puede calcularse aproximadamente como promedio entre temperatura seca y temperatura radiante media.

La temperatura operativa es igual a la media de la temperatura media radiante de los cerramientos del local t_r y la temperatura seca del aire t_a , ambas multiplicadas por los respectivos coeficientes de transferencia de calor h_r (radiante) y h_c (convectivo). Se expresa con la siguiente ecuación:

$$t_o = \frac{h_c t_a + h_r t_r}{h_r + h_c}$$

Donde:

- h , representa los coeficientes de transferencia térmica superficial, evaluados a la superficie de la vestimenta, con subíndices r para las

magnitudes relativas a la radiación y subíndice c para las magnitudes convectivas.

- el coeficiente h_r es casi constante para condiciones normales de temperatura en ambientes interiores y su valor es aproximadamente

$$4,7 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}$$

- el coeficiente h_c varía entre 3 y $6 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}$ dependiendo, sobre todo, del movimiento del aire.

Si se considera un valor medio de $4,5 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}$ resulta, que al ser muy próximos los valores de los coeficientes, la temperatura operativa es casi la media aritmética entre la temperatura seca del aire y la temperatura radiante media.

3.2. TEMPERATURA EQUIVALENTE.

Es el valor de la temperatura del aire y radiante media que, con una velocidad del aire igual a cero, produciría la misma pérdida de calor en una persona por convección y radiación que en el ambiente real. Si la velocidad del aire es nula, es igual a la temperatura operativa, y si existe movimiento de aire, menor, por su efecto de enfriamiento.

El valor de la temperatura equivalente para lograr el completo confort térmico (PMV=0) es la **temperatura de confort**. La diferencia entre la temperatura de confort y la temperatura equivalente es la **temperatura diferencia** (277, Rescalvo y De la Fuente, 2004).

3.3. TEMPERATURA EFICAZ O EFECTIVA, t_e .

Este índice, desarrollado por Yaglou (1923) integra en un solo valor la temperatura seca, la temperatura húmeda y la velocidad del aire. La temperatura efectiva es la temperatura de un ambiente que señala un

termómetro seco inmerso en ese ambiente, que produzca la misma sensación de frío o calor y que cumpla las condiciones de tener el aire en reposo, saturado de humedad y de temperatura igual en suelo y paredes. No hace intervenir a la temperatura radiante.

El valor del índice t_e depende del porcentaje de superficie de piel mojada y de la permeabilidad de la vestimenta. Si el porcentaje de piel mojada es pequeño, la humedad del aire tiene poca importancia. Ésta es la situación que se da en locales acondicionados, cuando sus condiciones están próximas a las de neutralidad térmica.

La temperatura eficaz tiene también en consideración las pérdidas de calor latente y está definida por la siguiente ecuación:

$$t_e = t_o + c[\rho(t_a) - 0.5\rho_s(t_e)]$$

Donde:

- c es igual al producto de la fracción de piel mojada por la eficiencia de permeabilidad al paso de vapor de la vestimenta y la capa de aire cerca de la piel y por la relación de Lewis entre los coeficientes de transferencia de calor evaporativo y convectivo.
- $\rho(t_a)$ es la presión del vapor de agua (en kPa) a la temperatura del aire del ambiente.
- $\rho_s(t_e)$ es la presión parcial del vapor a saturación (en kPa) a la temperatura efectiva.

La presencia de la temperatura radiante introduce una serie de correcciones en el índice de temperatura efectiva, que pueden aplicarse a los gráficos de la temperatura efectiva, obteniéndose la **temperatura efectiva corregida**.

4. ÍNDICES BASADOS EN ESCALAS DE SENSACIONES TÉRMICAS.

A continuación se expondrán dos índices denominados el PMV (del inglés, Predicted Mean Vote) o VMP (Voto Medio Previsto) y PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied).

4.1. VOTO MEDIO PREVISTO (VMP) O PREDICTED MEAN VOTE (PMV)

Un indicativo del discomfort es el VMP (Voto Medio Previsto) o PMV (179, *Hernández Calleja; 182, Hernández Calleja: NTP 779; 108, CEN, 2001; 27, AENOR, 2006; 16, AENOR, 2008*) a modo de estimación de la sensación térmica, y que es la media esperada de las opiniones de individuos que ocupan una estancia respecto a la sensación térmica de frío o calor que perciben, que es tanto más positivo cuanto más notan sensación de calor y más negativo cuanto más frío sienten.

Refleja el valor medio de los votos emitidos por un grupo numeroso de personas respecto a una escala psicofísica de siete niveles, al ser sometidos a diversos ambientes térmicos (27, *AENOR, 2006, 53, ASHRAE, 2004*). Puede oscilar entre +3 (muy caliente) y -3 (muy frío), siendo 0 el punto neutro.

El **voto medio** representa el valor medio de los votos de los participantes en el cuestionario que incluye esta escala. El índice se obtiene de la ecuación del balance térmico y de los datos estadísticos de pruebas experimentales. Puede expresarse en función del desequilibrio térmico (DT) y de la actividad metabólica (M).

$$VMP = DT \left[0,303 e^{-0,036 M} + 0,0028 \right]$$

Se puede calcular mediante la utilización de un equipo de medida directa, utilizando el programa informático proporcionado por la norma UNE o bien las tablas incluidas en la Norma UNE ES ISO 7730 (182, *Hernández*

Calleja: NTP 779), que indican los valores correspondientes a diferentes combinaciones de actividad, vestimenta, temperatura operativa y velocidad relativa del aire.

Cuanto mayor es la actividad metabólica (M), para un desequilibrio térmico determinado, menor es el VMP y por tanto menor es el discomfort, lo que en la práctica se refleja en que las personas sedentarias manifiestan más acentuadamente su discomfort ante las pequeñas variaciones de las condiciones higrotérmicas respecto a las condiciones ideales de confort de las personas que se encuentran realizando una actividad física. La consideración del Voto Medio Previsto, VMP, sólo es válida ante condiciones higrotérmicas que no se alejen excesivamente de las zonas de confort y ante parámetros que se encuentren dentro de los rangos habituales de condiciones de confort. En la norma UNE EN ISO 7730:1996 (27, AENOR, 2006) se establecen los rangos válidos para la consideración del VMP.

En resumen, el **índice PMV** indica la sensación térmica; refleja el valor medio de los votos emitidos por un grupo numeroso de personas, respecto a una escala psicofísica, al ser sometidos a diferentes ambientes térmicos. El índice se obtiene de la ecuación del ambiente térmico y de los datos estadísticos de pruebas experimentales.

4.2. PORCENTAJE DE PERSONAS INSATISFECHAS (PPI) O PREDICTED PERCENTAGE OF DISSASTIFIED (PPD).

El **PD** (Percent Dissatisfied) (182, *Hernández Calleja: NTP 779*) representa el porcentaje de ocupantes insatisfechos por discomfort, incluyendo diferencia de temperatura en vertical (o frío en pies y templado o caliente en cabeza), aire húmedo o seco (o muy húmedo o muy seco) y ambiente cargado (nada u ocasional sensación fresca).

El **índice PPD** (del inglés, Predicted Percentage of Dissatisfied) o PPI, (Porcentaje de Personas Insatisfechas) establece una predicción cuantitativa

del porcentaje de gente térmicamente insatisfecha. Se calcula con un gráfico determinado que lo relaciona con el PMV (53, ASHRAE, 2004) o con la ecuación:

$$PPD = 100 - 95^{-(0,03353PMV^4 + 0,2179PMV^2)}$$

La relación entre el VPM y el PPI, gráficamente expresada, queda reflejada en la FIGURA III.25.

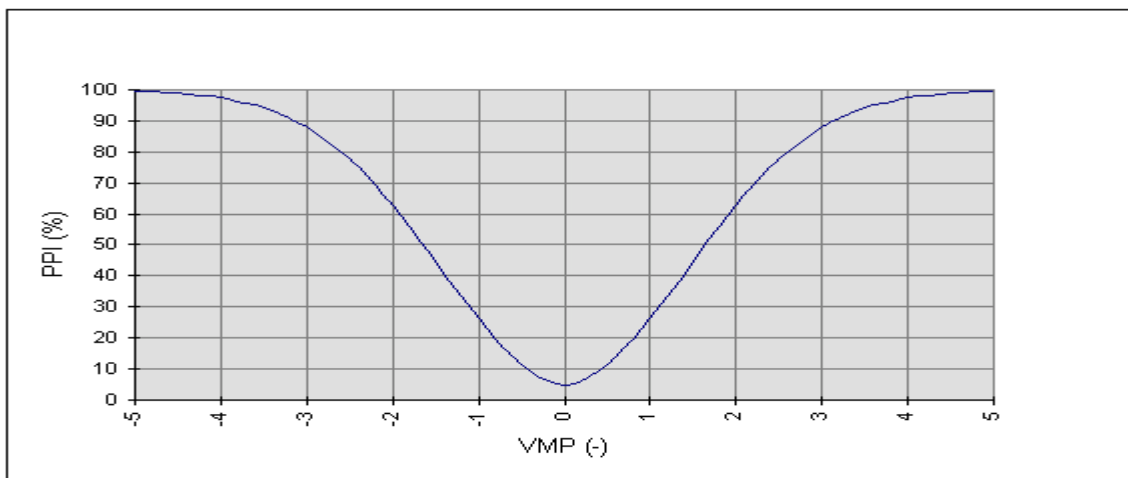


FIGURA III.25. Relación entre VPM y PPI.

En resumen, el **índice PPD** (Predicted Percentage of Dissatisfied) indica el grado de incomodidad. Permite predecir el grado de insatisfechos. Serían indicativos de tal grado de insatisfacción el número de votos más alejados del valor medio del PMV.

4.3. MALESTAR TÉRMICO LOCAL.

La neutralidad térmica no es la única condición a satisfacer para obtener el bienestar. Una persona puede sentir satisfacción térmica para el cuerpo en su conjunto, pero puede no estar cómodo si en alguna parte de su cuerpo siente frío o calor. EL PMV y el PPD expresan la sensación térmica y el grado de insatisfacción para el conjunto del cuerpo. Sin embargo, la insatisfacción puede, asimismo, ser debida a alguno de estos cuatro factores del **malestar térmico local** (182, Hernández Calleja: NTP 779): a la existencia de corrientes

de aire, sobre todo aquéllas que inciden en la nuca o en los tobillos; a los suelos demasiado calientes o fríos; a asimetrías de temperatura radiante elevadas entre planos opuestos, o a excesiva diferencia vertical de temperatura entre tobillos y cabeza. Únicamente se mencionan aquí de las corrientes de aire, pues de entre todos los mencionados, es el único parámetro objeto de este estudio.

Corrientes de aire.

Las corrientes de aire (182: *Hernández Calleja: NTP 779*) son la causa del mayor número de quejas ante las instalaciones de acondicionamiento de aire. Desde el punto de vista de confort, habitualmente son más molestas las corrientes de aire más frío que las dadas por la mayor temperatura del aire de la estancia, y originan mayor disconfort las proyectadas en la nuca, la espalda y los tobillos.

Una “**corriente de aire**” o **Draught Rate (DR)** se puede definir como un enfriamiento no deseado de una parte del cuerpo, debido a la combinación del movimiento del aire y la temperatura (182, *Hernández: Calleja NTP 779*). Las corrientes causan un enfriamiento local del cuerpo que depende de estos factores: la velocidad media del aire, la intensidad de la turbulencia, y la temperatura del mismo aire

El **porcentaje de personas insatisfechas PPI** motivado por corrientes de aire se expresa con la siguiente ecuación (53, *ASHRAE 2004*):

$$PPI = (34 - t_a) \cdot (-0.05 + \bar{v})^{0.62} \cdot (3.14 + 0.37 \cdot T_u \cdot \bar{v})$$

Donde:

- t_a es la temperatura local del aire (°C)
- v es la velocidad del aire (m/s), (luego se calcula su media)
- T_u es la intensidad de la turbulencia (%)

El DR representa el porcentaje de gente insatisfecha dada la molestia por corrientes. Se usa el modelo DR-ASHRAE (53, ASHRAE.2004), basado en los resultados del cuestionario de percepción de los ocupantes. Se calcula el **porcentaje de personas insatisfechas** debido a la corriente (DR-Survey), o por corriente muy fuerte o por intenso estancamiento, y se compara con el DR-ASHRAE, que se ha confeccionado con medidas de campo. En resumen, el **DR (Draught Rate)** se refiere a las corrientes de aire, que constituye un factor de incomodidad. Se describe con detalle en la NTP 501 (179, Hernández Calleja, 1998).

4.4. INTENSIDAD DE TURBULENCIA, T_u .

La intensidad de la turbulencia (182, Hernández Calleja: NTP 779; 53, ASHRAE, 2004) T_u no es un índice de apreciación subjetiva del confort térmico y si se menciona aquí es por su influencia en el cálculo del DR. Corresponde a la relación entre la desviación estándar de la velocidad del aire S_v , dada en m/s, y la velocidad media del aire, dada también m/s, según expresa la ecuación:

$$T_u = \frac{S_v}{\bar{v}} \cdot 100$$

Donde la velocidad media del aire es:

$$\bar{v} = \frac{1}{n} \sum_1^n v_i$$

Y S_v (m/s) es la desviación estándar que se calcula con la siguiente ecuación:

$$S_v = \sqrt{\left(\frac{1}{(n-1)} \sum_1^n (v_i - \bar{v})^2 \right)}$$

La intensidad de la turbulencia se mide en tanto por cien. Suele estar comprendida entre el 30% y el 60% en espacios ventilados con sistemas por

mezcla, y es siempre inferior al 30%, hasta bajar al 5%, en espacios con ventilación por desplazamiento o sin ventilación. En los casos de ventilación por mezcla el objetivo es que el aire de impulsión se mezcle con el aire del interior del local alcanzando todos los puntos del mismo, pero si la ventilación es por desplazamiento del aire, el objetivo es que se mezcle lo menos posible.

5. RELACIONES ENTRE MICROCLIMA Y CONTAMINACIÓN.

Las condiciones y cambios de temperatura y humedad afectan no solo a la respuesta fisiológica humana y a la percepción de bienestar, sino también al comportamiento de los posibles contaminantes químicos y biológicos.

- Las **temperaturas** elevadas aumentan la emisión gaseosa de los compuestos orgánicos volátiles.
- La **velocidad del aire** influye en la valoración térmica, en la evaporación de compuestos volátiles y semivolátiles y en la diseminación de partículas y otros contaminantes químicos.
- La **humedad** afecta a la concentración de sustancias gaseosas y a la permanencia de aerosoles que pueden contener cargas biológicas. La humedad relativa alta facilita el crecimiento de los microbios (mohos, hongos) y de ácaros y la emisión de sustancias químicas desde algunos materiales. Si es excesivamente baja, puede causar una sequedad e irritación de la piel y de las membranas mucosas de nariz, ojos y garganta, lo cual disminuye las defensas contra ciertos microorganismos. En el caso de personas que utilicen lentes de contacto puede aumentar la sensación de roce con los párpados e incluso adherencia de las lentillas a los párpados.

Ciertas condiciones termohigrométricas, pues, facilitan la aparición de contaminantes en el medio interno y puede deberse su llegada a partir de la contaminación exterior (generando corrientes de aire) o desde una contaminación interior, que puede partir de la contaminación por los materiales de construcción del edificio.

III.2.C. VENTILACIÓN Y CLIMATIZACIÓN DE INTERIORES.

1. VENTILACIÓN NATURAL Y VENTILACIÓN FORZADA.

La ventilación puede considerarse como el mecanismo de aportar aire más limpio a una estancia o edificio. Puede ser natural o forzada.

a) La **ventilación natural** emplea la velocidad del viento y las diferencias de presión y temperatura para lograr el movimiento del aire que da origen a la ventilación de los locales, tanto por entradas y salidas de aire a través de huecos como por infiltraciones y exfiltraciones de aire a través de orificios y ranuras en los cerramientos de los edificios (32, *Allen, 1982*). No necesita de equipos mecánicos (ventiladores). La ventilación natural fue intensivamente aprovechada en las construcciones hospitalarias de otro tiempo.

La ventilación natural se realiza a través de rendijas, puertas, ventanas y otros huecos que conectan con el exterior, causada principalmente por las distintas temperaturas que se detectan entre los interiores del local y del exterior, a las que se añade la acción del viento, con lo que se crean diferencias de presión entre ambos ambientes.

b) La **ventilación forzada** es aquella que requiere de medios mecánicos de impulsión y/o extracción de aire para realizarse. Dentro del capítulo de la ventilación forzada se encuentran sistemas, desde los más simples, a base de un simple extractor en fachada, hasta los más complejos con conductos y tomas de ventilación y extracción, con compuertas motorizadas y variadores de velocidad en los motores de ventilación y extracción, obteniendo un caudal variable en las diferentes estancias en función de sus necesidades de ventilación. La ventilación forzada permite un control del aire de aporte y extracción de las estancias, con independencia de las condiciones exteriores.

2. MECANISMO DE LA VENTILACIÓN NATURAL.

Se pueden establecer como factores básicos de la ventilación natural la diferencia de altura, la diferencia de temperaturas exterior e interior, la diferencia de presión, la acción del viento y la carga térmica.

La influencia de cada uno de los factores considerados produce diversos efectos (225, *Marincic, 1999*; 345, *Wargocki et al, 2002*). Así la acción del viento sobre un edificio origina el llamado '*efecto de la presión del viento*', que consiste en crear unas zonas de sobrepresión que son variables de acuerdo con la dirección del mismo, y, en el lado opuesto y laterales, unas zonas de depresión. Las diferencias térmicas entre el interior y el exterior del local dan lugar al fenómeno conocido como '*efecto chimenea*'. Producen, como consecuencia de la diferencia de temperatura entre dos masas de aire en contacto, la tendencia del aire más frío a moverse hacia el interior más cálido en niveles bajos, y al revés en niveles superiores. Las diferencias de presión son la razón de que se acelere la circulación del aire provocando la aireación del recinto. Sobre el particular hay que destacar:

2.1. EFECTO DEL VIENTO SOBRE LOS CERRAMIENTOS DEL EDIFICIO.

Sobrepresiones y depresiones que se crean sobre las diferentes superficies y que son las que, en última instancia, generarán corrientes de aire a través de locales interiores (FIGURA III.26). Estas pueden ser intencionadas o no.

Cuando el viento incide perpendicularmente sobre una de las caras de una forma simple paralelepípeda, se genera una acentuada sobrepresión en esa cara, y una ligera depresión en la zona más próxima a la cara sobrepresionada de las caras laterales. La sobrepresión incide en las caras que reciben el aire, y la depresión en las contrarias, mientras que en las demás, no está siempre claro su estado. La existencia de obstáculos o irregularidades sobre fachadas y cubiertas, puede modificar el reparto de las presiones del viento.

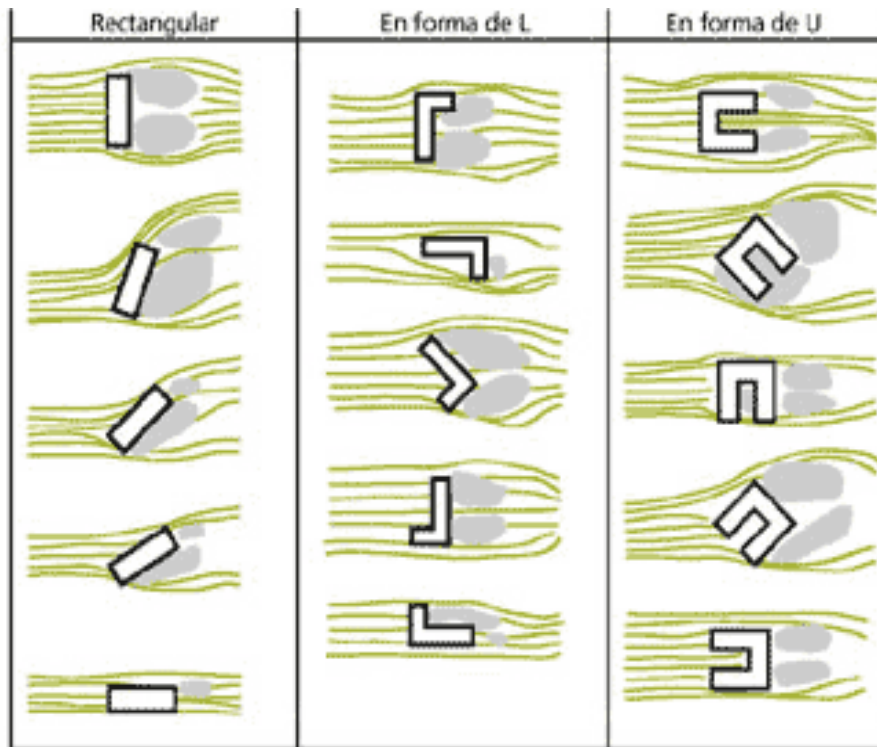


FIGURA III.26. Presiones del viento según la forma y colocación del edificio.

2.2. FLUJOS DE AIRE A TRAVÉS DEL EDIFICIO.

Son las infiltraciones que pasan a través de rendijas o cualquier pequeña abertura, en invierno y en verano (FIGURA III.27).

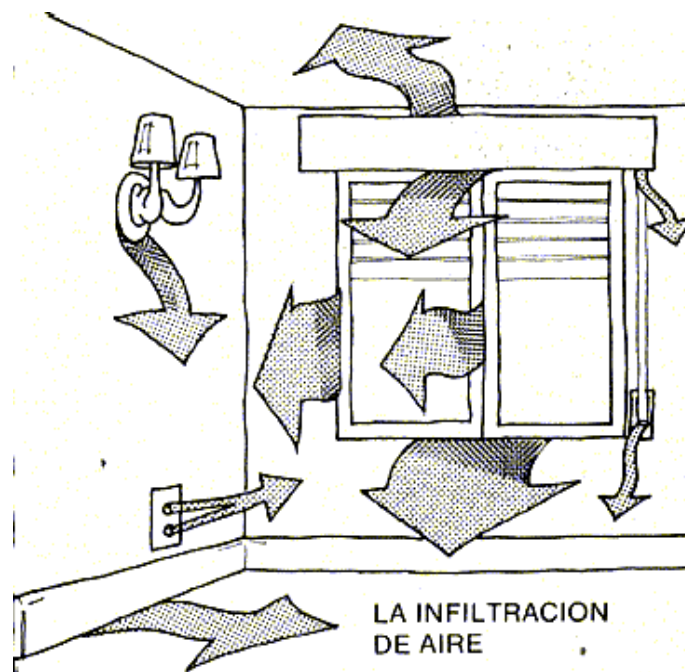


FIGURA III.27. Filtraciones de aire a través del edificio.

La corriente de aire interior se establece siempre que hay dos aberturas en situaciones de presión diferentes. Como regla general, el flujo de aire no tenderá a repartirse entre caminos, sino que seguirá el que le sea más fácil. Es decir, que irá por donde la diferencia de presiones sea más alta y las resistencias a su paso sean menores. Por tanto pueden quedar sin ventilar zonas que teóricamente quedan barridas por el flujo de aire.

En condiciones reales la ventilación natural influye en las condiciones interiores de edificios y estancias en forma de corrientes de aire no deseadas, ya que las aberturas de puertas de acceso, y ventanas practicables, así como la existencia de rendijas en los cerramientos, dan lugar a que, especialmente en días ventosos, ésta ventilación natural parásita se haga notar. Los modos de evitar esta ventilación natural no deseada consisten en la eliminación en lo posible de entradas de aire por puertas y ventanas, mediante la incorporación de dobles puertas constituyendo un recinto de paso entre ellas, la utilización de ventanas no practicables, cada vez más habituales en los nuevos edificios de uso público y la utilización de carpinterías cada vez más estancas a la entrada de aire.

3. LA VENTILACIÓN FORZADA Y SUS MODOS Y TIPOS.

La ventilación forzada puede diseñarse según alguno de estos modos:

- Solo extracción del aire del interior.
- Solo impulsión de aire nuevo.
- Extracción de aire interior e impulsión de aire nuevo, actuando conjuntamente.

3.1. SÓLO EXTRACCIÓN DEL AIRE INTERIOR.

Estos sistemas son, probablemente, los más utilizados. Esencialmente consiste en disponer en uno o varios puntos de la estancia uno o varios extractores. En la extracción conducida, los puntos de extracción se configuran con rejillas que van a conductos que canalizan el aire hasta el ventilador de extracción, y de ahí al exterior.

En la FIGURA III.28 que aparece a continuación puede apreciarse el comportamiento esquemático del aire en estancias en las que se ha dispuesto extracción y entradas de aire en diferentes puntos de las mismas.



FIGURA III.28. Sistema de extracción de aire.

Lógicamente, para que exista corriente de aire a través del ventilador es necesario que en otros puntos del edificio haya huecos por los que pueda entrar el aire que posteriormente será arrastrado por los extractores para impulsarlo fuera del edificio. Estos huecos pueden ser ventanas, puertas o simplemente rendijas, aunque lo más apropiado son rejillas de entrada del aire.

3.2. SÓLO IMPULSIÓN DE AIRE DEL EXTERIOR.

En el método de ventilación por impulsión los ventiladores recogen el aire exterior limpio y lo empujan hacia el interior del recinto, creando una sobrepresión dentro de la estancia ventilada que obliga al aire impuro a salir por los huecos previstos para tal fin. A su vez la sobrepresión impide que penetre aire del exterior por los huecos y orificios de la envolvente de la estancia sobrepresionada.

Dependiendo de la ubicación de las entradas de aire y dadas las diferencias de presiones, las corrientes de aire dentro de la estancia pueden responder a diferentes modelos.

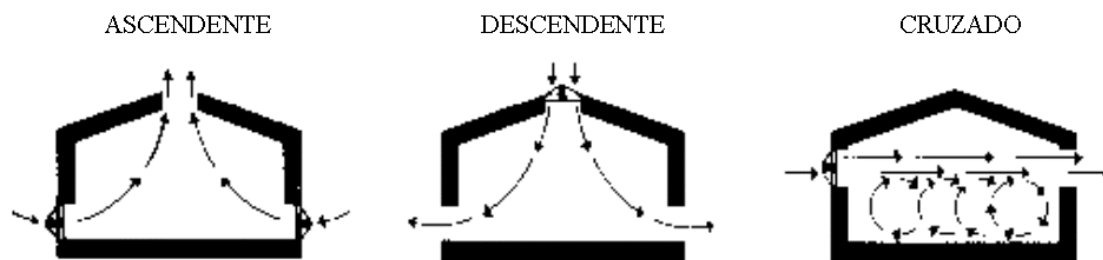


FIGURA III.29. Sistema de impulsión de aire.

La principal ventaja de la disposición de impulsión forzada, independientemente del sistema de extracción escogido, es la posibilidad de tratar el aire de impulsión. Este tratamiento puede consistir en un filtrado de partículas y un tratamiento térmico e higrométrico del aire, de modo que con el equipamiento adecuado, sea posible controlar la pureza del aire de entrada, así como su temperatura y humedad. Otra ventaja de la impulsión forzada es la posibilidad de controlar la cantidad de aire exterior entrante y repartir más eficazmente el aire limpio en las áreas que necesiten una mayor renovación mediante la utilización de conductos de impulsión hasta los puntos requeridos.

3.3. COMBINACIÓN DE IMPULSIÓN Y EXTRACCIÓN.

La conjunción de la impulsión de aire limpio y extracción de aire interior es el modo de posibilitar la optimización de la adecuada aportación de aire limpio y extracción del aire de las zonas más contaminadas.

Debe procurarse evitarse en lo posible la existencia de cortocircuitos entre las entradas y salidas de aire, ya que daría lugar a una eficacia muy pobre de la ventilación, por la aparición de zonas de poca renovación de aire. Además de la disposición de las entradas y salidas de aire, afectan al desarrollo de las corrientes de aire otros factores, como la velocidad, que si es excesiva puede ocasionar que el aire que ha entrado en la estancia llegue demasiado pronto a los puntos de extracción, y la temperatura, que, en caso de ser superior a la del aire de la estancia, puede dar lugar a que el recorrido se inicie por la parte superior de la estancia. En cualquier caso, en la combinación de impulsión y

extracción forzada, suele interesar que la impulsión sea ligeramente superior a la extracción, para mantener una sobrepresión interior y evitar que corrientes parásitas o aire contaminado entren desde el exterior por los huecos y orificios de la envolvente.

Es importante tener en cuenta que la disposición de impulsión y extracción forzada, aunque sea con un único ventilador para ambas, da lugar a la posibilidad de mezclar aire exterior limpio con aire interior contaminado, de modo que aunque el aire que se devuelva al edificio no esté tan limpio como el exterior, sí lo esté suficientemente, y, a la par, con la mezcla se consiga un importante ahorro energético porque una alta proporción de aire aportado tenga una temperatura próxima a la de consigna.

Se denominan **tipos de ventilación** a las diferentes formas extremas que tiene el aire exterior de evolucionar dentro de un local. A pesar de que estos modelos de ventilación en la realidad no sean frecuentes de forma pura, es interesante su estudio, ya que los desarrollos habituales pueden aproximarse a ellos o ser una combinación de ellos. Las clases de ventilación son: ventilación por desplazamiento o flujo pistón, la ventilación por mezcla y el cortocircuito o bypass:

- **Ventilación por desplazamiento o flujo pistón:** En este tipo de ventilación existe una zona de impulsión del aire y una zona de extracción y entre ambas fluye el aire con una mínima mezcla con el previamente existente en el recinto. La eficiencia de este tipo de ventilación es la máxima, pudiendo, en ocasiones, ser superior a la unidad.
- **Ventilación por mezcla:** En este tipo de ventilación, la zona de impulsión está generalmente por encima de la zona ocupada. Las mejores condiciones se alcanzan cuando la mezcla es tan perfecta que las dos zonas se transforman en una. La eficacia de ventilación puede incluso alcanzar la unidad.

- **Cortocircuito o bypass:** Es la carencia de una ventilación adecuada motivada más que por una insuficiencia de caudal de aire, por la existencia de zonas muertas o zonas a las que el aire limpio de ventilación accede de un modo deficiente. Se trata de uno de los problemas más frecuentes, motivado por una inadecuada localización de los puntos de impulsión y retorno de aire respecto las zonas ocupadas, o por la incorporación de tabiques, mobiliario o mamparas, no previstos en un principio, en el recorrido original del flujo de aire. El modelo de cortocircuito es el que más se aproxima cuando se da una ventilación de un área con impulsión y retorno en la parte superior de cerramientos enfrentados, en la que se han incorporado posteriormente obstáculos.

4. LOS VENTILADORES.

El ventilador es un elemento fundamental de la ventilación mecánica. Es el componente del equipo utilizado para producir movimiento al aire más próximo al mismo mediante la creación de una depresión a su entrada, lo que da lugar a que entre aire en él y una proyección a su salida motivada por la sobrepresión producida en tal salida. Está accionado por un motor eléctrico y la transmisión puede ser directa o por medio de poleas y correas trapezoidales.

Los ventiladores de accionamiento mecánico se dividen en dos grandes grupos: **ventiladores axiales o helicoidales** y **ventiladores radiales o centrífugos**. Los ventiladores axiales lanzan el aire, como su propio nombre indica, en dirección axial; en los ventiladores centrífugos la corriente de aire se establece radialmente a través del rodete.

En los **ventiladores axiales o helicoidales**, el flujo de aire es esencialmente paralelo al eje de giro de la hélice o rodete. A pesar de que estos ventiladores tienen predeterminado un sentido de giro de los álabes, son capaces de funcionar en sentido inverso, aunque con disminución de prestaciones en su curva caudal-diferencia de presión. Este tipo de ventilador es el más adecuado para mover grandes caudales de aire que no requieran el vencimiento de una gran pérdida de carga. Son ampliamente utilizados en la

ventilación de locales que no precisan conductos, por lo que son instalados directamente en su envolvente, como son naves industriales, polideportivos y grandes áreas. El problema que pueden generar es que su apertura libre es tan amplia que incluso sin funcionar son susceptibles de generar corrientes de aire por ventilación natural. Estos ventiladores también son ampliamente utilizados en extracciones conducidas con pocas pérdidas de carga en los conductos, como es el caso de extracción de monóxido de carbono en aparcamientos.

En los **ventiladores centrífugos o radiales**, el flujo de aire es esencialmente perpendicular al eje de giro de la hélice o rodete. Es diferente la dirección del aire de entrada, paralelo al eje de giro, y el aire de salida, perpendicular al eje de giro, así como la forma de aceleración de dicho aire, que es la fuerza centrífuga que impulsa el aire desde la parte de los álabes próximas al eje de giro hasta los extremos exteriores de dichos álabes. Estos ventiladores son los más recomendados cuando se intente mover caudales de aire en los que la pérdida de carga a vencer no sea pequeña, como es la mayoría de las aplicaciones en los que el aire discurre conducido, tanto en impulsión como en extracción, como son la mayoría de las instalaciones de climatización y de ventilación centralizada.

La implicación de los ventiladores en el confort se encuentra en la emisión acústica de los mismos, de diverso origen, susceptible de llegar a las estancias ocupadas.

5. CÁLCULOS INDICATIVOS DE LA VENTILACIÓN.

5.1. CAUDAL DE AIRE.

El **caudal total de aire impulsión**, según la “Guía Técnica” sobre locales de trabajo (194, INSHT, 2006), se puede calcular con un balómetro o bien multiplicando la velocidad del aire (v) por la sección del conducto a través del que pasa (A), lo que expresa la ecuación siguiente:

$$Q = A \cdot v$$

Estimado en rejillas o difusores se traduce en (121, *Cruceta www*):

$$Q = V_m \cdot S \cdot k \cdot 3600$$

Donde:

- Q es el caudal total del aire
- V_m es el velocidad en m/s
- S es la superficie de las rejillas difusoras
- k es el factor de corrección según rejillas y difusoras.

Según modelos de rejillas y difusores se puede estimar escogiendo el valor k (92, *Carnicer, 2006*). También el caudal de ventilación se puede medir estimativamente por la medición de dióxido de carbono, utilizando éste como un gas trazador, ya sea utilizando el existente de forma natural en el ambiente o añadiendo un flujo controlado (278, *Rey y Ceña, 2006*).

Entre los varios métodos propuestos para la **estimación de la proporción de aire exterior**, están los de la citada “Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo” (194, *INSHT, 2006*). Un método se sirve de diferencias de temperaturas entre determinados puntos. El otro de diferencias de concentración de CO_2 . En esta alternativa, la fórmula empleada es:

$$\%_{\text{aire exterior}} = \frac{(CO_2)_{\text{retorno}} - (CO_2)_{\text{impulsión}}}{(CO_2)_{\text{retorno}} - (CO_2)_{\text{exterior}}} \cdot 100$$

Y, por lo tanto, el caudal total de aire exterior Q (Q_{exterior}), sería:

$$Q_{\text{exterior}} = \frac{Q_{\text{impulsión}} \cdot \%_{\text{aire exterior}}}{100}$$

5.2. RENOVACIONES DEL AIRE POR HORA.

Cuando se utiliza el concepto de las necesidades de ventilación de un local, se hace referencia al número de renovaciones/hora. Se puede definir la **renovación de aire** de un local como “la cantidad de aire necesaria para cambiar por completo el aire que ocupa el volumen de dicho local”.

5.3. EDAD DEL AIRE.

Mide el tiempo que ha permanecido el aire en el local. Se puede considerar de dos maneras:

- La **edad del aire media local** se utiliza para valorar la ventilación en determinados puestos ocupados o la distribución del aire en edificios ventilados, así como para el trazado de mapas de las corrientes de aire entre habitaciones. Permite detectar áreas de aire estancando.
- La **edad del aire media de la habitación** cuantifica a la eficiencia de un sistema de ventilación, teniendo en cuenta, en su expresión numérica, la cantidad de aire de ventilación suministrado a la habitación y la eficacia con la que se distribuye por ella. Para su determinación se requiere el uso de gases trazadores.

5.4. EFICACIA DE LA VENTILACIÓN.

En la Norma UNE 100000:1995 se define la eficacia de ventilación igual que en la prenorma europea CEN CR 1752, utilizando el concepto de concentración de contaminante, como una relación entre las concentraciones de una sustancia en un recinto. Aparte de ésta existen otras definiciones de la expresión.

Su ecuación es:

$$\varepsilon_v = \frac{C_e - C_i}{C_z - C_i} = \frac{\left(\frac{C_e}{C_i}\right) - 1}{\left(\frac{C_z}{C_i}\right) - 1}$$

Donde:

- C_e es la concentración de una sustancia contaminante en el aire de extracción (ppm)
- C_i es la concentración de una sustancia contaminante en el aire de impulsión (ppm)
- C_z es la concentración de una sustancia contaminante en la zona ocupada (ppm)

Se puede afirmar lo siguiente:

- Si la mezcla de aire y sustancias contaminantes en el ambiente es completa, es decir $C_e = C_z$, entonces la eficacia es igual a la unidad.
- Si la calidad de aire en la zona ocupada es mejor que la calidad del aire de extracción, es decir si $C_e > C_z$, la eficacia es mayor que la unidad y la calidad deseada del aire en la zona ocupada se puede alcanzar con un caudal menor de aire exterior.
- Si la calidad del aire en la zona ocupada es peor que la calidad del aire, $C_e < C_z$ la eficacia de ventilación es menor que la unidad y se requiere un caudal mayor de aire de ventilación.

En el caso de la ventilación por mezcla lo ideal es que ésta sea tan perfecta que la eficacia de la ventilación sea alrededor de uno. En el caso de la ventilación por desplazamiento el valor tiende al infinito, pues la concentración del contaminante es muy superior en la zona de extracción que en la ocupada.

La eficacia de la ventilación (278, Rey y Ceña, 2006) es un parámetro fundamental en el análisis del estado de la ventilación en un edificio o recinto. Depende de los siguientes factores:

- Del sistema de difusión de aire empleado.
- De la localización de las fuentes de contaminación.
- De la situación y características de las unidades de impulsión y extracción de aire.
- De la diferencia de temperatura entre aire impulsado y aire del ambiente y del caudal de aire impulsado.

6. INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN, REFRIGERACIÓN Y VENTILACIÓN.

6.1. SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN.

Las instalaciones de climatización son las encargadas de conseguir las condiciones climáticas de los recintos teniendo una influencia decisiva sobre la calidad del aire interior. Por un lado tenemos las instalaciones de calefacción por agua, como la proporcionada por radiadores de agua caliente; el suelo radiante; los aerotermos, y las instalaciones de calefacción y refrigeración por sistemas todo refrigerante y todo agua. Entre ellas cabe destacar las unidades de la bomba de calor y, sobre todo, por su uso hospitalario, los fancoils.

La instalación de bombas de calor tipo **splits**, consta de una unidad exterior en la que se encuentran el compresor y el condensador y una o varias unidades interiores en las que se encuentra/n el/los evaporador/es, estando unidas dichas unidades por los tubos de refrigerante.

Aunque es cierto que muchos modelos de bombas de calor tipo splits disponen de toma de aire exterior capaz de introducir en la estancia a acondicionar cierto caudal de aire limpio, la única actuación de la mayoría de los splits instalados es enfriar o calentar el aire que toman de la propia estancia y enviarlo a la misma estancia, más frío o caliente, al hacerlo pasar por el evaporador o condensador que absorbe o cede parte de su calor. Cuando actúa en modo refrigeración el aire puede salir más seco, ya que en el evaporador condensa parte de la humedad del aire que pasa junto a él, si es que alcanza el punto de rocío al contacto con el mismo.

Las instalaciones con splits pueden ser enormemente sencillas, como las que constan de una única unidad interior y una unidad exterior, destinada al calentamiento o enfriamiento de una estancia o pueden ser enormemente complejas, pudiendo abarcar un edificio entero con varias plantas y con múltiples estancias en cada planta, con diferentes tamaños y orientaciones, y, por lo tanto, con diferentes demandas térmicas no solo en cantidad sino también en horario.



FIGURA III.30. Ejemplo de split.

Los **sistemas VRV (caudal de refrigerante variable)** son sistemas todo refrigerante que hacen posible con una única unidad exterior, suministrar frío y calor simultáneamente en diferentes zonas, estableciendo y manteniendo diferentes temperaturas de consigna en distintas zonas, lo que permite que sea capaz de suministrar las condiciones de confort térmico más adecuadas a cada diferente situación.



FIGURA III.31. Ejemplo de sistema VRV.

El **fancoil** es un equipo terminal, como lo es el split, pero mucho más sencillo que éste, ya que en su interior no se produce evaporación o condensación alguna de refrigerante, sino un intercambio de calor entre aire que pasa impulsado por un ventilador y el agua que pasa por un intercambiador. En definitiva, el fancoil no es más que una carcasa con un intercambiador de calor agua-aire y un ventilador que impulsa el aire a través del mismo.



FIGURA III.32. Modelo de fancoil.

Los fancoils, al ser únicamente elementos terminales intercambiadores de calor requieren de generadores de fluido caloportador como son las calderas y las enfriadoras de agua, que en función de la demanda, calientan o enfrían el agua, que es impulsado por las bombas de circulación y llevado a las unidades terminales a través de las tuberías. Son compatibles con paneles solares, calderas y bombas de calor.

En instalaciones pequeñas o sencillas suele ser más económica la utilización de splits. Es decir, habitualmente la utilización de fancoils está asociada a la climatización de medias o grandes superficies y con instalaciones relativamente complejas, ya que requieren al menos de colectores y tuberías para agua de calefacción y refrigeración, además de calderas y enfriadoras y el correspondiente sistema de control de la instalación que gobierna las válvulas de tres vías.

Dentro de las zonas están las áreas o subzonas, con control independiente entre sí, capaces de establecer diferentes temperaturas de

consigna, por los usuarios, por el sistema de gestión o por ambos, según la instalación realizada.

La estética y la ubicación de los equipos fancoil es muy similar a la de los splits, encontrándose equipos ocultos en falso techo, con posibilidad de aire de ventilación, equipos vistos de pié, que toman aire de la estancia por su parte inferior y lo impulsan térmicamente tratado por su parte superior, equipos vistos de pared que impulsan el aire por su parte frontal y equipos de techo, con una su cara inferior vista enrasada con el falso techo.

El **techo frío** es un falso techo que se constituye como elemento terminal, es decir, el aire sale enfriado por sus orificios al encontrarse sobre el techo intercambiadores de calor agua aire. Los techos fríos, frente a los fancoils, tienen una diferencia; es que el mecanismo de radiación es superior al mecanismo de convección y la temperatura del agua en el techo frío es superior a los fancoils.

6.2. SISTEMAS TODO AIRE Y MIXTOS.

Las instalaciones todo aire son necesarias si se quiere conseguir un control completo de las condiciones ambientales en espacios interiores. Se caracterizan por disponer de las denominadas **UTAs (unidades de tratamiento de aire)**, que impulsan aire a la red de conductos. En cada una de ellas se mezcla aire exterior y aire interior recirculado, que previo a su impulsión a la red de conductos ha sido filtrado, térmicamente tratado y en algunas ocasiones higrotérmicamente tratado. Las UTAs principalmente utilizadas en este tipo de instalaciones son las rooftops y las climatizadoras.

El tratamiento realizado al aire comienza por la entrada del aire interior del área climatizada en la red de conductos de retorno de aire a través de rejillas de extracción y conductos o plenums. Este aire es atraído a la UTA por la absorción que ejerce el ventilador de retorno dentro de la UTA. Parte de este aire es expulsado al exterior y el resto es impulsado a la zona de tratamiento

dentro de la UTA. El aire retornado a la UTA es mezclado con aire exterior, siendo éste el aire de ventilación que se aportará a los espacios a climatizar.

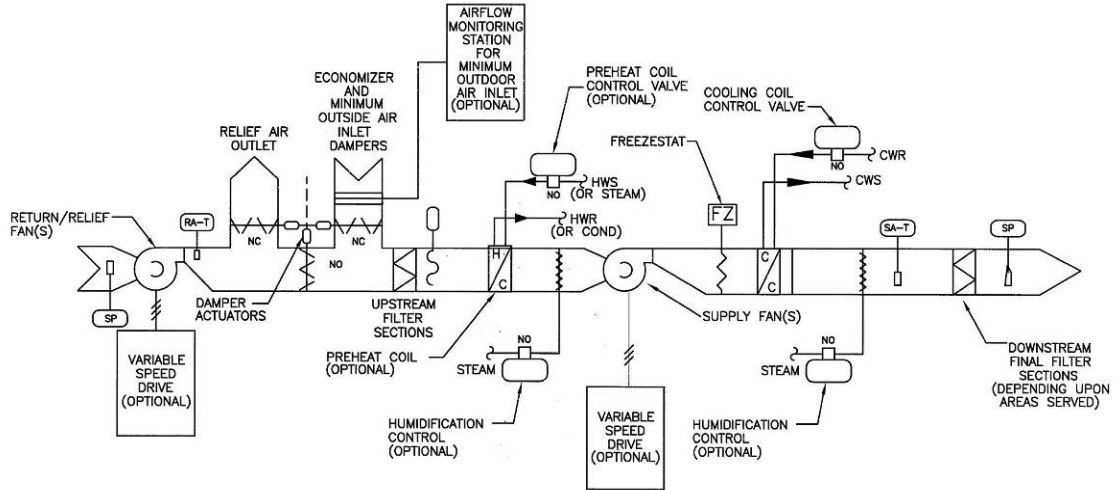


FIGURA III.33. Esquema general de UTA (Tomado de: ASHRAE: HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics, Atlanta, USA, 2003).

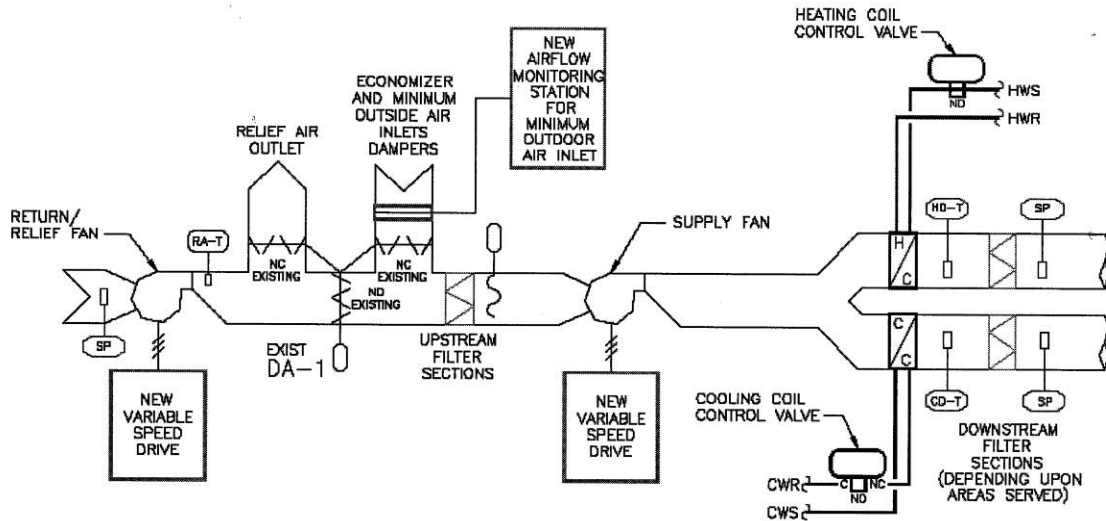


FIGURA III.34. Esquema general de UTA dual o multizona (Tomado de: ASHRAE: HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics, Atlanta, USA, 2003).

Esta mezcla de aire interior y exterior es sometido en primer lugar a un proceso de filtrado, donde es limpiado de partículas hasta un tamaño determinado según el tipo de filtro. Los diferentes filtros vienen clasificados según su efectividad. La limpieza del aire es necesaria para que entre en el recinto en condiciones más higiénicas, y para evitar en lo posible que la suciedad pase al intercambiador de calor y pueda adherirse al mismo perjudicando su rendimiento.

Posteriormente al proceso de filtrado, el aire es sometido a un proceso de calentamiento o enfriamiento según la demanda térmica, mediante el paso del aire por un intercambiador de calor agua-aire en el caso de climatizadoras y refrigerante-aire en el caso de rooftops.

El aire sometido al proceso térmico referido, en la mayor parte de los casos ya está preparado para entrar en la red de conductos de impulsión y alcanzar las diferentes estancias a climatizar, a través de los difusores o toberas de impulsión. Sin embargo, existen casos, sobre todo en climas fríos y secos, en los que a fin de mantener una adecuada humedad relativa en el aire interior, sea preciso aumentar la cantidad de agua contenida en el aire a impulsar, lo que se consigue mediante el paso del aire por duchas de gota fina, que al incorporarse a la corriente del aire a impulsar, aumenta su humedad.

6.3. SISTEMAS DE CAUDAL CONSTANTE Y DE CAUDAL VARIABLE.

La diferencia fundamental entre los distintos sistemas de ventilación y climatización, consiste en si son **sistemas de caudal constante (VAC)** o **sistemas de caudal variable (VAV)**. Los sistemas VAV producen un gran ahorro energético con respecto a los sistemas VAC, debido a esa facilidad para ajustarse a lo que se demanda de ellos en cada momento. Si se escoge un sistema VAC, y resulta que se registran muchas oscilaciones en la demanda de aire de ventilación debido a una ocupación muy variable, existen calentamientos del aire muy puntuales, que no satisfacen las demandas de su entorno, y además consumen mucha energía. Aunque no siempre tienen por qué ser los sistemas VAV los más adecuados, ya que, de la misma forma, si se

instala un sistema VAV para poder atender de manera instantánea las demandas del entorno, y esta demanda se muestra estable a lo largo del tiempo, se estarían desperdiciando recursos.

A continuación, y haciendo uso de las recomendaciones de la ASHRAE (54, ASHRAE; 2006), se muestra en la FIGURA III.35 el esquema de principio de un sistema de caudal constante (VAC).

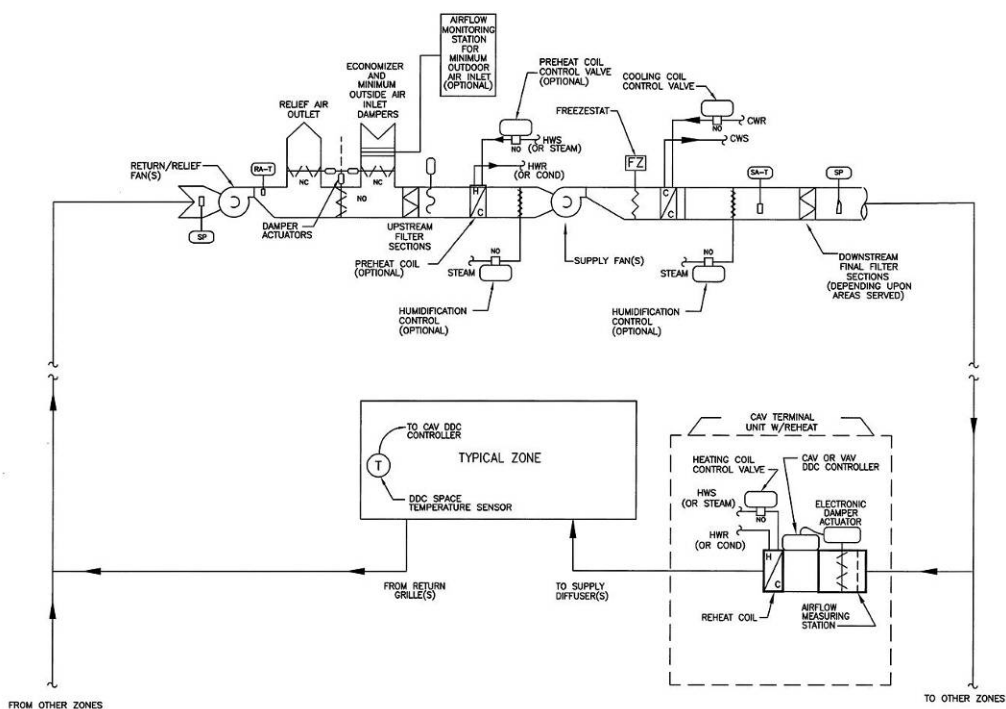


FIGURA III.35 Esquema de sistema de caudal constante (Tomado de: ASHRAE: HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics, Atlanta, USA, 2003).

En las siguientes figuras se muestran el esquema de un sistema de caudal variable (VAV) en la FIGURA III.36, y el esquema de un sistema de un sistema mixto en la FIGURA III.37, también procedentes de las recomendaciones de la ASHRAE (54, ASHRAE; 2006).

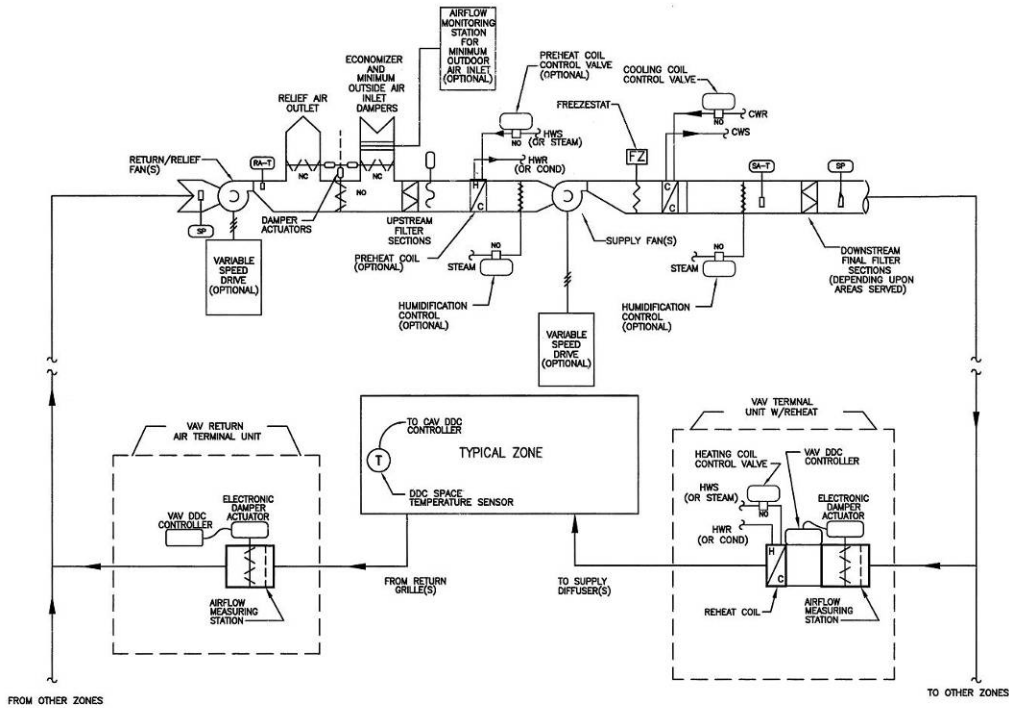


FIGURA III.36. Esquema de sistema de caudal variable (Tomado de: ASHRAE: HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics, Atlanta, USA, 2003).

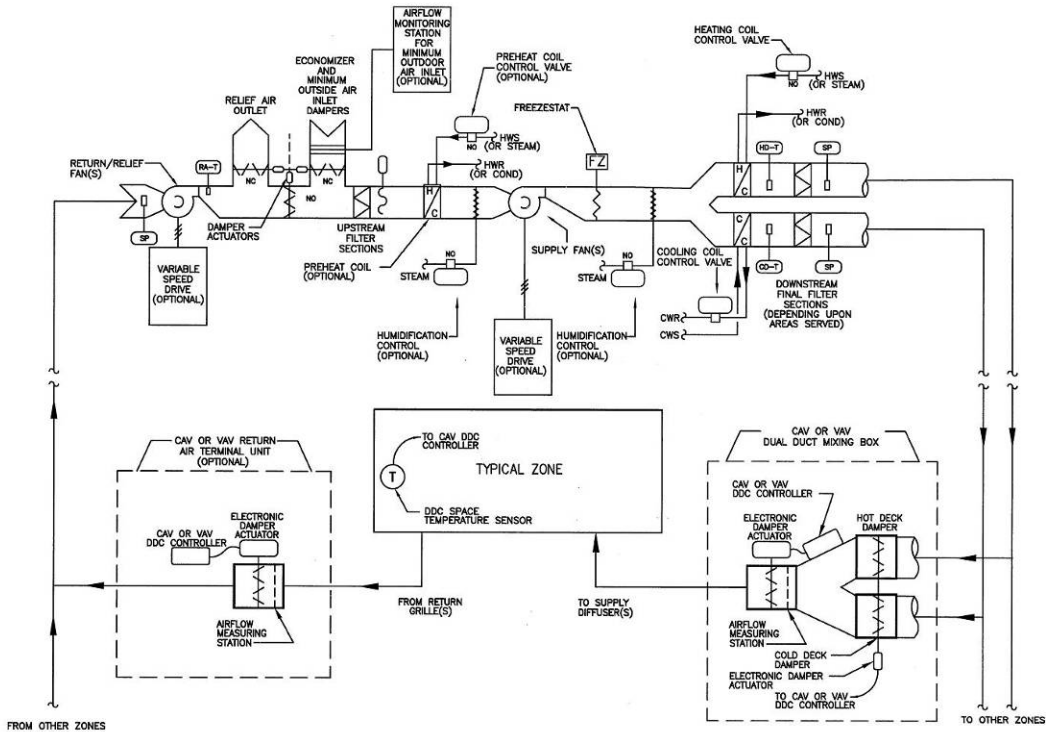


FIGURA III.37. Esquema de sistema mixto: caudal constante y variable (Tomado de: ASHRAE: HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics, Atlanta, USA, 2003).

Finalmente, en la FIGURA III.38 se observa con otro detalle el comienzo del funcionamiento del sistema de caudal variable.

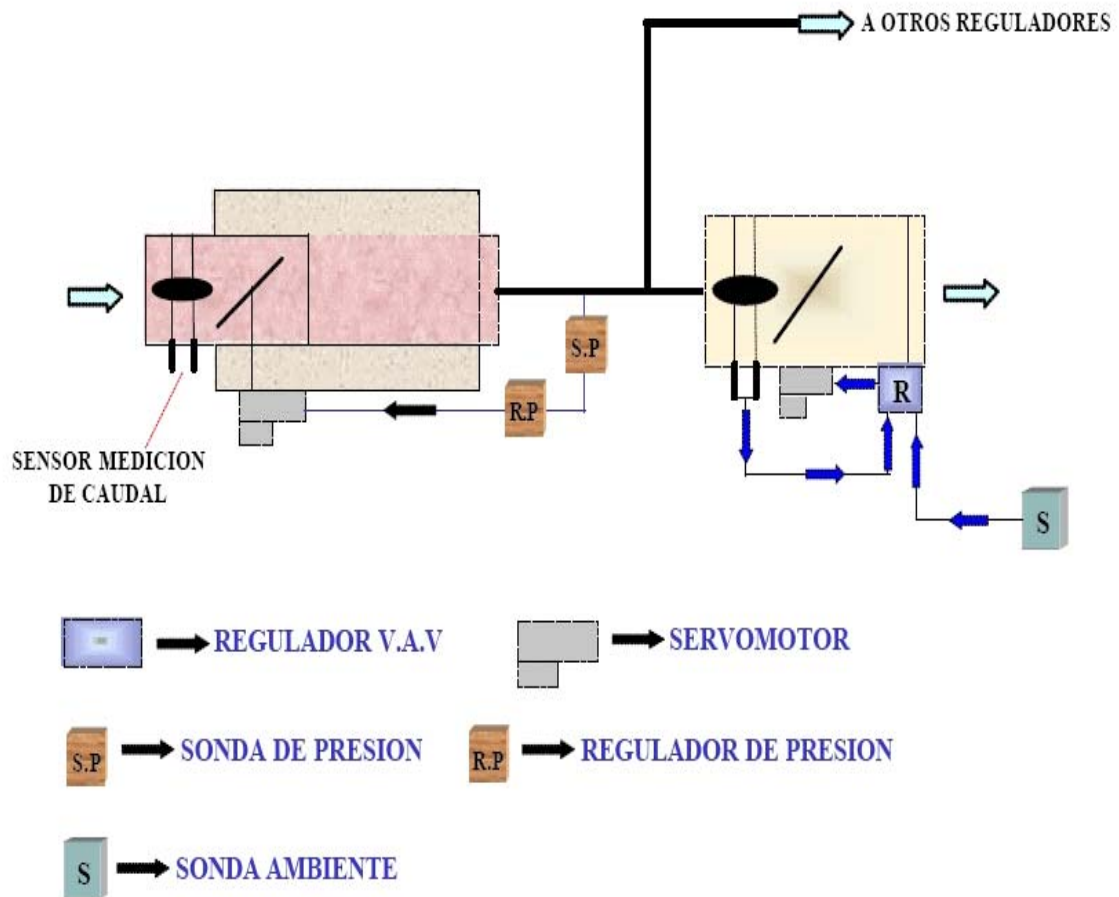
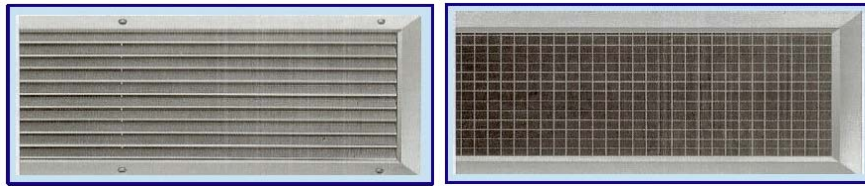


FIGURA III.38. Esquema de principio de un sistema de caudal variable.

6.4. DIFUSORES.

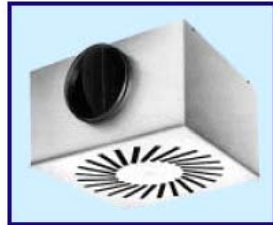
Los **difusores** son los últimos elementos por los que discurre el aire climatizado antes de entrar en las estancias a climatizar. Existen diferentes tipos, siendo los tipos más utilizados los rectangulares o de rejilla, los circulares, los rotacionales, los lineales y las toberas.



a) difusores de rejilla



b) Difusores circulares



c) difusores rotacionales



d) difusores lineales

FIGURA III.39. Diferentes tipos de difusores.

6.5. FILTROS.

El filtrado del aire impulsado puede estar situado a diferentes niveles y usando filtros con diferente capacidad de retención de partículas, lo cual como guía depende de la exigencia de calidad del aire del recinto en cuestión. De los filtros usuales se ocupa la Norma UNE EN 779 (22, AENOR, 2003)

En determinados recintos sanitarios se requieren filtros de alta eficacia, que están descritos en la Norma UNE EN 1822 (8, AENOR, 1999), y que se clasifican en filtros HEPA, que son los habitualmente recomendados en dichas salas, y los filtros ULPA. Los filtros HEPA (High Efficiency Particulate Air), se catalogan desde H-10 a H-14, cuya eficacia de retención va del 85 al 99,995%. Los filtros ULPA (Ultra Low Penetration Air) van del U-15 al U-17, con una

eficacia que recorre del 99,9995% al 99,999995%. En las normas norteamericanas, por lo tanto de ASHRAE, la clasificación utilizada es la MERV. En las siguientes tablas se mencionan las identificaciones en el ámbito europeo, conforme a las precitadas normas, así como los resultados de eficacia según los métodos propuestos para valorarla.

TABLA III.5. Clasificación de filtros UNE EN 779.

CLASE EN	CLASE EUROVENT 4/9 y 4/5	MÉTODO GRAVIMÉTRICO <i>eficacia (%)</i>	MÉTODO OPACIMÉTRICO <i>eficacia (%)</i>
G1	EU-1	$\leq A_m < 65$	
G2	EU-2	$65 \leq A_m < 80$	
G3	EU-3	$80 \leq A_m < 90$	
G4	EU-4	$90 \leq A_m$	
F5	EU-5		$40 \leq E_m < 60$
F6	EU-6		$60 \leq E_m < 80$
F7	EU-7		$80 \leq E_m < 90$
F8	EU-8		$90 \leq E_m < 95$
F9	EU-9		$95 \leq E_m$

TABLA III.6. Clasificación de filtros UNE EN 1882 (método DOP).

TIPO DE FILTRO	CLASE EN	CLASE EUROVENT 4/9 y 4/5	MÉTODO GRAVIMÉTRICO <i>eficacia (%)</i>
HEPA	H10	EU-10	$99,9 \leq E$
HEPA	H11	EU-11	$99,97 \leq E$
HEPA	H12	EU-12	$99,99 \leq E$
HEPA	H13	EU-13	$99,9995 \leq E$
HEPA	H14	EU-14	$99,99995 \leq E$
ULPA	U15	EU-15	
ULPA	U16	EU-16	
ULPA	U17	EU-17	

6.6. RECUPERACIÓN DE ENERGÍA.

El **recuperador de energía** es un equipo que permite la reutilización del calor residual de un sistema y cuyo objetivo final es conseguir una eficiencia mayor de la instalación (48, ASHRAE, 1999). Los recuperadores de calor permiten ahorrar energía cuando se necesitan grandes caudales de aire para una elevada calidad de aire interior.

La recuperación de calor debe estar integrada de tal forma que se reduzca el consumo de energía con un costo global aceptable, como parte integrante de un esquema bien concebido y cuidadosamente diseñado.

El enfriamiento gratuito o free-cooling es un dispositivo muy sencillo y económico que conduce a cuantiosos ahorros energéticos, y sobre todo se utiliza en edificios de oficinas y comerciales.

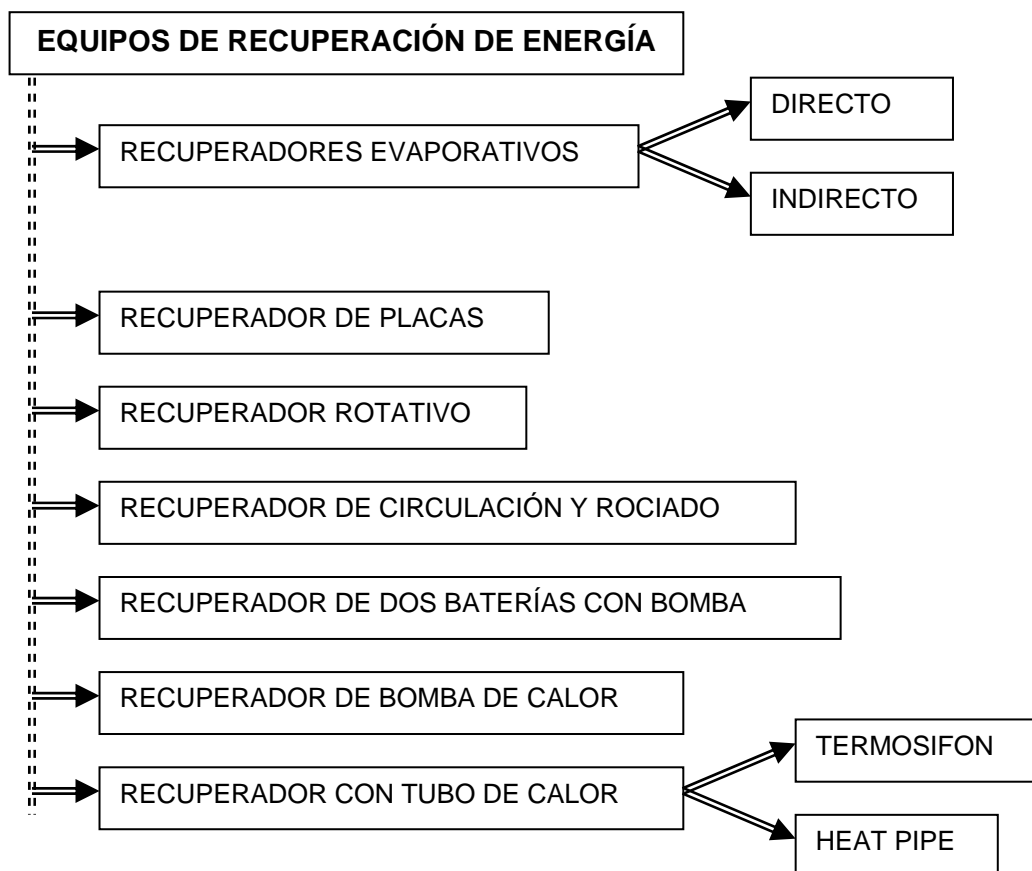


FIGURA III.40. Principales sistemas utilizados en la recuperación de energía.

7. EFECTOS DE LA VENTILACIÓN INADECUADA

La calidad del aire interior está influenciada por la del exterior, por lo que desde la fase de diseño el emplazamiento de las entradas de aire es muy importante. Si no hay ventilación mecánica el aire exterior entra por los huecos y por infiltración y se mezcla con el del interior. Cuando un edificio está ventilado mecánicamente su aire interior procede de la mezcla del aire exterior que entra continuamente y el aire interior que se recircula. En la práctica la única forma que se aplica para limpiar el aire de fuera son paneles filtrantes que retienen cierta proporción de partículas. Generalmente el aire “preparado” es una mezcla de diferentes proporciones de aire exterior y aire interior que ha sido filtrado, calentado o enfriado, y humidificado o deshumidificado en razón de las necesidades. En los casos en que la cantidad de aire extraída del interior por el sistema de climatización es mayor que la suministrada, puede fluir del exterior aire contaminado que entre por alguna vía paralela.

Un **sistema de ventilación** puede ser **inadecuado** por varias razones:

- **Insuficiente suministro de aire fresco**, por bajo caudal de impulsión o elevada recirculación del aire. Cuando las renovaciones de aire son insuficientes existe un parámetro sencillo para medir la calidad del aire; éste es la **concentración de anhídrido carbónico**.
- **Mala distribución** y, como consecuencia, mezcla incompleta con el aire exterior, que provoca estratificaciones del aire y diferencias de presión entre las diferentes zonas del edificio. Mal diseño del recinto.
- **Mala filtración del aire** debida a un incorrecto mantenimiento o a inadecuación del diseño del sistema de filtración.
- **Temperatura del aire y humedad relativa extremas** o muy fluctuantes.
- **Mantenimiento insuficiente del sistema** de ventilación y manipulación inadecuada de éste.

III.2.D. DIRECTRICES Y NORMATIVA SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR.

En los últimos años las fuentes documentales sobre la calidad del aire interior, que sirven de guía en el presente estudio, han crecido de una forma importante. Para una aproximación a las mismas caben varios puntos de partida, aunque sus contenidos confluyen en la mayoría de sus aportaciones y sus conclusiones. En su elaboración inicial se encuentran las recomendaciones y guías de múltiples organizaciones de expertos. Diferentes organismos internacionales, como la Organización Mundial de la Salud (WHO; OMS) y el Consejo Interterritorial de Investigación de Edificios-International Council of Building Research (CIBC), y entidades privadas, como la ASHRAE, e Instituciones de países, como Estados Unidos y Canadá o en España el INSHT o AENOR, entre otros, han ido estableciendo normas y directrices de exposición. Desde cierto punto de vista se podrían diferenciar entre las entidades de carácter sanitario y las de tipo técnico. Desde otra perspectiva, se pueden distinguir: a) las agencias de tipo asociativo e independiente que adquieren especial audiencia por el prestigio y rigor de los documentos emitidos, b) las entidades de respaldo gubernamental, sea de orden nacional o bien internacional, y c) las Administraciones Públicas que asumen y hacen obligatorias contenidos técnicos por medio de normas legales.

Asimismo, los contenidos de todas estas recomendaciones y normas, para el caso de este estudio, pueden ser genéricas, con implicación derivada o mencionada entre su amplio contenido, para el medio hospitalario, o bien específica para este medio. Son varias las agencias y órganos administrativos que han emitido documentos aplicativos de ambos tipos. Habida cuenta la diversificación que conlleva toda esta tipología documental y sus diferentes aplicaciones, procede mencionar las aportaciones, con un propósito de sistematización, para extraer luego las aplicaciones técnicas que substancialmente han de tenerse en cuenta en este trabajo.

Aquí se exponen las normas emitidas por entidades de carácter técnico, mencionando luego, a propósito de la IAQ en los hospitales, las de organismos sanitarios, aunque unas y otras son aplicativas para los hospitales.

1. GUÍAS TÉCNICAS SOBRE IAQ Y VENTILACIÓN DE AGENCIAS PROFESIONALES.

1.1. ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers).

La fundación de esta sociedad data de 1894. Son varios los documentos de especial interés y esa procedencia. La norma de aplicación en Estados Unidos ASHRAE BSR/ASHRAE Standard 62:1989R: Ventilation for acceptable indoor air quality (ventilación para una aceptable calidad del aire interior aceptable) (45, ASHRAE, 1990), aunque su primera redacción es de 1973. Este standard fue aprobado en Marzo de 1989 por el comité de ASHRAE y en mayo de 1991 por el ANSI (American National Standards Institute); fue revisado en diciembre de 1996, 2001 (49, ASHRAE, 2001), 2003, 2004 (54, ASHRAE, 2004) y 2007. Trata del diseño del sistema de ventilación y su interrelación con todos los parámetros a tener en cuenta para asegurar una buena calidad del aire interior (calidad del aire exterior, el diseño de los espacios interiores, el diseño de los sistemas de ventilación, la manera en la que se maneja el sistema y como se mantiene etc.), en locales que puedan ser ocupados por personas, salvo cuando otras normativas imponen índices de ventilación más exigentes. La última versión es el ANSI/ASHRAE 62.1:2010, de igual nombre (Ventilation for acceptable indoor air quality), y que combina el estándar 62.1:2007 y 20 adiciones posteriores. Elimina los requisitos de ventilación para los espacios de atención de la salud, que quedan cubiertos por la Norma ASHRAE/ASHE 170:2008, que luego se menciona.

Otras publicaciones: ANSI/ASHRAE Standard 113:1990. Method of testing for room air diffusion (Método de ensayo de difusión de aire en habitaciones) (46, ASHRAE, 1990). ANSI/ASHRAE Std 55:1992. Thermal environmental condition for human occupancy (47, ASHRAE, 1992). ASHRAE

Standard 129:1997. Measuring air change effectiveness. ASHRAE 1999. Handbook HVAC Applications (48, ASHRAE, 1999). ASHRAE IAQ 2004. Reduce IAQ Problems by identifying HVAC subsystem deficiencies.

De especial interés para los hospitales son:

- HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics (2003) (51, ASHRAE, 2003), y versión de 2006 (54, ASHRAE, 2006).
- ASHRAE Standard 170. Ventilation of Health Care Facilities. Public Review (56, ASHRAE, 2008). Esta norma orienta sobre sistemas y equipamiento, y sobre la ventilación de los locales para una variedad de áreas de los centros sanitarios, como habitaciones de aislamiento de infecciosos vía aérea, unidades de cuidados intensivos y de quemados o salas quirúrgicas; se ocupa de su planificación, construcción y puesta en funcionamiento.
- Algunos trabajos especiales como la ventilación del medio donde ubicar a los enfermos inmunodeficientes (242, Murray et al, 1998).

1.2. AIA (American Institute of Architects).

Las guías o recomendaciones de la AIA (**AIA Recommendations**) están confeccionadas por ciclos de cuatro años, a cargo del Health Guidelines Revision Committee. Cuando se está preparando la sucesiva se produce una exposición pública para que cualquier persona haga las consideraciones que estime oportunas. Las “2001 Guidelines for Design and Construction of Hospital and Health Care Facilities” (35, AIA, 2001) fue desarrollada por la AIA, la Academy of Architects for Health y Facilities Guideline Institute, con la asistencia del US Department of Health and Human Services y The National Institutes of Health. Constituye la principal fuente de recomendaciones sobre cómo llevar a cabo la construcción de AIIRs y del ambiente protector (protective environment). Las “Guidelines for Design and Construction of Healthcare Facilities 2006” (36, AIA, 2006), con correcciones posteriores, tienen estas partes:

1. General, aplicable a todos los usos sanitarios; incluye material sobre “ICRAS” (infection control risk assessment).
2. Hospitales.
3. Usos de cuidados ambulatorios.
4. Otros usos de cuidados sanitarios.

Existe un añadido de erratas de la edición de 2006.

1.3. VDI (Verein Deutscher Ingenieure).

La VDI alemana (342, VDI, 2006-07) tiene confeccionado el documento sobre estándares higiénicos para sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire.

1.4. NORMAS DEL CONTEXTO LABORAL.

Múltiples agencias extranjeras y también españolas se han ocupado del aire interior en el ámbito laboral. En Estados Unidos está el referente de la ACGIH (1, ACGIH, 1981), NIOSH y OSHA. En España el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), que fija los límites VLA, sobre contaminantes en el aire, publica la serie de Notas Técnicas de Prevención (NTP) y Guías Técnicas, como la de locales de trabajo (195, INSHT, 2003), derivada del Real Decreto 486:1997, sobre el tema. Dicha guía hace indicaciones sobre la calidad ambiental en el Anexo III.

2. NORMAS TÉCNICAS UNE, EN E ISO.

2.1. EL PROCESO DE NORMALIZACIÓN.

La documentación elaborada con pretensiones de aportar un conocimiento técnico definitivo viene dada en Normas UNE, EN y/o ISO, en la mayoría de las ocasiones todas ellas conjuntadas. Se anticipa que dichas normas no son de cumplimiento imperativo sin más, pero en buena medida determinada legislación reglamentaria (como el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, del que más adelante nos ocuparemos) hace alusión

a ellas con lo cual se pueden considerar incorporadas al ordenamiento legal. Hay que recordar que la **normalización** consiste en “la elaboración de especificaciones técnicas que definen las características exigidas a un producto o servicio, tales como niveles de calidad o de comportamiento, seguridad y dimensiones, entre otras, acordados entre las partes interesadas y basadas en resultados de la ciencia, la tecnología y la experiencia”. Su aplicación representa, entre otras cosas, un patrón de calidad de los productos y una garantía sobre su intercambiabilidad. Para elaborar estas especificaciones, se necesita que se encargue de ello algún organismo debidamente reconocido. Se fue estableciendo su constitución a partir de iniciativas de ámbito estatal hasta confluir en documentos de aceptación internacional.

Los trabajos de normalización del CEN (Comité Europeo de Normalización) se desarrollan en su seno por Comités Técnicos (TC: Technical Committee). Los TCs están autorizados para establecer grupos de trabajo especiales, si existe necesidad de ello (Working Group) para preparar las normas europeas. Las normas europeas son adoptadas como normas nacionales (en España Normas UNE), que se han de ajustar a aquéllas a medida que van siendo publicadas. Son Comités Técnicos de la CEN involucrados en normas del “entorno RITE” y, por lo tanto de interés aquí, los números: 89 “Thermal performance of buildings and building components”; 156 “Ventilation for buildings” (normas y parámetros de ventilación y diseño de ambientes interiores), cuyo CEN/TC 156 WG 13 tiene en elaboración la Norma “Ventilation for hospitals”; 228 “Heating systems in buildings”, y 247 “Buildings construction, control and building management”.

Por su parte, AENOR (Asociación Española de Normalización) tiene constituidos varios Comités Técnicos (CT) sobre el tema aquí tratado (254, Pastor, 2010; 343, Vidal, 2010): a) El CT 100 se ocupa de climatización, siendo aportaciones suyas, entre otras, las Normas UNE 100012, sobre higienización de sistemas de climatización, y UNE 100713, sobre instalaciones de acondicionamiento en hospitales. b) El Comité AEN/CTN 264 se ocupa de la calidad del aire, con un subcomité SC2 dedicado a terminología, muestreo, medición y características de calidad en el medio ambiente. c) El CT 171, sobre

calidad ambiental en interiores, tiene varios subcomités (SC): El AEN/TCN 171/SC 1, para terminología; el AEN/TCN 171/SC 2, sobre buenas prácticas, higienización y mantenimiento, y que redactó documentos para desinfección, desinsectación y desratización (171.210) y sobre buenas prácticas en las operaciones de limpieza (171.212). El Grupo de Trabajo 4 del Subcomité 3, TCN 171-SC3-GT4, se ocupa de calidad ambiental en interiores de hospitales. d) Además se han elaborado algunas normas de la serie ISO 16000.

Existen normas y grupos nacionales, como las alemanas DIN y VDI, y las francesas, como la NF S90-351, sobre salas limpias y medio ambiente controlado. El conjunto de normas concernientes a la ventilación y climatización y, en especial, a sus sistemas e instalaciones, es extremadamente amplio. Las que se ocupan específicamente de los hospitales es más reducido, pero, obviamente es aplicativo todo lo establecido con criterios más generales. Se referirá lo más selectivo para lo que aquí importa.

2.2. PRINCIPALES NORMAS UNE, EN E ISO.

Las mencionaremos por su contenido temático y, dentro del mismo, por orden cronológico de aparición. Siendo especialmente numerosas, únicamente referenciaremos las más directamente relacionadas con este estudio.

- **Sobre condiciones termo-higrométricas:**
 - ISO 7243:1989. Hot environments. Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT Index (Wet Bulb Globe Temperature).
 - ISO 9920:1994. Ergonomics of the thermal environment. Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble.
 - Norma UNE EN 27726:1995. Ambientes térmicos. Instrumentos y métodos de medida de los parámetros físicos.
 - Norma UNE EN 28996:1995. Ergonomía. Determinación de la producción de calor metabólico.

- ISO 8996:2004. Ergonomics. Determination of metabolic heat production. International Standards Organization.
 - ISO 7726:1998. Thermal environments. Instruments and methods for measuring physical quantities. International Standards Organization.
 - Norma UNE EN ISO 12241:1999. Aislamiento térmico para equipos de edificación e instalaciones industriales. Método de cálculo. La ISO es de 1998.
 - ISO 7933:2004. Hot environments. Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate. International Standards Organization.
 - Norma UNE EN ISO 7730:2006 (27, AENOR, 2006). Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica de la interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local. Se partía de la versión UNE EN ISO 7730 de 1986.
- **Sobre calidad del aire: normas iniciales:**
 - Norma UNE 77215:1995. Calidad del aire. Planificación de su control.
 - ISO 14001:1996. Sistemas de gestión medioambiental: especificaciones y directrices para su utilización.
 - Norma UNE EN 15259:2008. Calidad del aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Requisitos de las secciones y sitios de medición y para el objetivo, plan e informe de medición.
 - Norma UNE EN 13528.1. Captadores difusivos para la determinación de las concentraciones de gases y vapores.
- **Sobre contaminantes químicos:**
 - CEN ENV 13 419:1999. Building products. Determination of the emission of volatile organic compounds. European Committee for Standardisation. Brussels.
 - Part 1: Emission test chamber method.
 - Part 2: Emission test cell method.
 - Part 3: Procedure for sampling, storage and preparation of test specimens' draft.

- Serie UNE EN ISO 16000, sobre aire de interiores. La parte 1ª trata de los aspectos generales de la estrategia de muestreo. Otras sucesivas partes se ocupan del muestreo concreto de diversos contaminantes (COVs, formol, etc.).
- La ISO 16017, partes 1 y 2, sobre aire en interiores, ambiente y ocupacional, trata del muestreo y análisis de COVs.
- **Sobre ventilación de edificios:**
 - Norma UNE 100011:1991 (3, AENOR, 1991), sobre la ventilación para la calidad aceptable del aire en la climatización de locales. Es el referente más importante sobre IAQ. Tiene por objeto establecer los criterios de ventilación para obtener una buena calidad del aire en locales con instalaciones de ventilación y climatización, destinadas al bienestar de las personas.
 - PNE CR 1752 IN:1996 (108, CEN, 2001). Technical Report CR 1752: Ventilation for buildings: design criteria for indoor environment (Ventilación de edificios: criterios de diseño para el ambiente interior). Esta norma aprobada en los países de la Unión Europea, se basa en determinar el caudal de ventilación mínimo para minimizar o anular los riesgos para la salud y sin percibir irritación o malos olores. Conocida como norma europea CEN 1752, en ella se tratan los criterios para conseguir un ambiente interior de calidad, a través de sistemas de ventilación.
 - Norma UNE EN 13182:2003. Ventilación de edificios. Requisitos de instrumentación para medición de velocidad de aire en espacios ventilados.
 - Serie UNE EN 13141:2004. Ventilación de edificios. Ensayos de las prestaciones de componentes y equipos para la ventilación de viviendas.
 - UNE EN 13142:2004. Ventilación de edificios. Componentes y equipos para la ventilación en viviendas. Características de las prestaciones requeridas y opcionadas.
 - UNE EN 13465:2004. Ventilación de edificios. Métodos de cálculo para la obtención del caudal de aire en viviendas.

- UNE EN 14134:2004. Ventilación de edificios. Ensayos de prestaciones y controles de instalaciones de sistemas de ventilación en viviendas.
- Norma UNE EN 13779:2008 (16, AENOR 2008): Ventilación de edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos. A la Norma UNE EN 13779 el RITE la menciona en los puntos IT 1.1.4.1, exigencia de calidad térmica del ambiente, IT 1.1.4.2, exigencia de calidad del aire interior, e IT 1.3.4.4., seguridad de utilización.
- **Sobre equipos y sistemas de ventilación:**
 - Norma UNE EN 1886:1999. Ventilación de edificios. Unidades de tratamiento de aire (UTAs). Rendimiento mecánico.
 - Norma UNE 100180:2004. Requisitos mínimos exigibles a las unidades de tratamiento de aire, según la Norma UNE EN 1886.
 - UNE EN 13053:2003. Ventilación de edificios. Unidades de tratamiento de aire. Clasificación y prestaciones de unidades, componentes y secciones.
 - Sobre recepción de sistemas de ventilación, Normas UNE EN 12599:2001 UNE EN 12599/AC:2002. Ventilación de edificios. Procedimientos de ensayo y métodos de medición para la recepción de los sistemas de ventilación y climatización instalados (9, AENOR, 2001-02).
- **Sobre filtros:**
 - Serie UNE EN 1822. Filtros absolutos (HEPA y ULPA) (8, AENOR 1999).
 - Parte 1: UNE EN 1822-1:1999. Clasificación. Principios generales de ensayo. Marcado.
 - Parte 2: UNE EN 1822-2:1999. Producción de aerosol. Aparatos de medición. Estadísticas de contaje de partículas.
 - Parte 3: UNE EN 1822-3:1999. Ensayo de medio filtrante plano.

- Parte 4: UNE EN 1822-4:2001. Ensayo de estanqueidad de la célula filtrante (método de exploración).
 - Parte 5: UNE EN 1822-5:2001. Medida de la eficacia de la célula filtrante.
- Norma UNE EN 779:2003. Filtros de aire utilizados en ventilación general para eliminación de partículas. Requisitos, ensayos, marcado. Determinación de las prestaciones de los filtros (22, *AENOR 2003*).
- **Sobre conductos:**
 - UNE EN 1507:2007. Ventilación de edificios. Conductos de aire de chapa metálica de sección rectangular. Requisitos de resistencia y estanqueidad.
 - UNE EN 12237:2003. Ventilación de edificios. Conductos. Resistencia y fugas de conductos circulares de chapa metálica.
 - UNE ENV 12097:1998. Ventilación de edificios. Conductos. Requisitos relativos a los componentes destinados a facilitar el mantenimiento de sistemas de conductos.
 - UNE 100104. Conductos. Coeficiente de estanqueidad.
- **Sobre la higienización de los sistemas de climatización:**
 - Norma UNE 100012:2005. Higienización de sistemas de climatización. De enero 2005, con un erratum del mismo 2005. Tiene como objetivo la valoración de los Sistemas de Ventilación y Acondicionamiento del Aire (SVAA). Describe las operaciones de higienización y desinfección y los registros técnicos de que debe disponer el proveedor (15, *AENOR, 2005*).
 - PNE 100005. Operaciones de mantenimiento higiénico de sistemas de climatización.
- **Normativa específica sobre hospitales:**
 - Norma UNE 100713:2005 (14, *AENOR 2005*). Instalaciones de acondicionamiento en hospitales. El RITE la contempla en el punto IT 1.1.4.2 Exigencia de calidad del aire interior.

- **Caso particular de la legionelosis:**
 - UNE 100030:2005 IN. Guía para la prevención y control de la proliferación y disminución de Legionella en las instalaciones. El RITE la contempla en el IT 1.2.4.1.3.4, sobre maquinaria frigorífica enfriada por agua o condensador evaporativo (284, RITE, 2008; 232, Ministerio de Sanidad y Consumo, 1981).

- **Normativa sobre “salas limpias”:**
 - UNE ENV 1631:1997. Tecnología de salas limpias. Proyecto, construcción y gestión del funcionamiento de salas limpias y de dispositivos de aire limpio.
 - Serie de la norma española UNE EN ISO 14644. Salas limpias y locales anexos controlados.
 - Parte 1. ISO 14644-1:1999. UNE EN ISO 14644-1. Febrero 2000. Clasificación de la limpieza del aire (18, AENOR, 2000).
 - Parte 2. ISO 14644-2:2000. UNE EN ISO 14644-2 Noviembre 2001. Especificaciones para los ensayos y el control para verificar el cumplimiento continuo de la norma ISO 14644-1. (19, AENOR, 2001).
 - Parte 3. ISO 14644-3:2005. UNE EN ISO 14644-3. Septiembre 2006. Método de ensayo. (20, AENOR, 2006). Erratum: marzo 2008.
 - Parte 4. ISO 14644-4:2001. UNE EN ISO 14644-4. Noviembre 2001. Diseño, construcción y puesta en servicio. (21, AENOR, 2001)
 - Parte 5. ISO 14644-5. UNE EN ISO 14644-5. Funcionamiento (operaciones). (23, AENOR, 2005).
 - Parte 6. ISO 14644-6. UNE EN ISO 14644-6. Octubre 2008. Vocabulario. (24, AENOR, 2008)
 - Parte 7. ISO 14644-7:2004. UNE EN ISO 14644-7. Junio 2005. Dispositivos de separación (campanas de aire limpio, cajas de guantes, aisladores, minientornos). (25, AENOR, 2005)

- Parte 8. ISO 14644-8:2006. UNE EN ISO 14644-8. Clasificación de la contaminación molecular transportada por el aire. (26, AENOR, 2007)
- Serie UNE EN ISO 14698: Salas limpias y ambientes controlados asociados. Control de la biocontaminación.
 - Parte 1. UNE EN ISO 14698:2004. Principios y métodos generales (ISO 14698-1:2003). (12, AENOR, 2004).
 - Parte 2. UNE EN ISO 14698:2004. Evaluación e interpretación de los datos de biocontaminación (ISO 14698-2:2003) (13, AENOR, 2004), y AC:2006.
- **Última normativa sobre evaluación de la calidad ambiental en interiores:**
 - UNE EN 15251:2008: Parámetros del ambiente interior a considerar para el diseño y la evaluación de la eficiencia energética, incluyendo la calidad del aire interior, condiciones térmicas, iluminación y ruido.
 - UNE 171.210:2008. Calidad ambiental en interiores. Buenas prácticas en los planes de desinfección, desinsectación y desratización.
 - UNE 171.220:2008. Calidad del ambiente interior. Buenas prácticas en las operaciones de limpieza.
 - Normas de la Serie UNE 171330. Calidad ambiental en interiores. Redactadas por el Subcomité 3 del CT 171 de AENOR. Se componen de las siguientes partes:
 - UNE 171330-1:2008. Calidad ambiental en interiores. Diagnóstico de calidad ambiental interior (28, AENOR 2008).
 - UNE 171330-2:2009. Calidad ambiental en interiores. Procedimientos de inspección de calidad ambiental en interiores. (31, AENOR, 2009)
 - UNE 171330-3:2010. Calidad ambiental en interiores. Sistema de gestión de los ambientes interiores.
 - El Grupo de Trabajo 4 del Subcomité 3 del CT 171 prepara la Norma UNE 171330-4, sobre validación y evaluación de salas de ambiente controlado (343, Vidal, 2010), en centros

sanitarios. Esta norma trata de delimitar y clasificar tales salas, determinar los requisitos que deben cumplir, definir ensayos a realizar en las mismas y su metodología, establecer circuitos de validación y la periodicidad de ésta.

- Proyecto Norma europea NF EN 1632-3. Método de análisis y de medida de la biocontaminación en zonas con riesgos.

3. NORMAS DE VENTILACIÓN.

A continuación se sintetizan y comparan dos normas, americana y europea, que se centran en los cálculos de la ventilación (278, *Rey y Ceña, 2006*).

3.1. ESTÁNDAR ASHRAE 62-2004.

Dicha norma (54, *ASHRAE, 2004*) proporciona tres métodos alternativos para calcular los caudales de aire de dilución de las sustancias contaminantes, válidos para edificios comerciales, residenciales (no viviendas) e institucionales, cuyos procedimientos a continuación se mencionan brevemente:

a) El método normativo.

En él se reconoce que no solamente las personas son las fuentes de contaminación en un edificio, sino que el mismo edificio también lo puede ser. En efecto, el procedimiento establece dos términos para poder calcular el caudal de aire necesario para poder diluir la concentración de contaminantes en el aire interior: los ocupantes del edificio y el edificio en sí. Sumando estos dos caudales, obtenidos por los cálculos propuestos en la norma, se obtiene el caudal total a suministrar a la zona que se pretende ventilar. El aire que se debe captar por las tomas exteriores para proporcionar el caudal necesario de aire interior al edificio se obtiene dividiendo el caudal anteriormente hallado por la eficacia de la ventilación.

$$\text{Aire de impulsión} = \frac{\text{Aire exterior} + \text{Aire de retorno}}{\text{Eficacia de ventilación}}$$

El caudal de aire de impulsión, calculado en base a la carga térmica, debe ser igual o superior al caudal de aire exterior e igual o superior a 7,5l/s por persona. De no ser así, o se aumenta el caudal de aire exterior a 7,5l/s o se retorna aire hasta alcanzar ese valor. Se confía en la capacidad de eliminación de sustancias contaminantes del aire de retorno, por medio de los filtros de partículas, cuya eficiencia mínima también viene reflejada en la norma, y se considera de 60% sobre partículas de 3 µm de tamaño.

b) El procedimiento simple.

Este tipo de procedimiento se basa en el procedimiento normativo, y lo que hace es asumir, para cada tipo de local una densidad de ocupación, un factor de diversidad de la ocupación, y una eficiencia de la ventilación, por lo que sólo es claramente aplicable en aquellos casos en los que los datos de partida coinciden bastante con los de nuestro caso particular. La norma fija un caudal mínimo de aire exterior por unidad de superficie de suelo y un caudal de aire de impulsión, que debe estar filtrado acorde a lo especificado en el método normativo. De entre los valores que se proponen, los concernientes a hospitales son (TABLA III.7):

TABLA III.7. Caudales necesarios para una correcta ventilación.

TIPO DE LOCAL	OCUPACIÓN ESTIMADA (personas/100m ²)	CAUDAL (l/s por persona)
Quirófanos	20	15
UVI	20	8

c) El procedimiento analítico.

Se basa en el cálculo de caudales de aire a través del conocimiento de las emisiones contaminantes, que deben ser inferiores a los límites que marcan las normas higiénicas. Los locales de estas características suelen ser naves

industriales de fabricación y recintos con gran afluencia de personas, en los que el mayor contaminante son las emisiones de CO₂. Con este procedimiento es suficiente dimensionar el sistema de purificación o calcular el caudal de aire exterior de dilución, de manera que cada elemento contaminante quede por debajo del límite marcado por las autoridades sanitarias. El procedimiento analítico se basa en la ecuación:

$$Q = \frac{q}{\varepsilon_v \cdot (C_{lim} - C_{ext}) \cdot 10^{-6}}$$

Donde:

- Q es el caudal de aire exterior de ventilación
- q es el caudal de emisión o carga química o carga sensorial
- C_{lim} es la concentración o carga máxima admitida en el aire interior o valor límite
- C_{ext} es la concentración o carga en el aire exterior
- ε_v es la eficacia de ventilación

Siendo las concentraciones medidas en ppm y los caudales de ventilación y de emisión medidos con la misma unidad, másica o volumétrica: kg/s, m³/s, l/s, etc., por unidad de superficie (kg/s·m²), (g/s·cm²), etc.

3.2. NORMA EUROPEA CEN (1752).

Propone (108, CEN, 2001) dos métodos: uno sensorial, que analizaría el confort de las personas (o método de Fanger), y otro de dilución, para conseguir una buena calidad del aire desde el punto de vista sanitario. Se trataría de calcular los correspondientes caudales de ventilación por ambos métodos, y tomar aquel que sea mayor.

a) Método sensorial. Calidad percibida del aire.

La calidad del aire que se percibe puede expresarse como el porcentaje de los insatisfechos, esto es, de aquellas personas a quienes el aire les resulta

inaceptable inmediatamente después de entrar en un espacio. Se designa por **PPI** al porcentaje de personas insatisfechas. Para el caso de bioefluentes humanos, por tanto se usarán los olfs como medida de la carga de polución total de un local (G). Un **olf** es la polución generada por una persona estándar, que es un adulto sedentario, trabajador de oficina que se siente térmicamente neutro (278, Rey y Ceña, 2006).

Otro método, de fundamentación sensorial es el de Stevens, que parte de relacionar la concentración de una sustancia y la percepción olfativa, pero tiene escasa utilidad para aplicar a los cálculos de los sistemas de ventilación.

b) Método sanitario. Eliminación de sustancias nocivas.

Este método se centra en un punto de vista sanitario, de modo que trata de calcular los caudales de ventilación, de manera que la concentración de las sustancias químicas perjudiciales para las personas se mantenga por debajo de los límites permisibles a partir de los cuáles se provocan problemas de salud.

El caudal de ventilación desde el punto de vista sanitario, es decir, para evitar riesgos en la salud, se calcula mediante la fórmula:

$$Q_a = \frac{G}{(C_i - C_o)} \cdot \frac{1}{\varepsilon_v}$$

Donde:

- Q_a es el caudal de ventilación en (l/s)
- G es la carga de contaminación de sustancias químicas ($\mu\text{g/s}$)
- C_i es la concentración permisible de sustancias químicas ($\mu\text{g/l}$)
- C_o es la concentración exterior de sustancias químicas en la toma de aire ($\mu\text{g/l}$)
- ε_v es la eficacia de la ventilación

Se deben, pues, conocer las sustancias contaminantes nocivas, la concentración máxima admisible y su caudal de emisión. Es válido si las sustancias emitidas lo son en número muy limitado y no se producen reacciones entre ellas. Cuando se trata de lugares cuyo único problema es la afluencia de personas, el contaminante más significativo es el CO₂.

La Norma UNE 100011:1991 tiene por objeto (3, *AENOR, 1991; 280, Rey y Velasco, 2007*) establecer los criterios de ventilación para obtener una buena calidad de aire en los locales con instalaciones de ventilación y climatización, destinadas al bienestar de las personas. Según la norma un aire de aceptable calidad es “aquél que no contiene sustancias contaminantes en cantidades tales que resulten nocivas para la salud y cuya calidad sea juzgada satisfactoria por al menos el 80% de las personas expuestas a sus efectos”. Para establecer esto se propone una tabla de caudales de ventilación mínimos y máximos (esto a efectos de ahorro energético).

Para eliminar los contaminantes se recurre a la dilución, que se puede lograr con medios mecánicos, o bien naturales, para reducir la concentración de contaminantes, bien con el aire exterior, bien tratando el aire recirculado. Esta opción contempla sistema de depuración del aire recirculado, sin más, y sistema de depuración con aire exterior mezclado con aire recirculado. El método seguido se basa en controlar la concentración del CO₂, (mediante dilución del mismo), estimada según la **actividad metabólica** (AM). La actividad metabólica ya se vio que se mide en **met**. Según UNE 100012 (15, *AENOR, 2005*) y UNE 100013 (3, *AENOR, 1991*):

$$Q(\text{CO}_2) = 0,0042 \cdot AM$$

$$Q(\text{O}_2) = 0,005 \cdot AM$$

El caudal de aire de ventilación (Q) en l/s y persona, se halla estableciendo un balance de masas al CO₂, de acuerdo:

$$Q = \frac{Q(\text{CO}_2) \cdot 100}{(\text{CO}_2)_{amb} - (\text{CO}_2)_{ext}}$$

Donde:

- $(\text{CO}_2)_{amb}$ es la concentración máxima admisible de CO_2 en el ambiente interior, en % en volumen
- $(\text{CO}_2)_{ext}$ es la concentración de CO_2 en el aire exterior, igual a 0,003% en volumen

Como el O_2 es consumido en vez de generado, el balance de masas O_2 cambia de signo:

$$(\text{O}_2)_{amb} = (\text{O}_2)_{ext} - \frac{100}{Q(\text{CO}_2) - Q}$$

Existen fórmulas adaptadas al caso del aire recirculado, lo sea en el flujo de aire de recirculación o en el flujo de mezcla de aire exterior y aire de recirculación.

4. LEGISLACIÓN ESPAÑOLA.

La legislación española ya disponía de una importante reglamentación desde hacía algunas décadas (84, Bueno y Santacruz, 2005) antes de aparecer el RITE y el CTE.

4.1. CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE) (320, Soriano, 2009).

Fue aprobado por Real Decreto 314:2006, de 17 de marzo, y Real Decreto 1371:2007, de 19 de octubre, para dar cumplimiento a los requisitos básicos de edificación previstos en la Ley 38:1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE). Con el CTE se actualiza la normativa sobre construcción de edificios y se da cumplimiento a la normativa europea contenida en la Directiva 2001/77/CE: promoción de energías renovables, y

Directiva 2002/91/CE: eficiencia energética de los edificios, “*Energy Performance of Buildings Directive*” (EPBD). Asimismo se da respuesta a los compromisos ambientales asumidos por España. Supera las anteriores Normas Básicas de Edificación (NBE), que eran de obligado cumplimiento, y a las Normas Tecnológicas de Edificación (NTE), que no lo eran, pero desarrollaban las NBE. El CTE coexiste con el RITE. Se aplica a toda una serie de edificaciones, públicas y privadas, entre otras a las de tipo sanitario. Se divide en dos partes, ambas de tipo reglamentario. En la primera están las disposiciones de carácter general y las exigencias de seguridad y habitabilidad. La segunda se compone de los Documentos Básicos (DB), que contienen requisitos técnicos (niveles objetivos o valores límite) y procedimientos de verificación del cumplimiento de tales exigencias. Uno es el DB-HS: salubridad, que incluye el DB-HS 3 sobre “calidad del aire interior”. Una variación se introduce por Orden VIV/984:2009, de 15 de abril, por la que se modifican determinados Documentos Básicos del Código (BOE de 23 de abril).

4.2. REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN EDIFICIOS (RITE) (187, IDAE, 2007; 284 “RITE + normas...”, 2008).

Es de obligado cumplimiento en España. El primer RITE, como texto de referencia fue aprobado por Real Decreto 1751:1998, de 31 de julio (BOE nº 186, del 5 de agosto de 1998). Las normas anexas se denominan Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC). Fue modificado por Real Decreto 1218:2002, de 22 de noviembre (BOE nº 289, de 3 de diciembre de 2002). Luego se aprobó una nueva redacción para su adaptación al CTE, que ya incluía la UNE EN ISO 7730 (en la ITE 02.2.1), por Real Decreto 1027:2007, de 20 de julio (273). Por Real Decreto 1826:2009 (274) se modifica en lo que afecta a “limitación de temperaturas” (IT 3.8), para ahorro energético en locales de usos administrativo, comercial y de pública concurrencia, pero no sanitarios.

La normativa del RITE viene como Instrucciones Técnicas (IT), que vienen en el Anexo II, y de las que hay que destacar:

- IT1. Diseño y dimensionado.
- IT1.1. Exigencia de bienestar e higiene.

- ITI. 1.4. Caracterización y cuantificación de la exigencia de bienestar e higiene.
- IT1.1.4.1.2. Temperatura operativa y humedad relativa.
- IT1.1.4.1.3. Velocidad media del aire.
- IT1.1.4.2. Exigencia de calidad del aire interior (Hace una específica referencia a la calidad del aire interior).
- IT1.1.4.2.1. En que se remite a la sección HS3 del Código Técnico de Edificación y UNE EN 13779, donde se establecen los niveles de ventilación de edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire.
- IT1.1.4.2.2. Categorías de calidad del aire interior en función del uso de los edificios. Con 4 categorías de IDA (de InDoor Air) sobre calidad del aire interior. La IDA 1 es precisa en hospitales.
- IT1.1.4.2.3. Caudal mínimo del aire exterior en ventilación.
- IT1.1.4.2.5. Se trata el aire de extracción, que se clasifica en 4 niveles de aire exterior (AE).
- IT1.2.4.3.3. Control de calidad del aire interior en las instalaciones de climatización.
- IT1.4.1. Exigencias de calidad térmica del ambiente.
- IT1.4.3. Exigencia de higiene (referida al agua).

En el apéndice 2 se señalan las normas de referencia. Considera los criterios de ventilación de la Norma UNE 100011 (3, ANEOR, 1991), según el cual el aire exterior introducido por ventilación mecánica estará siempre filtrado y tratado térmicamente, previamente a su entrada en los locales.

En la IT 1.1.4.2.3 se trata sobre el caudal mínimo de aire exterior de ventilación. Se presentan cinco métodos para su cálculo, para alcanzar la calidad de aire percibida. Rey y Velasco (280, Rey y Velasco, 2007) presentan un resumen de estos métodos, que son:

- Método indirecto de caudal de aire por persona.
- Método directo por calidad de aire percibido (se basa en el informe CR 1752 o método olfativo) (108, CEN, 2001).
- Método directo por concentración de CO₂.

- Método indirecto de caudal por unidad de superficie.
- Método de dilución (locales con emisiones de materiales contaminantes específicos).

En la IT 1.1.4.2.4, “filtración del aire exterior mínimo de ventilación”, se establecen criterios aplicables a la filtración de aire exterior mínimo de ventilación, indicando que el aire exterior de ventilación se introducirá debidamente filtrado en el edificio; las clases de filtración mínima a emplear están en razón de la ODA (calidad de aire exterior, con 5 niveles) y el requerido IDA (de Indoor Air, calidad de aire interior). Asimismo se cita el uso de prefiltros, que se instalarán para mantener limpios los componentes de las unidades de ventilación y tratamiento de aire, así como alargar la vida útil de los filtros finales. Se instalarán en la entrada del aire exterior a la unidad de tratamiento, así como en la entrada del aire de retorno. En la TABLA III.8 se mencionan los filtros de acuerdo con la ODA y con la IDA 1 y 2, que, al ser las más exigentes, son las que importan en ámbitos sanitarios.

TABLA III.8. Filtración de partículas.

FILTROS	IDA		
	ODA	1	2
Filtros previos	1	F7	F6
	2	F8/F9	F6
	3	F7/F9	F6
	4	F7/F9	F6
	5	F6/GF/F9*	F6/GF/F9*
Filtros finales	1	F9	F8
	2	F9	F8
	3	F9	F8
	4	F9	F8
	5	F8	F8

(*) Se deberá prever la instalación de un filtro de gas o un filtro químico (GF) situado entre las dos etapas de filtración.

Para edificios hospitalarios y clínicas son válidos los valores de la UNE 100713 (14, AENOR, 2005), que más adelante se comentarán con más detalle.

5. PROGRAMA DE CERTIFICACIÓN DE CALIDAD AMBIENTAL EN INTERIORES.

Se atiene a la Norma UNE 171330 (254, Pastor, 2009), partes 1, 2 y 3, “diagnóstico, inspección y gestión” para configurar un Programa de Certificación de Calidad Ambiental en Interiores” (28, AENOR, 2008; 31, AENOR, 2009). La inspección de calidad ambiental en interiores persigue los objetivos de 1) identificar y valorar el estado higiénico sanitario de las instalaciones del edificio inspeccionado, y 2) determinar y valorar las concentraciones de diversos contaminantes indicadores de la IAQ.

Para valorar el estado higiénico-sanitario de las instalaciones recurre a las técnicas de inspección visual, muestreo gravimétrico de polvo depositado y toma de muestras de superficies.

Para valorar las concentraciones de contaminantes indicadores, son obligatorios una serie de parámetros, y otros son complementarios y escogidos a criterio del inspector. Los parámetros básicos son temperatura y humedad, dióxido de carbono, monóxido de carbono, partículas en suspensión (PM10) y bacterias y hongos en suspensión (todos ellos contemplados en este estudio, salvo bacterias en suspensión). La norma establece los puntos mínimos en donde determinarlos. El número de puntos mínimos depende de la superficie total construida del edificio, de acuerdo con:

$$P_{\text{puntosmínimos}} = 0,15\sqrt{S}$$

En una tabla se resumen estos parámetros básicos (TABLA III.9). No se trata de un programa específico (*Pastor*) para áreas críticas, que plantean mayores niveles de exigencia.

TABLA III.9. Parámetros para una concentración máxima de contaminantes.

PARAMETROS	MÉTODO	CRITERIO DE CONFORT	NORMA DE REFERENCIA
Evaluación higiénica de los sistemas de climatización	Inspección visual. Lista de chequeo tipo en anexo 2. Ante dudas gravimetría en superficie (según UNE 100012)	Ausencia de suciedad visible	UNE 100012
Temperatura y humedad relativa	Equipos de medición directa	Tª primavera-verano: 20-24°C. Tª otoño-invierno: 23-26°C. Límites máximos todo el año: 17-27°C. Humedad relativa: 30-70%	UNE EN ISO 7730 Valores límites: RD 486:1997
Dióxido de carbono	Medición directa con sonda de infrarrojos	Interior-external <600ppm Valor límite máximo: 2500µg/m ³	UNE EN 13779:2004 Valor límite: 50% VLA del INSHT
Monóxido de carbono	Célula electroquímica	<5ppm. Valor límite máximo: 25ppm	RD 1073:2002. Valor límite 75%VLA del INSHT
Partículas en suspensión (PM10)	Equipo de difracción de rayos láser	<100µg/m ³ . Valor límite máximo: 1000µg/m ³	Grupo de Consenso OMS Valor límite: 33% VLA del INSHT
Bacterias en suspensión	SAS y/o RCS (impactación)	800UFC/m ³	UNE 100012 (en valoración después de limpiar la instalación)
Hongos en suspensión	SAS y/o RCS (impactación)	200UFC/m ³	En condiciones de operación normal del edificio

APARTADO 3. CALIDAD DEL AIRE INTERIOR Y ÁREAS CRÍTICAS DE LOS HOSPITALES

III.3.A. CONFIGURACIÓN DE LAS ÁREAS CRÍTICAS DE LOS HOSPITALES.

El inicial repaso histórico sobre los edificios hospitalarios permite fijarse en algunas ideas claves: que a medida que el hospital ganaba en cualificación médica fue haciéndose más viva la apreciación de que estar en él comportaba serios riesgos higiénicos; que estos riesgos cobraban mayor vigencia en ciertos ámbitos, el quirúrgico de forma especial, y que eran sobre todo de carácter infectocontagioso.

Los lugares donde selectivamente todo esto podía ocurrir dentro de la macroinstalación hospitalaria se pueden denominar “**áreas críticas**”. Según algún autor (170, *González Clará, 2009*) en un hospital todas las áreas son de riesgo, pero son “**áreas críticas**” aquellas en que el paciente está más expuesto a riesgos sobreañadidos. Los riesgos derivados de las condiciones ambientales inadecuadas, particularmente centradas en el aire, en relación a las bajas defensas del paciente expuesto a las mismas, constituye un **riesgo ambiental**. Un concepto muy próximo es el de “**áreas de ambiente controlado**”, que aparece en la última normativa (131, *Domínguez, 2009; 343, Vidal, 2010*), la prenorma UNE 171330-4. Son salas con las estructuras e instalaciones específicas para controlar la biocontaminación y los parámetros adecuados. Disponen de sistema mecánico de ventilación y de filtración de aire. El concepto de “**área crítica**” semánticamente alude a la descripción de una situación real, mientras que el de “**ambiente controlado**” a un propósito o disposición para hacer lo que se debería. Por lo demás, el objeto, el tipo de sala, es el mismo.

1. EL RIESGO INFECCIOSO POR CONTAMINACIÓN AÉREA.

Dentro del hospital las infecciones suelen transmitirse por contacto, pero también algunas pueden serlo por vía aérea, (65, *Beggs, 2003*; 66, *Beggs, 2008*), lo que hace que sean clave las instalaciones de climatización, las cuales permiten controlar la concentración y el tiempo de permanencia de las partículas infecciosas en el aire. Además -y por el contrario- los sistemas de acondicionamiento pueden ser ellos mismos fuente de tales partículas infecciosas, al ser sus espacios propicios para el crecimiento y desarrollo de los gérmenes, según en qué condiciones. Por ello en su construcción se deben evitar zonas de humedad y con nutrientes de los microorganismos. (67, *Benítez del Rosario, 2006*).

En el hospital el riesgo infeccioso está más intensamente acrecentado para los **pacientes críticos**, que están ubicados en áreas como las unidades de cuidados intensivos, las de grandes quemados, las de cuidados intensivos pediátricos, y, en menor grado, de enfermos cancerosos y crónicos muy deteriorados, entre los que destacan los inmunocomprometidos. Así que las salas quirúrgicas también ofrecen un riesgo especial, pero algunos documentos, como las guías de los de los Centers for Disease Control and Prevention norteamericanos (314, *Siegel et al, 2007*), están especialmente dedicados a esas otras ubicaciones permanentes de los enfermos ingresados.

Las habitaciones de **aislamiento de enfermos infecciosos** constituyen un apartado diferente, porque la condición crítica de éstos no pone en riesgo al mismo enfermo, sino a su entorno. Su concepción tiene una amplia tradición que arranca con los lazaretos, y cobra su mayor expansión con los pabellones de enfermos infecciosos.

También hay que considerar las **salas de preparación de medicamentos inyectables** en los Servicios de Farmacia Hospitalaria, en donde el expuesto al ambiente no es enfermo, sino un producto, en cierto sentido manufacturado en el hospital, y destinado al enfermo siendo un riesgo mediado.

Por todo ello, un hospital cuenta con zonas especiales que tienen hoy día **requisitos específicos en ventilación y climatización** (278, *Rey y Ceña, 2006*) (quirófanos, cuidados intensivos, prematuros, neonatología, salas de endoscopias, etc.), aparte de las zonas de aislamiento de infecciosos, y que son las **zonas críticas** o áreas de riesgo. Un riesgo importante es el debido a los agentes ambientales estando con una mayor susceptibilidad por bajas defensas personales. Aunque muchas infecciones se contraen allí por contacto directo entre pacientes y personal que les atiende, cada vez son más las transmitidas por vía aérea. A pesar de que no todas las partículas que se encuentran en el aire son viables para producir infección ni toda infección ha de desencadenar forzosamente una enfermedad infecciosa, existen varios factores que provocan su desarrollo desde la concentración de partículas a la resistencia del sistema inmunitario defensivo del enfermo.

Se tratará, por tanto, en lo sucesivo de las ubicaciones en que todo esto puede suceder. Para atenerse a alguna precisión conceptual reconocida, se remitirá a lo establecido en los protocolos, inicialmente en las Recomendaciones de Bioseguridad utilizadas en el dominio del sistema sanitario español (175, *SEMPSPH, 1999*).

Más recientemente, lo que posiblemente enfoca de forma más aproximada lo que aquí se ha denominado “áreas críticas” viene contenido en el proyecto de norma redactado para control de las condiciones ambientales microbiológicas, que tiene por objeto establecer unos criterios de aplicación, una metodología de ensayo, y una periodicidad, para validar el correcto funcionamiento de **las salas de ambiente controlado que se encuentran en centros sanitarios** (131, *Domínguez, 2009*). En la misma se presentan estas definiciones:

- **Biocontaminación:** es la contaminación de una materia, de un aparato, de un individuo, de una superficie, de un gas o del aire por partículas viables.
- **Zona de riesgo de biocontaminación:** es un lugar geográficamente definido y delimitado en el cual individuos, productos o materiales (o

una combinación entre ellos) son particularmente vulnerables a los microorganismos o a partículas viables.

- **Medio ambiente microbiológicamente controlado:** es una zona donde están controladas las fuentes de biocontaminación, con la ayuda de medios específicos. Lo cual parece expresar un concepto próximo al de área crítica, si es que entendemos que sujeto a tal control debería estar toda área crítica, aunque posiblemente incluya algunas otras aparte de las más estrictamente críticas.

Los **microorganismos** o **microbios** (131, Domínguez, 2009) son el elemento clave en tanto hablamos de biocontaminación y de riesgo infeccioso. De hecho son el objeto a considerar en la evaluación y toma de decisiones en los definidos como ambientes hospitalarios controlados. Su característica básica es que no se ven por el ojo humano; para que una materia pueda ser así vista debe tener un grosor mínimo de 40µm (valga como comparación que el grosor de un pelo suele ser de 70µm). Dentro del mundo microscópico miden las partículas de polen 10-100µm, las de polvo fino de 0,5-5, las de polvo atmosférico 0,001-20 y las de humo de tabaco 0,01-1µm. De los microbios, las esporas miden 10-30µm, las bacterias 4-9 y los virus 0,003-0,07µm.

Es hacia los **microorganismos patógenos** (131, Domínguez, 2009) donde hay que dirigir la atención y en concreto hacia los responsables de los principales riesgos infecciosos ambientales, según sea la importancia de los riesgos derivados, por su gravedad o su frecuencia y, por otra parte, según la posibilidad de su identificación en aire ambiente. Con arreglo a estos criterios hay que considerar en el aire bacterias y hongos:

- **Bacterias:** Pseudomonas aeruginosa, Acinetobacter, Streptococcus, Staphylococcus aureus, Enterobacterias (E. Coli, coliformes y salmonelas).
- **Hongos.** De las 72 especies existentes de hongos destacan las cuatro siguientes de hongos filamentosos: Aspergillus spp., Mucor, Scedosporium y Rhizopus.

Cobra especial significado el **Aspergillus**, del que existen 12 ó más patógenos siendo los más destacados fumigatus, flavus, niger y terrae. Por su detección accesible y su vinculación a la contaminación aérea se les puede otorgar carácter de **indicadores de riesgo biológico aéreo** (175, *SEMPSPH*, 1999) y como tal se tomarán en este trabajo. Los hongos son productores de esporas (no esporos), con permanencia en el aire y que son detectables en el muestreo específicamente diseñado.

En el **control de la contaminación biológica del aire** interior es fundamental el que el sistema que le suministre le introduzca adecuadamente **filtrado**. Aunque más adelante se abundará sobre ellos, se anticipa que los **filtros** con una capacidad de retención, en cuanto al tamaño de las partículas, de alta eficiencia (HEPA) retienen las de 0,001-5µm y los comunes de 1-100. La administración de aire controlado con filtros de alta eficiencia en la prevención de las aspergilosis de origen hospitalario ha sido evidente: antes de su utilización el rango de presencia de *Aspergillus* en el aire era de 0,16-0,4UFC/m³ de *Aspergillus* y después de su utilización era por término medio de 0,009UFC/m³. (131, *Domínguez*, 2009).

En cuanto a los **niveles de calidad del aire**, según la Normativa norteamericana Fed Std 209E, sobre “clasificación de pureza del aire” (170, *González Clará*, 2009), la clase de un local se medía con el número máximo de partículas de un diámetro determinado (partículas de referencia) en un volumen de aire. En relación con las partículas de tipo microbiano y según los criterios últimos propuestos para normalización, de forma más especial se distinguen estos niveles de calidad del aire de los recintos hospitalarios (131, *Domínguez*, 2009):

- **Nivel blanco:** Nivel definido fijo para utilizar como objetivo en las operaciones de rutina en salas limpias.
- **Nivel de alerta:** Nivel establecido por el usuario en el contexto de un ambiente controlado, dando una primera alerta en caso de deriva respecto a las condiciones normales y que cuando se excede, dará lugar a un seguimiento reforzado del proceso.

- **Nivel de acción:** Nivel establecido para utilizar en el contexto de un ambiente controlado, que cuando se supera, necesita una intervención inmediata, y comprende la búsqueda de la causa y una acción correctiva.

Se deben de fijar los niveles de alerta y de acción, adaptándolos a la clasificación de las zonas de riesgo.

1.1. CLASIFICACIÓN DE LAS ÁREAS HOSPITALARIAS.

La norma **UNE 100713** (131, Domínguez, 2009; 170, González Clará, 2009; 14, AENOR, 2005) clasifica en dos grupos los locales del hospital según las exigencias higiénicas, o sea, atendiendo al control de gérmenes en el aire impulsado y existentes en el ambiente: **Clase de local I** y **Clase de local II**, y además existen otras áreas que no se consideran de riesgo (oficinas, lencería, vestuarios, cafetería, etc.)

Se definen las **zonas de ambiente controlado** (131, Domínguez, 2009) en hospitales como aquellas que por su función precisan y disponen de sistemas de control de aire interior y las definidas de “clase I”, que según la **tabla 5** de la UNE 100713:2005 (14, AENOR, 2005), son:

- **Bloque quirúrgico:** los quirófanos (de toda clase: A, B y C) y el pasillo limpio.
- **Esterilización:** lado limpio, almacén de material estéril, acceso a vestuarios, sala de descanso, pasillo sucio.
- Sala de **exploración por endoscopia**.
- Sala de **cuidados intensivos:** habitaciones /boxes para pacientes con riesgo de contraer infecciones.
- **Cuidados especiales:** habitaciones para enfermos inmunodeprimidos, salas de grandes quemados
- **Habitaciones de aislamiento:** de enfermos infecciosos, salas de terapias especiales, salas de prematuros.
- **Farmacia:** locales estériles, cabinas de bioseguridad
- **Salas de quimioterapia.**

- **Criobiología.**
- **Banco de sangre.**

Para proteger las condiciones de ventilación específicas, la Norma UNE 100713, recomienda que todos los señalados locales de clase I, quirófanos incluidos, estén separados por **esclusas** de los recintos anexos, sin que se deba permitir la apertura simultánea de las dos puertas.

La antes mencionada propuesta de norma sobre salas de ambiente controlado (131, Domínguez, 2009) abunda en una **más detallada clasificación** según niveles de riesgo infeccioso:

- **LOCALES (ZONA 5.A) MUY ALTO RIESGO:** Quirófanos de: trasplantes, cardio-vascular, prótesis traumatológicas, neurocirugía, oftalmología. **Onco-hematología. Grandes quemados.** Zonas de **envasado y preparación de medicamentos y de alimentación parenteral y criobiología.** En **hematología**, los recintos donde se ingresan pacientes con determinadas condiciones de susceptibilidad frente a infecciones (neutropenia $<500/\text{mm}^3$ más de dos semana, o $<100/\text{mm}^3$ independientemente de la duración; corticoterapia $>1\text{mg}/\text{kg}$ durante tres semanas; trasplantes celulares alogénicos; colonización aérea por *Aspergillus*).
- **LOCALES (ZONA 4.B) ALTO RIESGO:** Quirófanos de: cirugía digestiva, pulmonar, ginecológica, obstetricia, urología, ORL, etc., con pasillos limpios y almacén material estéril. **Salas de exploraciones funcionales** vasculares, traumatológicas, de radiología intervencionista, digestivas. **Habitaciones** para enfermos con riesgo de contraer infecciones. **Zona limpia de esterilización.**
- **LOCALES (ZONA 3.C) RIESGO MODERADO:** Reanimación, cuidados intensivos, hemodiálisis, neonatología, quimioterapia, banco de sangre.
- **LOCALES (ZONA 2.D) RIESGO BAJO:** Medicina interna y otras especialidades, maternidad, pediatría, larga y media estancia, psiquiatría, consultas externas...

- **LOCALES (ZONA 1.E) AMBIENTE NO CONTROLADO:** Zonas para individuos con buena salud, en ambiente normal, oficinas, salas de espera. etc.

Según el modelo clasificatorio asumido por ATECYR del CEN/TC 156 W6 13, que es el Comité del ámbito europeo (254, *Pastor; 2010; 343, Vidal, 2001*), las clases de salas según sus requisitos higiénicos, se identifican así:

- H1: en sobrepresión moderada respecto a las salas adyacentes:
 - H1a: salas quirúrgicas con amplio campo operatorio.
 - H1b: salas quirúrgicas con reducido campo operatorio.
 - H1C: sin ámbito operatorio estrictamente delimitado.
- H2: en sobrepresión de al menos 6 Pa: “Aislamiento protector”
- H3: aislamiento de fuentes con riesgo:
 - H3a: por ej. tuberculosis multirresistente a los fármacos.
 - H3b: por ej. radionúclidos.
 - H3c: por ej. fiebre Lassa.
En H3a, H3b y H3c, en presión negativa de al menos 6Pa
 - H3d: habitaciones especiales en que se haya de seleccionar presión positiva o negativa, según el caso. En todo caso de al menos 6Pa.
- H4: otras salas.
 - Salas con relevancia higiénica, no antes contempladas. El inventario es diverso e incluye cuidados intensivos.
 - Salas adyacentes a los quirófanos. En moderada presión negativa respecto a los quirófanos.

A continuación, partiendo de la división básica de áreas críticas que mencionaban las recomendaciones de bioseguridad (175, *SEMPSPH, 1999*), que son determinadas **salas quirúrgicas** y determinadas **unidades de hospitalización** de pacientes, se exponen separada y diferenciadamente unas

y otras, que, además, han tenido un desarrollo histórico diferente, en dependencia de las funciones que empezó a asumir el hospital moderno.

2. EL BLOQUE QUIRÚRGICO Y LAS SALAS QUIRÚRGICAS.

Dos perspectivas merecen considerarse en relación al estado crítico del espacio quirúrgico: a) el diseño del espacio y b) el aire que circula por el mismo. En los años 70 del siglo XX (249, *Pardell, 1976*; 170, *González Clará, 2009*) los riesgos que más preocupaban en los quirófanos eran los de explosión y electrocución y el de los fallos de aparatos y suministros, además del arrastre de partículas y gérmenes, para lo que se contaba con la ventilación. Pero en realidad a ésta se le daba especial importancia en relación con la pronta eliminación de anestésicos y mezclas explosivas en el aire.

2.1. DISEÑO DEL BLOQUE QUIRÚRGICO.

Ya vimos que durante mucho tiempo las intervenciones quirúrgicas se hicieron en las mismas salas donde permanecían acostados los enfermos. En el siglo XVIII se construyeron algunas habitaciones especiales para que pudieran ser utilizadas como aulas presenciales por grupos de alumnos. Con la llegada de la anestesia en 1846 se empezaron a hacer las operaciones en habitaciones separadas. Las salas quirúrgicas van tomando forma a finales del siglo XIX. Hasta 1970 a menudo se hacían con ventanas para su ventilación natural y así se han mantenido algunas en el Reino Unido e Irlanda ya entrado el siglo XXI (183, *Humphreys y Taylor, 2002*). Incluso la luz diurna aún se considera deseable por cirujanos y anestesistas (142, *Essex-Lopresti, 1999*) De su mano, aparecen las centrales de esterilización del material quirúrgico, cuando, tiempo después, se ve oportuno destinar un espacio aparte para procesar el material de todos los quirófanos de un mismo hospital.

Los quirófanos se han de ubicar idealmente (113, *Clivegesa, 2007*; 170, *González Clará, 2009*) dentro del hospital, aislados, lo más alejados de las circulaciones generales, en zona pretendidamente aséptica y de forma que el personal acceda desde un área limpia. Incluso recomienda González Clará que

sea en la última planta del hospital, con la máxima independencia vertical de otras instalaciones del hospital.

El **bloque quirúrgico** incluye varios recintos, cuyo diseño y organización ha de obedecer a diferentes condicionantes, siendo el de mayor significación el evitar la contaminación procedente del exterior en el punto crucial donde se sitúa el campo quirúrgico. Para ello, se asume una típica **clasificación de los recintos** según una graduación que va de limpio y semilimpio a sucio (259, *Pérez Sheriff, 1981*).

- Serían **locales limpios** los del quirófano y sus adyacentes, lavabos médicos, descanso de personal, oficio limpio y anestesia.
- Serían **locales limpios** o **semilimpios** los almacenes, la salida del quirófano, la recepción y transferencia, los vestuarios de personal y la recuperación.
- Serían **semilimpios** el acceso, el estar de camilleros y el despacho de la supervisora.
- Y serían **sucios** el oficio de sucio, los oficios de limpieza y los locales para instalaciones.

A partir de ahí se establecen estas relaciones espaciales entre ellos (259, *Pérez Sheriff, 1981*; 155, *Flórez, 1978*):

- El bloque debe de ser independiente de las circulaciones generales del hospital.
- Dentro del bloque deben diferenciarse separaciones en las circulaciones del personal, de los pacientes y de los materiales, considerados como limpios o sucios.
- La organización de los locales debe permitir el paso progresivo a través de zonas “filtro”, entre las zonas “sucias” o “menos limpias” y las “más limpias”.
- El personal que trabaja en la zona “limpia” debe poder acceder a los diferentes locales sin atravesar zonas clasificadas como “sucias”.
- El material “sucio” debe salir del bloque sin atravesar las zonas “limpias”.

- El aire debe circular siempre de las zonas “más limpias” a las “menos limpias”.
- En el bloque quirúrgico deben extremarse la seguridad para evitar riesgos en el posible funcionamiento de las instalaciones.

De acuerdo con ello se admiten varios tipos de soluciones, tres según la arquitecta hospitalaria española María Pérez Sheriff (259, Pérez Sheriff, 1981), ya en los años 70 del siglo pasado. Luego los diseños han variado, curiosamente tendiendo a la simplificación, sobre todo a expensas de sacar del bloque recintos accesorios, como despachos (de supervisora) o elementos con pretensiones de independencia espacial y hasta distanciándoles para constituir unidades aparte, como las unidades de reanimación. Como evidentemente no todos los habitáculos exigen la misma consideración de criticidad, nos vamos a ceñir a **la sala quirúrgica** como la zona más crítica, y, aún así, no en todos los casos con el mismo nivel, dependiendo del tipo de cirugía que se lleva a cabo dentro.

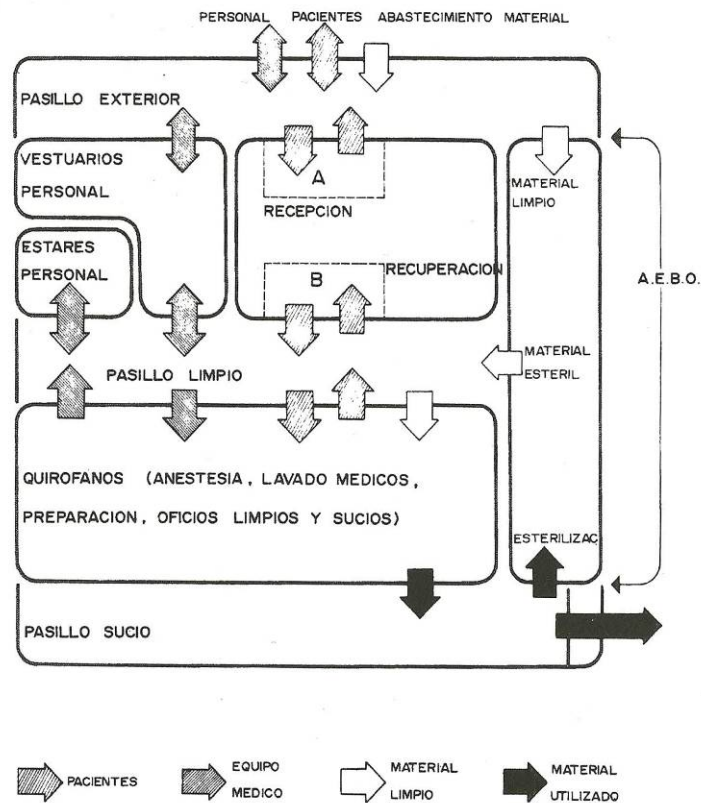


FIGURA III.41. Bloque quirúrgico: esquema general de zonificación.

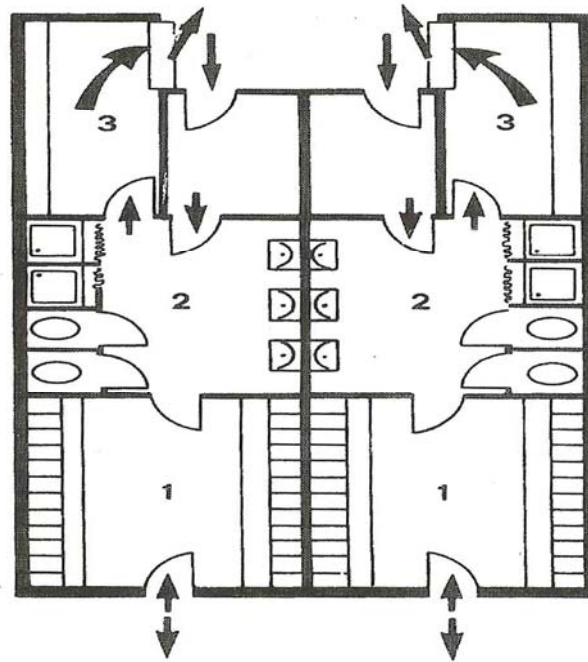


FIGURA III.42. Esquema de zonas filtro para personal.

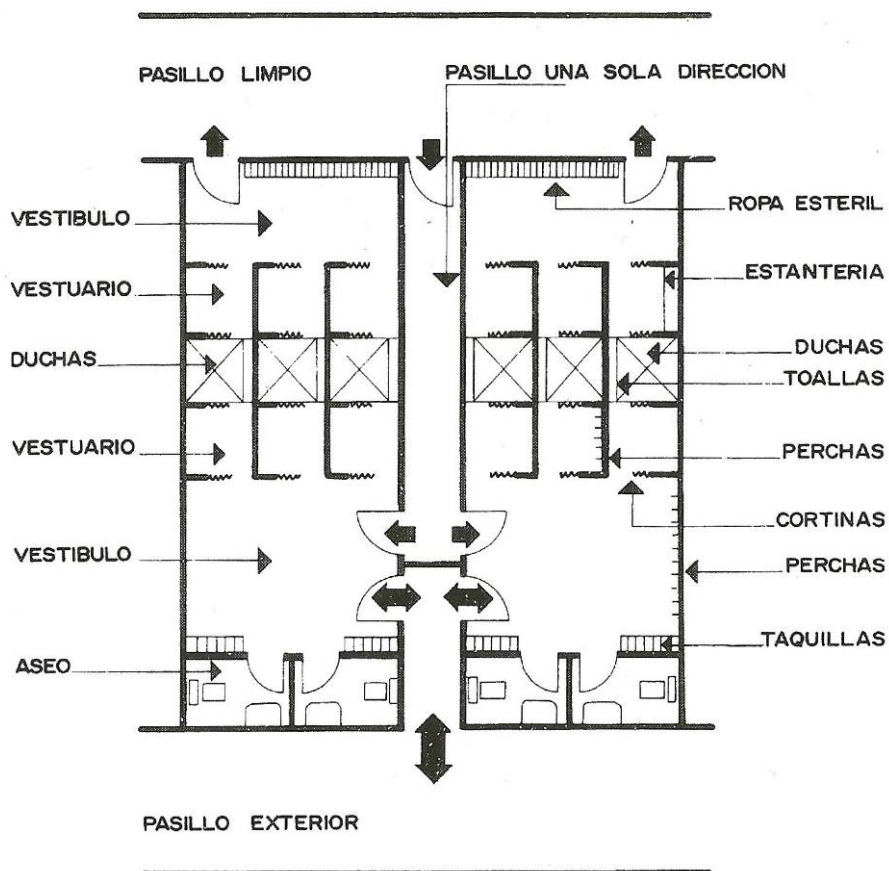


FIGURA III.43. Esquema de locales auxiliares a quirófano: vestíbulos.

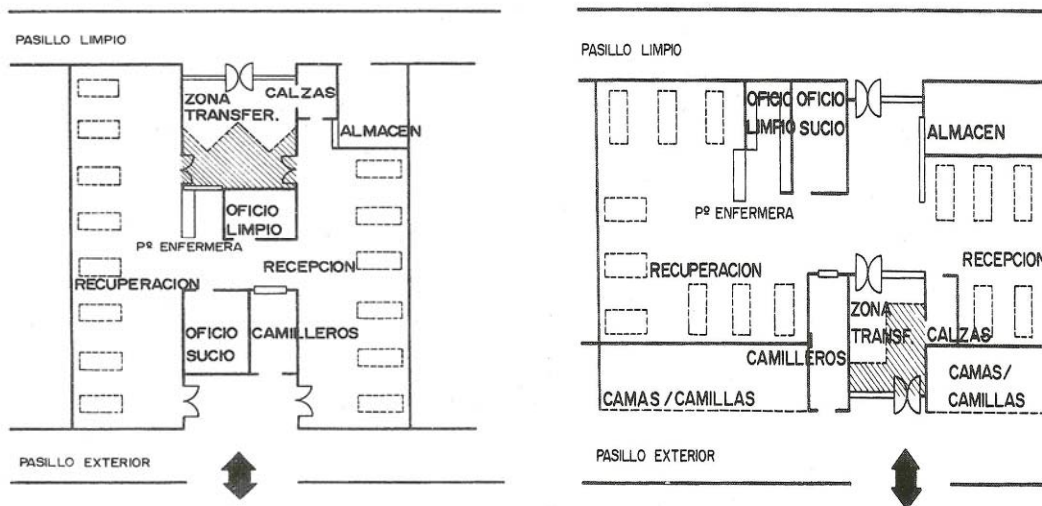


FIGURA III.44. Esquemas de locales auxiliares a quirófano: zona de recuperación.

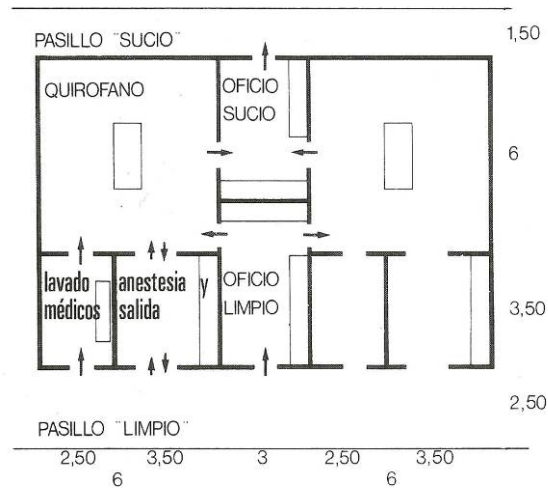


FIGURA III.45. Esquema de disposición general de quirófano.

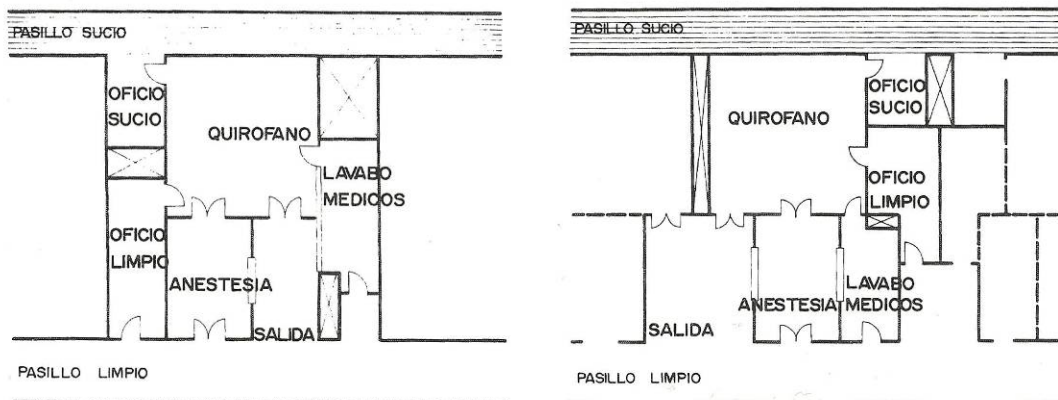


FIGURA III.46. Esquema de quirófanos con salida independiente.

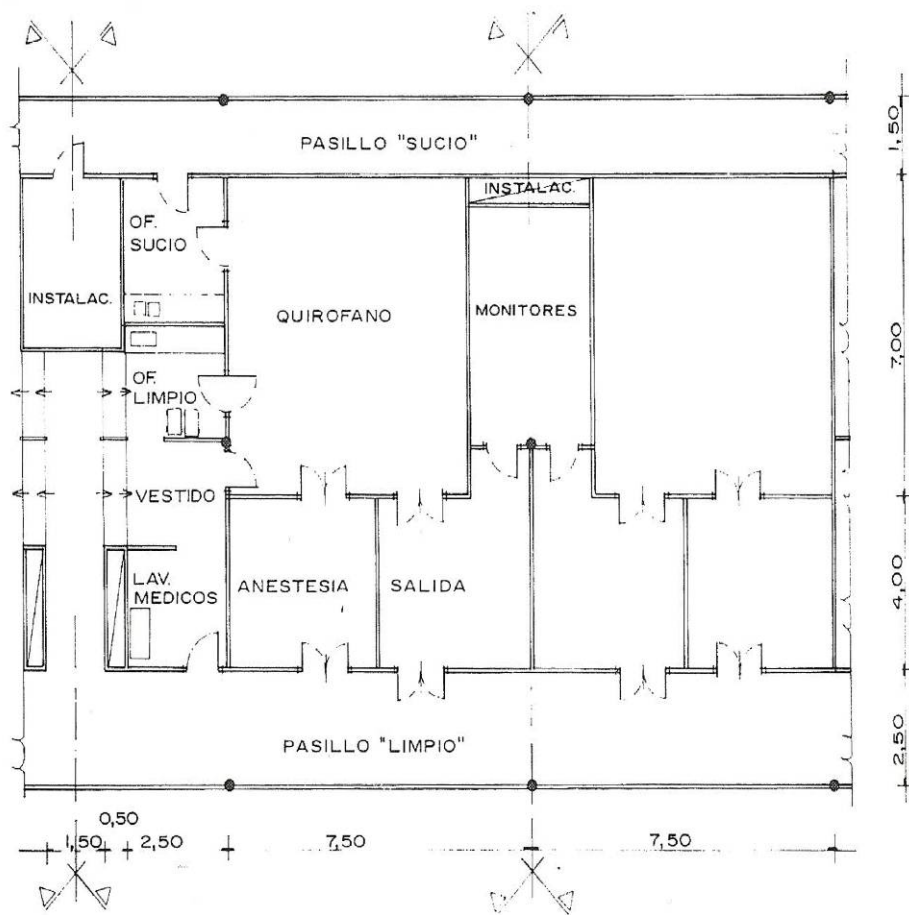


FIGURA III.47. Esquema de quirófanos con cuadrícula 7,5x7,5.

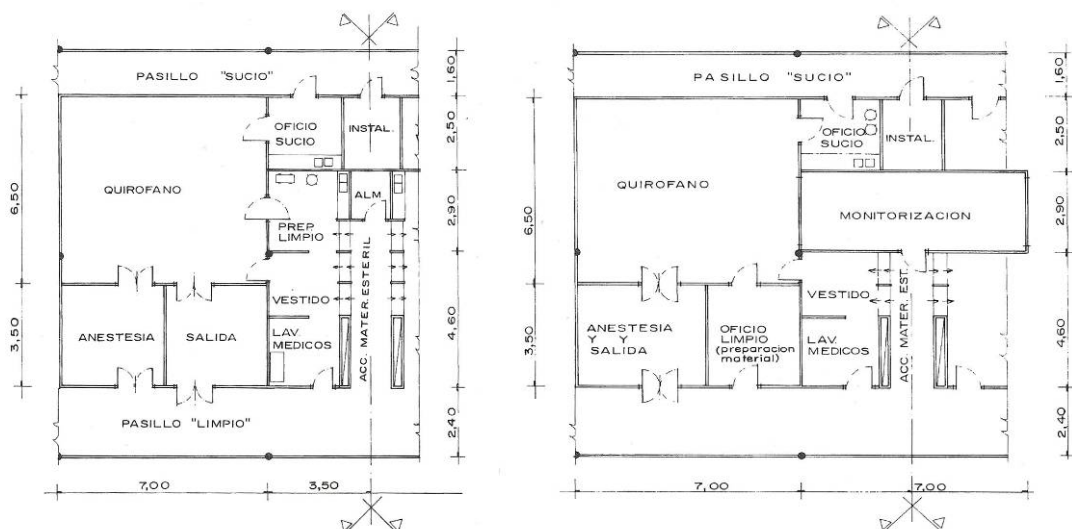


FIGURA III.48. Esquemas de quirófanos con cuadrícula 7x7.

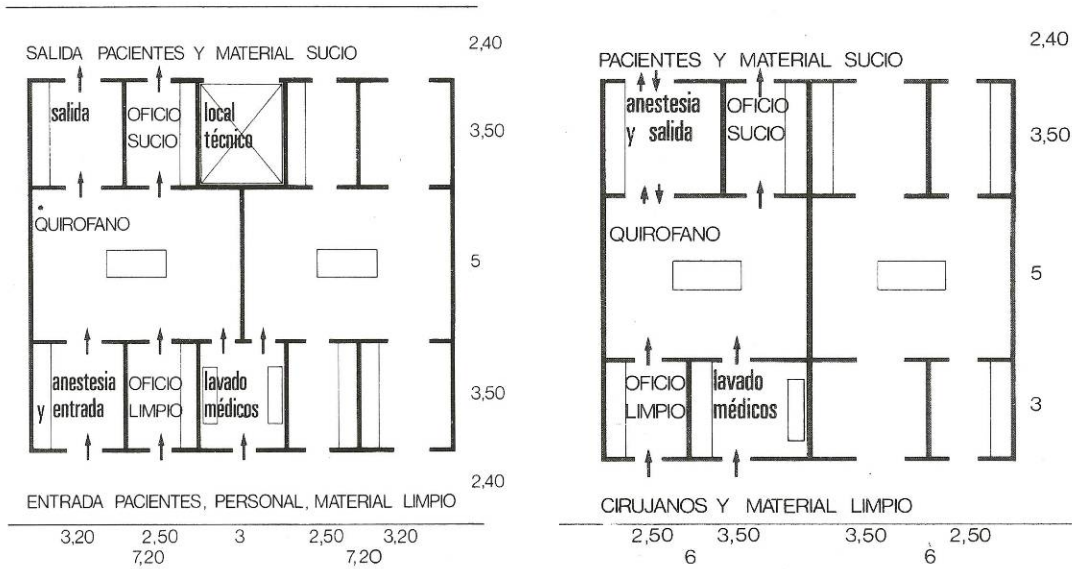


FIGURA III.49. Esquema de quirófanos con salida de enfermos por zona “semilimpia”.

La **sala quirúrgica** (170, González Clará, 2009) debe tener una cubicación de al menos 110m³ (6x6x3), preferiblemente sobre una superficie rectangular. Las circulaciones son:

- Del personal, con entrada del área “limpia” a la aséptica, y salida por el pasillo perimetral exterior (difícil de cumplir).

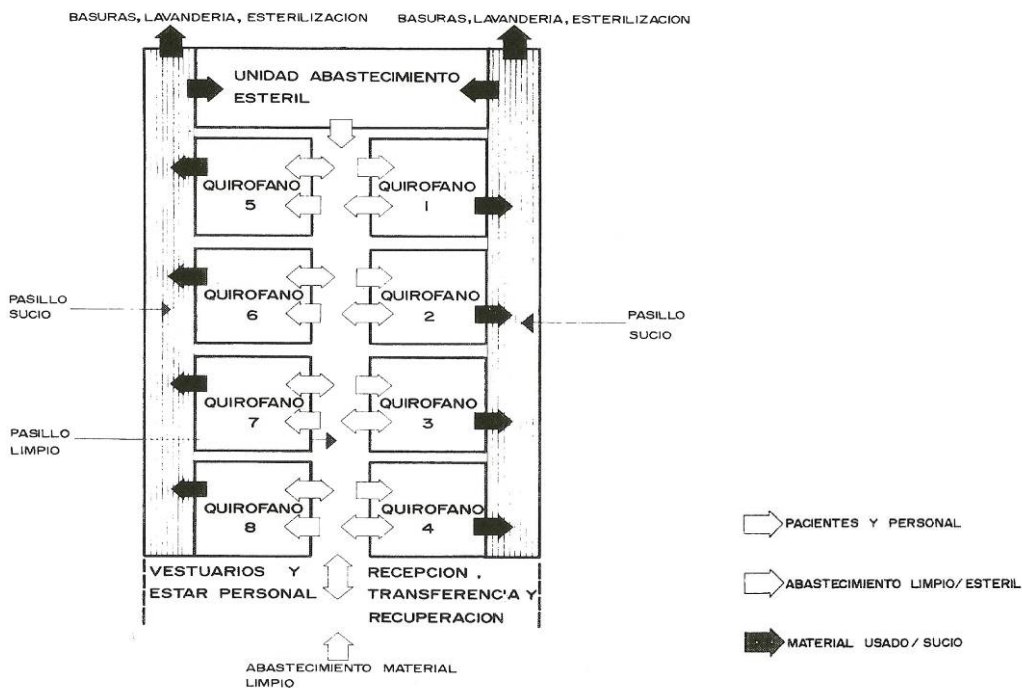


FIGURA III.50. Esquema de circulación en salas quirúrgicas: salida a pasillo perimetral.

- Salida del paciente, en relación con la reanimación postoperatoria, que frecuentemente está fuera del bloque operatorio. Lo mejor es situar la anestesia-reanimación dentro del área limpia donde el anestesista tiene facilitada la preanestesia, en una sala de espera/anestesia, continuando su labor dentro del quirófano y pasando luego a la reanimación postoperatoria.

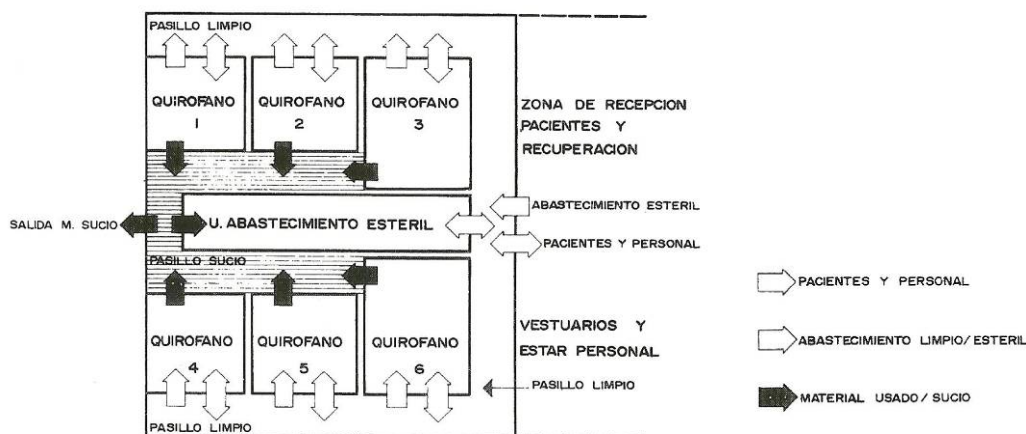


FIGURA III.51. Esquema de circulación en salas quirúrgicas: anestesia-reanimación interna.

En cuanto a los acabados (170, *González Clará, 2009*), los chaflanes deben estar adaptados para que no formen esquinas, el encuentro del pavimento con el rodapié o el revestimiento de las paredes será sin junta, lo mismo que el del rodapié (si le hay), curvo, respecto al revestimiento vertical.

Ya se ha anticipado que no todos los quirófanos se han considerado de igual nivel de riesgo. La “Guía práctica para el diseño y mantenimiento de la climatización en quirófanos” (189, *INSALUD, 1996*) les clasificaba a tales efectos en dos grupos:

- **GRUPO I:** quirófanos de cirugía convencional.
- **GRUPO II:** quirófanos de cirugía especial (trasplante de órganos, cirugía cardíaca, cirugía vascular, neurocirugía...)

De forma parecida, la Norma UNE 100713 (14, *AENOR, 2005*), lo hace en **Tipo A** (trasplante de órganos, operaciones a corazón abierto, prótesis de articulaciones...) y **Tipo B** (los restantes). Estas clasificaciones se hacen

atendiendo al sistema de difusión de aire y a los niveles máximos admisibles en cuanto a concentración de microorganismos en el mismo aire, por lo que a continuación se entra en la cuestión de cómo se fue apreciando tal problema y qué soluciones se fueron promoviendo.

2.2. LA VENTILACIÓN DE LOS QUIRÓFANOS Y SU RELACIÓN CON EL RIESGO INFECCIOSO.

Un aspecto a destacar es que el bloque quirúrgico es un medio en la generalidad de los casos no directamente accesible al exterior (con ventanas practicables, por ejemplo), y mucho menos lo es la sala quirúrgica que lo preside. Por lo tanto es dependiente a efectos de iluminación y ventilación de sistemas de aprovisionamiento artificial de luz y aire, lo cual da pie a entrar en la cuestión de su acondicionamiento, como solución y como riesgo ante la infección quirúrgica.

La relación entre el aire de los quirófanos y las infecciones (229, *Martín, 2008*) se empezó a estudiar en los años 30 del siglo XX (213, *Lidwell, 1981*). En 1946 se publica el primer estudio completo sobre un nuevo sistema de ventilación, usado en el vestuario de una unidad de quemados y su influencia sobre el control de las bacterias suspendidas en el aire y sobre las infecciones de las heridas quirúrgicas (79, *Bourdillon y Colebrock, 1946*). El sistema introducía aire filtrado desde arriba y por un “efecto pistón” arrastraba el supuesto aire sucio hacia abajo. Con ello establecieron una serie de recomendaciones sobre “niveles de seguridad”, entre otras, como que el número de renovaciones de aire en las habitaciones fuese de 20-30 en la mayoría de los casos. En 1948 Bourdillon, hacían notar que los quirófanos solo tenían ventiladores de extracción y eran para sacar el vapor emanado del material esterilizado, aunque de paso así se arrastrase aire contaminado. En 1955 Blowers y cols., al estudiar las infecciones postoperatorias de cirugía torácica encontraron altos niveles de bacterias en el plenum de ventilación del quirófano diseñado para 8 renovaciones/hora. Como, por error, los ventiladores de extracción sacaban más aire que el introducido solo se daban 2-3 renovaciones/hora y, además, entraba aire desde el pasillo exterior

supuestamente más contaminado. Al corregir esto y otros problemas se redujeron las infecciones a la mitad (75, *Blowers et al, 1955*). Shooter y cols., introdujeron el flujo de impulsión oblicuo, lo que redujo la carga bacteriana (313, *Shooter et al, 1956*). El equipo de Kinmoth en 1958 describe como el introducir aire fresco y filtrado, cruzado sobre la mesa de operación, rebaja la concentración de bacterias, pero no encuentran que disminuya la incidencia de infecciones (203, *Kinmoth et al, 1958*). Blowers y Crew en 1960 (76, *Blowers y Crew, 1960*) investigan en 25 quirófanos los principios de diseño de ventilación y usan esporas de *Bacillus globigii* como indicador del flujo de aire. Comparan varias configuraciones para concluir con una serie de recomendaciones:

- Los filtros deben disponer de una eficiencia no inferior al 99,9% para partículas de 5µm.
- Se ha de ajustar el gradiente de las presiones para conseguir que el flujo vaya de las zonas limpias a las sucias.
- Colocación de válvulas de compuerta de regulación de presión para reducir el volumen del aire de impulsión necesario para mantener la presión positiva.
- Existen ventajas del flujo de impulsión turbulento. Era conveniente aumentar el flujo de aire hasta lograr 17-20 renovaciones/hora (203,9m³ para el tamaño simulado).

También en 1960 Lidwell y Williams estudiaron diversos tipos de quirófanos con gas trazador (óxido nitroso) y decidieron que no había tipo estándar de ventilación (214, *Lidwell y Williams, 1960*). En 1970 Scott describió el flujo de impulsión laminar-lineal, que llevaba tres años usándose en Estados Unidos (307, *Scott, 1970*). Desde los años 60 del siglo XX ya se mostró interés por conseguir una ventilación con aire ultralimpio (ultraclean ventilation: UCV), al introducirse la cirugía ortoprotésica. Con ello se entra en el diseño del flujo laminar filtrado por filtros HEPA. Whyte y Shaw a inicios de los años 70 desarrollaron su sistema experimental (357 *Whyte y Shaw, 1971*; 358, *Whyte y Shaw, 1973*), con la posibilidad de controlar la velocidad del flujo y su direccionalidad, vertical o inclinado-cruzado, concluyendo que el vertical era mucho más aséptico que el inclinado-cruzado. En 1973 se compararon en quirófanos de prótesis el sistema convencional y el tipo UCV (<10bcp/m³), con

o sin trajes de cirugía ventilados. Tiempo después Lidwell y otros publicaron que se habían reducido las infecciones con el segundo sistema (215, *Lidwell et al, 1982*). Whyte y otros (359, *Whyte et al, 1982*) por su cuenta prosiguieron en la comparación, deduciendo que el UCV reduce 97 veces el contenido de bacterias en el aire y 35 veces en la herida quirúrgica; calcularon que el 98% de las bacterias de las heridas procedían del aire de los quirófanos. Lidwell y otros (216, *Lidwell et al, 1983*) obtuvieron parecidos resultados. Así se fue trazando el inicio del camino del acondicionamiento de los quirófanos. Más adelante se mencionarán las precisiones técnicas vigentes.

3. UNIDADES DE INGRESO DE ENFERMOS CRÍTICOS.

A diferencia de los quirófanos, las unidades de hospitalización especiales no van a aparecer hasta la segunda mitad del siglo XX, (62, *Barquin 1972b*) unos 60 ó 70 años después, cuando se diseñan las unidades de cuidados críticos, como las Unidades de Vigilancia Intensiva o Cuidados Intensivos, las de hospitalización pediátrica de mayor riesgo, como es el caso de los cuidados a niños prematuros, las unidades preparadas para asistir a grandes quemados y finalmente las de enfermos inmunodeficientes como los onco-hematológicos y los trasplantados de órganos sólidos.

La constitución de las unidades de cuidados especiales y en concreto, de los intensivos, arranca en los tiempos de la II Guerra Mundial (137, *Jano (ed), 1989; 156, Flórez, 1978b*). Aunque ya a finales del siglo XIX, en el Reino Unido habían aparecido las “recovery rooms”, ubicadas al lado de los primeros quirófanos, para reanimar a los operados. En 1942 en la Clínica Mayo (Estados Unidos) se crearon salas de reanimación para intervenidos de alto riesgo, que se concibieron como áreas de vigilancia postquirúrgica. Luego vendrían las “recovery rooms” postobstétricas para atender con eficacia las hemorragias postparto. Durante la mencionada confrontación bélica, se intentó agrupar a los grandes traumatizados y se comprueba la eficacia de la vigilancia escalonada para atender a los heridos. En 1943 se crearon unidades especiales, de shock, para atender con mayor eficacia a los pacientes quirúrgicos que le padecían, siendo el precedente de las unidades de cuidados intensivos. Posteriormente

dos hechos influyen en su consolidación. Por una parte, durante las epidemias de poliomielitis de Los Ángeles (1948-49) y de Nueva Inglaterra (1955) se desarrolló el uso de los “pulmones de acero” para combatir los casos de insuficiencia respiratoria. Se añadió el avance de la reanimación después de las paradas respiratorias (Zoll, 1952) y de la cardioversión (Lower, 1956), lo que abocaría a la creación de unidades de cuidados cardiológicos. En tanto, la epidemia de polio en Copenhague incita a una solución para atender a la concentración de enfermos bajo respiración controlada. Además, por entonces Lihnai en Minneapolis inicia la cirugía cardíaca y los complejos cuidados postoperatorios que conlleva. El 13 de marzo de 1962 se abrió la primera unidad coronaria del mundo en el Toronto General Hospital (158, Freixa, 1999) y casi a la vez en el Hospital Bethany de Kansas City y en el Hospital Presbiteriano de Filadelfia. En 1966 Pantridge y Geddes implantaron en Belfast unidades móviles de cuidados intensivos (UCIs). Los avances de la electrónica fue haciendo posible mejorar la vigilancia de los correspondientes enfermos. A partir de los años 70 las que en principio se llamaron unidades coronarias pasaron a ser unidades de cuidados intensivos cardiológicos como una definida área del hospital. A la vez los grandes hospitales iban creando otro tipo de unidades especiales, como las pediátricas, las de neonatología, parapléjicos, grandes quemados y enfermos renales en programas de diálisis.

Con todo ello, las ideas sobre terapia intensiva evolucionaron con gran rapidez, mientras se fueron desarrollando las concernientes a los “progressive care”, llegando en menor grado de intensificación de cuidados, a los cuidados mínimos (self care). En tanto, las áreas de cuidados máximos debieron clasificarse para evitar convertir a las UCIs en un lugar de recogida de situaciones graves muy desiguales. Las iniciales salas de reanimación (recovery) se ordenaron como salas para el tiempo de asistencia más breve de los postoperatorios más inmediatos. Los iniciales proyectos de hospitales del Seguro Obligatorio de Enfermedad en España, de 1947, en principio solo contemplaban esta última tipología, ya que en realidad se concebían como hospitales casi exclusivamente quirúrgicos (158, Freixa 1999; 156, Flórez, 1978b). Lo que no obsta para que en 1969 se abriesen en España las primeras unidades coronarias, casi a la vez en los Hospitales de Santa Cruz y San Pablo

(Barcelona) y en el Central de la Cruz Roja y en el de La Paz (ambos en Madrid), con lo que arranca el despliegue de unidades especiales en el país.

En los años 70 menciona Flórez, atendiendo a especiales disposiciones arquitectónicas (156, Flórez, 1978b) estas diferentes unidades especiales: observación de urgencias, reanimación postanestésica (salas de despertar), cuidados intensivos quirúrgicos, cuidados intensivos médicos, unidad coronaria, quemados, trasplantados y enfermos hematológicos, diversos tipos de cuidados pediátricos, obstetricia, pacientes irradiados (con radioisótopos) y enfermos terminales. Cada tipo de sala requiere unas características especiales que influyen en su diseño: ubicación en el hospital, dimensión, capacidad de camas, servicios de apoyo y relacionales, aislamiento y asepsia, monitorización y mecanización y formas de contacto y relación con visitas.

a) **Unidades de Cuidados Intensivos (UCIs, UVIs).** En cuanto a las UCIs, aparte servicios de apoyo periférico que, como en el caso de los quirófanos han variado con el tiempo, se estableció que requerían máxima vigilancia y fácil acceso, un porcentaje de camas aisladas, disponer de 18 m² por cama en áreas abiertas y 24m² en las aisladas. Habría que esmerarse en evitar la condiciones que incrementen el estrés (visión de otros enfermos críticos, falta de percepción de luz natural y desconexión con los ritmos día-noche, etc.), aunque estos requisitos no son siempre iguales (poco influyentes en enfermos inconscientes). En el diseño se plantea de inicio el problema de las circulaciones en relación al acceso de visitas, que puede tener diversas soluciones. En algunos hospitales éstas son radicalmente prohibidas en el interior de la UCI. También se han ensayado los circuitos de TV. En otros lugares se admite el paso a las habitaciones, dentro de determinados formalismos en relación a la higiene. La solución por un tiempo más aceptada ha sido la circulación por un pasillo periférico a las habitaciones, habiendo ventanas cerradas entre ambos espacios, intentando evitar la pérdida de luz natural dentro del recinto de hospitalización. También se han planteado accesos que selectivamente puedan ser practicables o cerrados, según se encuentre o no el paciente aislado. El emplazamiento debería permitir el acceso por separado de los pacientes, del personal asistencial y de las visitas y

el menor recorrido hasta el bloque operatorio, la sala de reanimación y la unidad de urgencias.

b) **Unidades coronarias.** Presentan requisitos también de ubicación, en este caso próxima a urgencias, hemodinámica, etc., aislamiento visual y de ruidos en relación a otros pacientes, ambientación relajante (suelen ser enfermos conscientes) y contacto visual con el exterior, siendo prescindible en la generalidad de las opiniones el corredor independiente de visitas. Se ha llegado a plantear la vigilancia por circuito cerrado de TV, pero debería ser discreto (disimulado), por el desasosiego que se produce en el enfermo que se siente vigilado.

c) **Unidades de asistencia a pacientes inmunodeprimidos** (156, Flórez, 1978b). Desde su inicial aparición a finales de los años 70, se plantean con un reforzamiento de barreras para mantener condiciones asépticas, ciertas condiciones de confort, ya que las estancias suelen ser más largas que en las unidades de intensivos, especial cuidado individualizado de los sistemas de aire acondicionado, revestimientos que admitan la más eficaz desinfección, absoluto rigor respecto a la esterilidad de los objetos introducidos en la habitación y accesibilidad preferente a quirófanos y unidades de apoyo. En los últimos tiempos se ha prestado especial atención en estas unidades a la asistencia de pacientes ingresados (206, Kusney y Krystofak, 2003; 91, Cárdenas et al, 2008) inmunodeprimidos, hematológicos, con trasplantes alogénicos de médula ósea, denominados HSCT (hematopoietic stem cell transplant) o TAMO (trasplante autólogo de médula ósea), al demostrarse con evidencia científica la necesidad de colocarles bajo un “**ambiente protector**” (**PE: Protective Environment**) (184, Humphreys, 2004; 327, Thio et al, 2000). Según guías CDC (2003) (105, CDC, 2003) las estrategias de control de la infección y controles de ingeniería, cuando están consistentemente implantadas, son efectivas para prevenir infecciones oportunistas y relacionadas con el ambiente, en enfermos inmunocomprometidos.

En definitiva se definen estos **ambientes en relación con la IAQ de las habitaciones de enfermos ingresados** que requieren cuidados especiales (105, CDC, 2003; Siegel et al, CDC, 2007):

- Habitaciones **Alls** (airborne infection isolation), de aislamiento de procesos transmitidos por el aire.

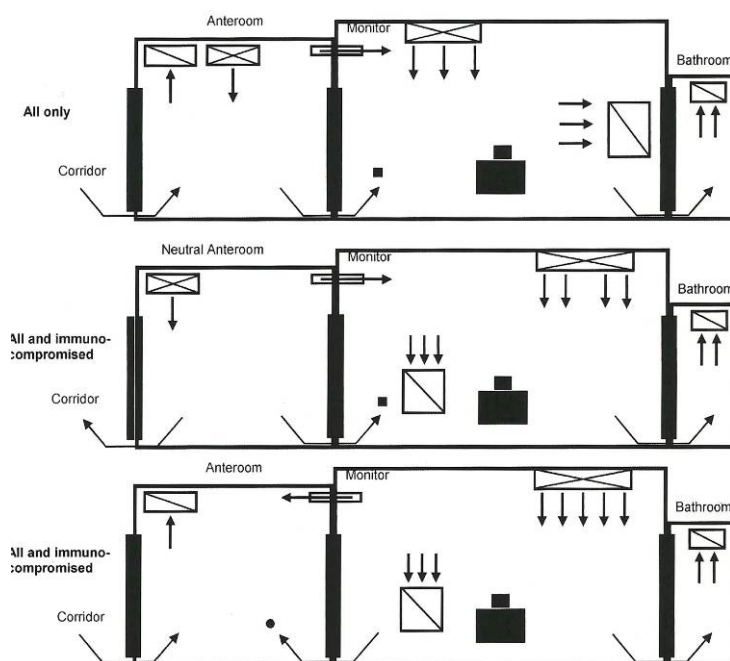


FIGURA III.52. Ejemplo de habitaciones All con anestesia y antesala neutral.

- Habitaciones con **PE** (protective environment), en salas de inmunodeprimidos (como TAMO y trasplantes de órganos sólidos) y ORs (operating rooms, quirófanos); en estos ambientes lo apropiado es el uso adecuado de la desinfección, el mantenimiento adecuado del equipamiento médico que emplea agua (por ej., procesadores automáticos de endoscopios y equipos de hidroterapia), seguir estándares de calidad del agua de hemodiálisis, y los estándares de ventilación, tema de este trabajo.

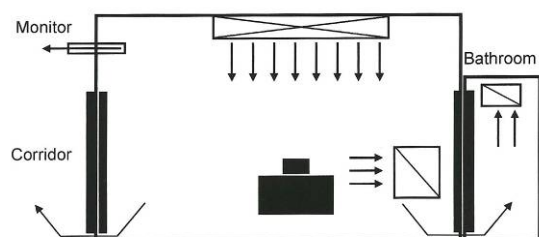


FIGURA III.53. Ejemplo de habitación PE con control de presión positiva.

El arquitecto Flórez (156, Flórez, 1978b) establecía en este tipo de ambientes las siguientes **circulaciones** separativas, en términos generales, aún matizando los casos especiales:

- Circulación de personal técnico: esclusas.
- Circulación de visitas: contacto visual y auditivo familiar-enfermo.
- Circulación de material limpio desde los depósitos de material.
- Circulación de material sucio.
- Traslado de los pacientes a otras unidades para exploraciones y tratamientos especiales.
- Discreta evacuación de fallecidos.

Además se trata de ofrecer las adecuadas soluciones sobre monitorización y procesamiento de datos de los enfermos, sobre instalaciones (electricidad, gases medicinales, etc.) y materiales de acabados.

En lo que aquí respecta, -las condiciones del aire interior y la prevención de la contaminación microbiana- se hará mención del aire acondicionado, de forma más detallada, más adelante.

Se anotan una serie de recomendaciones sobre los acabados. En cuanto a los pavimentos se ha de preferir el pavimento sin junta y sin puntos de discontinuidad, haciendo acuerdos redondeados con las paredes. Debe de ser antiestático. Los pavimentos de plástico de gran calidad, base fuerte (terrazo), con juntas soladas, suelen ser aceptables en cuanto a limpieza, asepsia y silencio, aunque tienen no muy alta resistencia al tráfico pesado, como el de la radiología móvil. Las paredes deben tener redondeados los encuentros y deben resistir bien los productos desinfectantes. El techo debe de ser hermético, lo cual resulta más fácil con el uso de escayola, aunque al cabo del tiempo tiende a formar fisuras, para lo cual se recomiendan ciertos revestimientos que refuerzan la superficie y hace más fácil el lavado. Las puertas y ventanas deben proyectarse en perfiles planos sin resquicios, en acero inoxidable o al menos de aluminio con anodizados superiores a 16µm.

III.3.B. RECOMENDACIONES Y NORMAS APLICABLES A LOS HOSPITALES.

1. DOCUMENTOS DE BASE HIGIÉNICO-SANITARIA.

Son varias las agencias internacionalmente reconocidas en la emisión de guías y recomendaciones de prevención de infecciones y de higiene en el medio hospitalario en orden a la protección de los pacientes. A continuación se citan las aportaciones más destacadas, independientes de la aplicación de las normas más genéricas y otras más específicas, como la Norma 14644, sobre salas blancas, y la Norma 100713, sobre acondicionamiento en hospitales, ya mencionadas. De los contenidos de estas últimas se dará cuenta más adelante.

1.1. CDC Y US DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES (ESTADOS UNIDOS).

Entre los documentos más importantes tenemos que señalar: “Guideline for isolation precautions in hospitals” (1983) (165, Garner y Simmonds, 1983); “Guidelines for Preventing the transmission of Mycobacterium tuberculosis in health care facilities” (1994) (103, CDC, 1994); “Guidelines for prevention of SSI”, sobre monitorización microbiológica del aire; “Guidelines for preventing opportunistic infections among hematopoietic stem cell transplant recipients” (2000) (104, CDC, 2000); “Guidelines for Preventing Health Care Associated Pneumonia” (2003) (106, CDC 2004); “Guideline for Preventing Transmission of Mycobacterium Tuberculosis in Health-Care Settings” (2005) (107, CDC, 2005); “Guidelines for Environmental Infection Control in Health Care Facilities” (2003) (105, CDC, 2003; 306, Schulster et al, 2003); que se basa en aportaciones de la AIA, AAMI, ASHRAE, FDA, EPA y OSHA, y “Guideline for Isolation Precautions: Preventing Transmission of Infectious Agents in Healthcare Settings” (2007) (314, Siegel et al, 2007).

1.2. APIC RECOMMENDATIONS (ESTADOS UNIDOS).

Hay que mencionar "The role of infection control during construction in health care facilities". (40, *AJIC*, 1999).

1.3. GUÍAS CANADIENSES.

En **Canadá**, "Canada Environmental Health Directorate: Exposure Guidelines for Residential", Santé Canada. 1995: "Guide technique pour l'évaluation de la qualité de l'air ans les immeubles á bureaux", Health Canada/Division of Nosocomial and Occupational Infections. 1999: "Construction-related Nosocomial Infections for Hospitalized Patients: Decreasing the Risk of Aspergillus, Legionella and Other Infections", "Santé Canada. 2004: Contamination fongique dans les immeubles publics: Effets sur la santé et méthodes d'évaluation".

1.4. GUÍAS SANITARIAS EUROPEAS.

En los **países nórdicos**, "Best Practice in Design and Testing of Isolation Rooms in Nordic Hospitals" (293, *Rydock et al*, 2005), que se ocupa de habitaciones que requieren aislamiento con presión negativa. Aprobado por la Norwegian work environment regulation 1322, 2004, la Swedish Association for Hospital Hygiene, 2003 y el Statens Serum Institut (Denmark), 2003.

En **Francia**, "Nosocomial infections and air filtration in operating theatre suites" (2005) (133, *Dorchies*, 2005); CLIN. France 2003: "Surveillance de la qualité de l'air au bloc opératoire"; CLIN. France. 1999: "Recommandations pour les contrôles d'environnement dans les établissements de santé"; Guide UNICLIMA 1995: "Traitement de l'air en milieu hospitalier"; SFHH: "Recommandations d'experts-La qualité de l'air au bloc opératoire" (2004); AFNOR: Norme NF S 90-351-2003: "Etablissements de santé. Salles propres et environnements maîtrisés apparentés-Exigences relatives pour la maîtrise de la contamination aéroportée"; DGS/DHOS, CTIN. 2002: "Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé" (sobre

muestreos ambientales microbianos); SFHH/ANAES/Institut Pasteur 2000: "Conférence de consensus : Prévention du risque aspergillaire chez les patients immunodéprimés".

En el **Reino Unido**, "Ventilation in healthcare premises" (1998) (244, *NHS*, 1988) y "Microbiological Commissioning and monitoring of operating theatres suites" (2005) de la Hospital Infection Society (UK), sobre muestreo ambiental microbiano en quirófanos.

1.5. GUÍAS SANITARIAS DE OTROS PAÍSES.

En **Australia**, "Guidelines for the classification and design of isolation rooms in health care facilities". (Victoria, 1999) (127, *Depart of Human Services*, 1999) y "Building and refurbishment: infection control guidelines" (Queensland, 2002) (269, *Queensland Health*, 2002).

En **Japón**, "New Guideline for planning/design of patients bedroom for infectious diseases" (2003) (360, *Working Committee*, 2003).

En **Brasil**, la Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), "Tratamento de Ar em Unidades Médicos-assistenciais". (1982) (57, *Associação Brasileira*, 1982).

1.6. GUÍAS SANITARIAS EN ESPAÑA.

La **Sociedad Española de Medicina Preventiva, Salud Pública e Higiene** emitió recomendaciones sobre vigilancia microbiológica del aire de las áreas críticas hospitalarias (2000) en condiciones de normalidad (175, *Grupo de Trabajo de la SEMPSPH*, 1999), y en obras (176, *Grupo de Trabajo de la SEMPSPH*, 2000).

El **Servicio Vasco de Salud**, "Recomendaciones para la minimización de los riesgos microbiológicos asociados a las infraestructuras hospitalarias" (1999) (130, *Osakidetza*, 1999).

2. CRITERIOS SOBRE LA PUREZA DEL AIRE DE ÁREAS LIMPIAS.

2.1. CRITERIOS DE LA NORMA UNE EN 14644.

Los criterios sobre **salas** y **zonas limpias** o **blancas** no son de aplicación general en todos los espacios, sino solamente en aquéllos que requieren unas exigencias especiales de pureza del aire. Estos espacios no son necesariamente sanitarios, pero los criterios pueden ser extrapolados o aplicados a áreas concretas situadas en los hospitales, aunque sean desde proyecciones muy restringidas y, por lo tanto, merecen mención en esta investigación. La norma que rige los principios, métodos y aplicaciones es la Norma UNE EN ISO 14644 (18, AENOR, 1999).

Esta norma define dos clases de ámbitos espaciales, las salas blancas y las zonas blancas. Establece que una **sala limpia** o **sala blanca** es un local, o sea, una habitación, sala o recinto y una **zona limpia** es “un espacio” o sea una ubicación delimitada que no tiene porqué alcanzar aquella dimensión. Por lo demás en ambos casos el concepto es coincidente, y se extiende en “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 o de la zona) sea la menor posible y en la que además se pueden controlar otros parámetros importantes como: temperatura, humedad y presión” (18 AENOR 1999).

En las salas limpias y sus locales anexos se controla la contaminación por partículas transportadas por el aire, de hasta un tamaño determinado, para garantizar no sobrepasar un grado de contaminación.

El elemento clave son las **partículas**, las partes sólidas o líquidas que, flotando en el aire, permiten una clasificación de la limpieza del aire, y se estima tanto su tamaño como su concentración. Se define **tamaño de partícula** como el diámetro de una esfera, que es equivalente al tamaño de partículas medidas con un dispositivo de medición. La Norma Internacional ISO 14644 se limita a un determinado espectro del tamaño de partículas

considerado para determinar los límites de la concentración de partículas, de entre 0,1µm y 5µm. Denomina la Norma **partículas ultrafinas** a las que tienen un diámetro equivalente inferior a 0,1µm, y **macropartículas** a las que le tienen superior a 5µm. La **concentración de partículas**, el otro elemento definidor, es el número de partículas individuales por unidad de volumen de aire.

Las concentraciones de partículas ultrafinas (partículas <0,1µm) y de macropartículas (partículas >5µm) pueden cuantificarse mediante la utilización de descriptores U o M. El **descriptor U** es la concentración de partículas medida o especificada por metro cúbico de aire, incluyendo las partículas ultrafinas. El **descriptor M** es la concentración de macropartículas medida o fijada por metro cúbico de aire, expresada en forma de un diámetro equivalente que es característico del método de medición utilizado.

Condiciones de funcionamiento. La limpieza de partículas del aire en una sala limpia o en las zonas anexas ha de estar definida para una o más de las tres condiciones de funcionamiento: “dispuesta para funcionar”, “funcionamiento en vacío” o “funcionando”. **Dispuesta para funcionar** es la condición en la cual la instalación está completa y funcionando pero sin dispositivos de producción, materiales o personas. **Funcionamiento en vacío** es la condición en la cual la instalación está completa con los dispositivos de producción instalados según acordado entre cliente y suministrador, pero sin personas presentes. **Funcionando** es la condición en la que la instalación está trabajando de acuerdo con lo especificado, incluyendo el personal necesario.

El número mínimo de puntos de tomas de muestras (18, AENOR, 2000) es:

$$N_l = A^{-2}$$

La fijación del caudal de las muestras es:

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

Donde:

- V_s es el caudal mínimo de aire
- $C_{n,m}$ es el límite de clase (número de partículas por m³ de aire) para el mayor tamaño de partícula considerada.
- 20 es el número de partículas que puede ser contado con la conservación del límite de clase.

Clasificación de las salas. El contenido máximo de partículas de unos determinados diámetros sirve para la clasificación de las salas.

El límite de la presencia de partículas contenidas en el aire se ha de denominar con un número de clasificación N . El valor máximo de la concentración de partículas C_n para cada tamaño de partículas considerada D , se determina por la siguiente ecuación:

$$C_n = 10^N \times \left(\frac{0,1}{D} \right)^{2,08}$$

Donde:

- C_n es el valor máximo de la concentración de partículas, por metro cúbico de aire, contenidas en el aire que son iguales o mayores que el tamaño de partículas considerado. C_n está redondeado al próximo número entero, utilizando no más de tres números válidos.
- N es el número de clasificación ISO, el cual no puede exceder del número 9. Números de clasificación ISO intermedios pueden ser determinados con 0,1 como menor incremento de N .
- D es el tamaño de partícula considerado en micrómetros.
- 0,1 es el valor de una constante dada en micrómetros.

La TABLA III.10 representa las clases de limpieza y la concentración de partículas contenidas en el aire, que son igual o mayor que el tamaño de partícula considerado. En caso de controversia, se utiliza el valor de la concentración C_n obtenida en la ecuación anterior como valor estándar.

TABLA III.10. Clasificación ISO según la concentración de partículas.

NÚMERO DE CLASIFICACIÓN N de ISO	VALOR MÁXIMO DE LA CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS (partículas/m ³ de aire) IGUAL O MAYOR A LOS TAMAÑOS INDICADOS EN EL CUADRO INFERIOR.					
	0,1µm	0,2µm	0,3µm	0,5µm	1µm	5µm
Clase ISO 1	10	2	-	-	-	-
Clase ISO 2	100	24	10	4	-	-
Clase ISO 3	1000	237	102	35	8	-
Clase ISO 4	10000	2370	1020	352	83	-
Clase ISO 5	100000	23700	10200	3520	832	29
Clase ISO 6	1000000	237000	102000	35200	8320	293
Clase ISO 7	-	-	-	352000	83200	2930
Clase ISO 8	-	-	-	3520000	832000	29300
Clase ISO 9	-	-	-	35200000	8320000	293000

NOTA-Inseguridades relacionadas con el proceso de medición requieren que en la información de la concentración no se utilicen más de tres cifras para determinar el nivel de la clasificación.

2.2. OTROS CRITERIOS SOBRE LA PUREZA DEL AIRE INTERIOR.

El contenido máximo de partículas de unos determinados diámetros sirve para clasificar las salas. La norma Federal Std. 209E clasificaba las salas en 14 “clases” denominadas de M1 a M7, con escalas intermedias. Es sustituida por la norma UNE EN ISO 14644-1, en 9 “números de clasificación N de ISO”. La France AFNOR NF X 44-101-1981 escalonaba 3 niveles y la Guía de la Industria Farmacéutica de la Unión Europea, BFP 1989, 4 niveles (A, B, C y D).

También se han planteado algunas consideraciones en referencia la carga (peso) por metro cúbico de aire (252, Pastor, *www*), remitiéndose a un Consenso del Grupo de Trabajo de la OMS, sobre contaminantes relevantes en el aire interior; para partículas dan estas valoraciones:

TABLA III.11. Concentración de partículas por m³ en peso.

CONCENTRACIONES POR M ³	MILGRAMOS	MICROGRAMOS
detectadas	0,05-0,07	50-70
de relevancia limitada	<0,1	<100
relevantes	>0,15	>150

Teniendo en cuenta estas y otras referencias, se estima que se puede clasificar la calidad del aire interior en función de las partículas contenidas de esta manera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (252, *Pastor.www*):

- IDA 1 <20
- IDA 2 20-100
- IDA 3 100-150
- IDA 4 >150

En la Guía para el establecimiento de criterios de calidad de aire en el ambiente interior, de la Norma ANSI/ASHRAE 62/2001 (49 ASHRAE 2001) se acepta que 1/10 de TLV (equivalente a los VLA del INSHT) no debería producir quejas en los habitantes de medios no industriales; aceptando esto se podrían admitir niveles de partículas de $1000\mu\text{g}/\text{m}^3$ para la fracción inhalable, y de 300 para la respirable (equivalente a PM10).

2.3. CRITERIOS Y CONTROLES MICROBIOLÓGICOS.

De entre todos los microorganismos en las zonas críticas hospitalarias merecen especial atención los **hongos**, que son microorganismos eucariotas no fotosintéticos. Se dividen en tres grandes grupos: filamentosos (*Aspergillus*), levaduras (*Candida*, *Rhodotorula*) y setas.

Control microbiológico del aire interior: El control microbiológico aéreo (122, *Cruceta, 2005*) se hará por el método de impacto sobre medio sólido, sobre placa de Petri o de Rodac. Para mohos y levaduras con medio de

cultivo de Agar Rosa de Bengala o Agar Sabouraud dextrosa-cloranfenicol. Para flora total aerobia mesófila con medio de agar base TSA+lecitina+Tween. Se toman 500l de caudal, a un ritmo de 0,5 a 1,5l/s. Se toma en la rejilla de impulsión a 50cm y en el centro del quirófano, a 1m de altura sobre el suelo. Dos muestras por punto. En otros apartados de este mismo trabajo (véase estudio experimental) se abunda en esta metodología, habiendo sintetizado en el precitado párrafo otras exposiciones más detalladas.

Por otra parte, según los CDC (105, CDC 2003) “el muestreo de rutina ambiental no es aconsejado, salvo en las escasas ocasiones en que sea dirigido por principios epidemiológicos y esté originado por decisiones directas de control epidemiológico”. Se refiere a búsquedas inespecíficas, no orientado hacia áreas ni microorganismos determinados, como los aquí especificados.

3. CRITERIOS PARA HOSPITALES.

En los hospitales, junto al necesario mantenimiento del clima ambiental, uno de los cometidos especiales específicos de la instalación de acondicionamiento de aire es la reducción del contenido de la concentración de sustancias contaminantes como: microorganismos, polvo, gases narcóticos (anestésicos), desinfectantes, sustancias odoríferas y otras sustancias contenidas en el ambiente. Estas razones hacen imprescindibles allí instalaciones de acondicionamiento de aire. Asimismo, puede resultar necesario realizar un tratamiento térmico del aire interior en diversas dependencias de los mismos, debido a diversas circunstancias, como por ejemplo, el desprendimiento de calor desde aparatos de tecnología médica.

Además se puede requerir una compensación del balance de los caudales de aire entre las diferentes zonas. En términos generales el aire exterior introducido en los locales les mantendrá en sobrepresión con respecto a los locales adyacentes y el exterior. Sin embargo, en las habitaciones donde se encuentran enfermos infectados con agentes que se propagan a distancia por el aire la situación es inversa. El aire se introducirá filtrado y tratado térmicamente antes de su entrada a las salas. Se tendrá en cuenta su posible

contaminación y el tipo de recinto para seleccionar el nivel de filtrado a aplicar y su entalpía para la posible utilización como fuente de energía gratuita. La posible existencia de diversas calidades de aire, tanto térmicas como contaminantes, en el entorno del edificio, hace necesaria la correcta ubicación de las tomas del aire exterior, teniendo en cuenta los vientos dominantes y las zonas diferenciadas según insolación y contaminación.

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) en su apartado IT 1.1.4.2.2 categoriza la calidad del aire en el interior (IDA) de un hospital como IDA 1, aire de óptima calidad (284, "RITE + normas...", 2008).

El mismo reglamento establece en el apartado IT 1.1.4.2.3 que para el caudal mínimo del aire exterior de ventilación son válidos los valores de la **Norma UNE 100713:2005** (14, AENOR, 2005). Esta Norma contiene los requisitos que deben cumplir las instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales y otros edificios con actividades similares. No contempla los locales de los sectores administrativos y de servicios, así como otros locales no típicos de hospitales o clínicas. Clasifica en dos grupos los locales del hospital según las exigencias higiénicas respecto a la existencia de gérmenes en el aire impulsado y calidad del aire:

- **Locales de Clase I:** con exigencias muy elevadas.
- **Locales de Clase II:** con exigencias más habituales.
- **Otras áreas:** no se consideran de riesgo (oficinas, lencería, vestuarios, cafetería, etc.), como hacía la versión publicada en 2003.

3.1. FILTRACIÓN DE AIRE.

Hay que tener en cuenta que las partículas vivas (microorganismos) tienen estos tamaños en μm :

- Virus 0,003-0,07
- Bacterias 0,3-30
- Mohos 4-9
- Esporas 10-30
- Polen 10-100

Los filtros comunes retienen 1-100µm y los de alta eficacia de 0,001-5µm. Para la retención de las impurezas del aire en forma de partículas, incluso biológicas, son necesarios varios niveles de filtración en el sistema de acondicionamiento, según la clase de local a proteger: **dos niveles de filtración** para locales de la **clase II** y **tres niveles** para los de la **clase I**. Los niveles de filtración están constituidos, como mínimo, por las clases de filtros que aparecen en la TABLA III.12 (incluso cuando son necesarios tres). Los niveles de filtración cumplen respectivamente con las normas UNE EN 779 o UNE EN 1822-1, indicando su disposición a lo largo del trayecto de la climatización, (113, Clivegesa, 2007).

TABLA III.12. Niveles de filtración.

NIVEL FILTRACIÓN	CLASE DE FILTRO	NORMA
1º	F 5	UNE EN 779
2º	F 9	UNE EN 779
3º	H13 en general y H14 en quirófanos Tipo A	UNE EN 1822-1

El 1^{er} nivel de filtración debe de ubicarse en la toma de aire exterior, si el conducto tiene una longitud mayor de 10m; en otro caso se debe colocar en la entrada de aire de la central de tratamiento de aire o después de la eventual sección de mezcla; el 2º nivel de filtración debe ponerse después de la unidad de tratamiento de aire y al comienzo del conducto de impulsión, y el 3^{er} nivel de filtración lo más cerca posible del local, o bien, en la proximidad del grupo de locales de un mismo tipo, en el caso de locales de la clase I, en la propia unidad terminal de impulsión de aire.

En la propuesta de Norma UNE 171330-4 (343, Vidal, 2010), sobre ambientes controlados de hospitales, como resultado de la filtración se propone limitar el número de partículas inertes o vivas como expresa la Tabla III.13, según el tipo de sala, denominadas, como antes se ha mencionado, como lo hace ATECYR.

TABLA III.13. Partículas inertes o vivas según la propuesta sobre ambientes controlados.

TIPO DE SALA	CLASIFICACIÓN DEL AMBIENTE	PARTÍCULAS (nivel ISO)	BACTERIAS (UFC/m ³)	HONGOS (UFC/m ³)
H1a – H2a	Muy limpio	6	<10	0
H1b – H2b	Limpio	7	10-20	0
H1c	Limpio	8	10-100	<10 no: Aspergillus, Mucor, Rhizopús, Cladosporium, Scedosporium

3.2. PROCEDENCIA DEL AIRE Y CAUDALES DE AIRE IMPULSADO.

En la norma UNE 100713 AENOR queda también recogido cómo ha de ser la calidad del aire aportado desde el exterior y la proporción de aire exterior que debe de existir dentro del caudal del aire impulsado.

El aire impulsado como mínimo ha de contener un determinado caudal de aire exterior. El caudal de aire impulsado debe ser mayor o igual que el caudal de aire exterior mínimo (para reducir la carga microbiana del aire y/o para conseguir el balance térmico necesario). Cuando la diferencia entre el caudal de aire impulsado obtenido en base a las exigencias térmicas y el caudal mínimo de aire exterior no se pueda compensar por medio de aire recirculado, es necesario aumentar el caudal de aire exterior en la cantidad necesaria.

La utilización de **aire recirculado** está sometida a recelo de carácter higiénico-toxicológico debido a su posible mezcla con gases tóxicos. Aunque no existieran sospechas, puede utilizarse solamente si se cumplen determinadas condiciones. Sólo se puede emplear aire recirculado que proceda del mismo local o de un mismo grupo de locales; decidirá el higienista cuales son los locales que pertenecen a un mismo grupo. El aire recirculado se debe pasar, separado o bien juntamente con el aire exterior, a través de las mismas clases de filtración establecidas para el aire procedente del exterior.

3.3 CIRCULACIÓN DE AIRE ENTRE LOCALES.

Por norma general y por razones higiénicas, la circulación de aire entre locales es admisible únicamente cuando se realiza desde locales con requisitos más elevados, con respecto a la presencia de gérmenes, hacia locales con requisitos menores. Para asegurar esta dirección del flujo del aire se tienen que controlar los caudales impulsados y aspirados (113 Clivegesa, 2007). Las direcciones del flujo de aire que generalmente se requieren en estas circunstancias para los locales del bloque quirúrgico están indicadas en la FIGURA III.54.

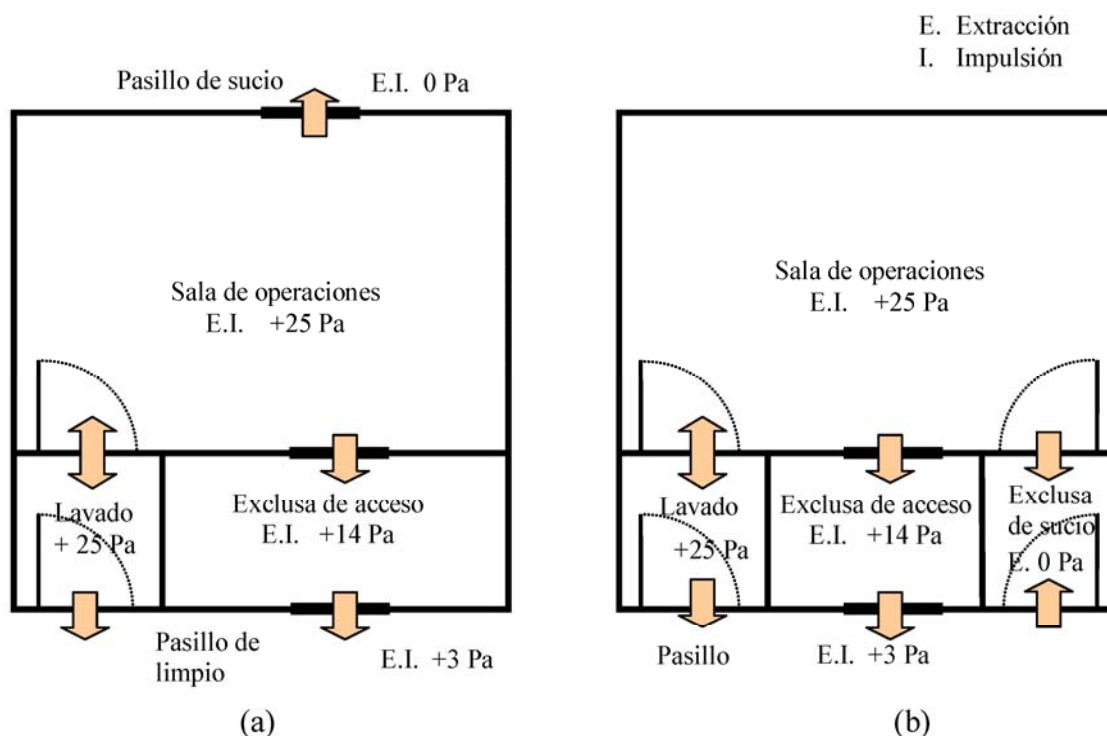


FIGURA III.54. Direccionalidad de aire en el bloque quirúrgico (113 Clivegesa, 2007).

Para los restantes sectores del hospital se procederá de forma análoga. Las instalaciones de acondicionamiento de aire deben asegurar la direccionalidad del aire mediante la regulación de los caudales impulsados y aspirados. Por esta razón (113 Clivegesa, 2007), en un sector cuyo ambiente se pretenda proteger frente al aire del entorno, se debe impulsar un caudal de aire mayor que el caudal de aire extraído. La diferencia de los caudales de aire saldrá al entorno a través de los puntos de fuga existentes, como puertas, esclusas, compuertas etc. Para conseguir esa diferencia de caudales, las

pérdidas en los puntos de fuga deben ser las mínimas, para lo cual se debe de evitar la apertura simultánea de puertas de entrada y salida de las esclusas. Las instalaciones de acondicionamiento de aire son capaces de asegurar una dirección del flujo del aire solamente si los cerramientos del local y las aperturas existentes necesarias para su funcionamiento (puertas, esclusas, compuertas, etc.) tienen fugas pequeñas. Por este motivo, los huecos solo pueden estar abiertos durante periodos de tiempo lo más cortos posibles. En los sectores donde el funcionamiento normal haga frecuente la apertura es necesario disponer de esclusas.

3.4. ESCLUSAS.

Sin esta disposición no es posible lograr una separación eficaz, ni siquiera con la ayuda de una instalación de acondicionamiento de aire. La Norma UNE 100713 recomienda que todos los locales de clase I, quirófanos incluidos, estén separados de las zonas sucias por **esclusas**. Por norma general se deben situar en el paso de locales de clase I y locales de la clase II, entre locales de la clase I y el exterior, y locales de la misma clase I, cuando así lo determine el higienista.

En las esclusas se ha de evitar la apertura simultánea de la puerta de entrada y la de salida (por ejemplo, adoptando puertas automáticas interbloqueadas).

Teniendo en cuenta la posibilidad de un intercambio de aire en contra de las normas higiénicas, la eficacia de esta separación es especialmente importante cuando el sector objeto de protección:

- Dispone de más de un enlace de circulación con respecto al resto del edificio;
- Dentro del ámbito del sector que se deba proteger se encuentre instalada una ventana;
- Existan aberturas hacia huecos del edificio (por ejemplo, compuertas para eliminación de basuras, puertas de ascensores, etc.).

TABLA III.14. Exigencias en la climatización en hospital. Locales TIPO I.

ÁREA DEL HOSPITAL			
GRUPO DE LOCALES	CAUDAL MÍNIMO DE	TEMPERATURA (*8)	HR (*8)
TIPO DE LOCAL	AIRE EXTERIOR (*1)	MÍNIMAY MÁXIMA	%
Área de explotación y tratamiento	<i>m³/(h·m²)</i>	°C	
QUIRÓFANOS			
Quirófanos tipo A y B, incluso accidentes y partos	(apartado 6.6)	22-26	45-55
Pasillos, almacén, material estéril, entrada y salida	15	22-26	45-55
Sala despertar	15	22-26	45-55
Otros locales	15	22-26	45-55
PARTOS			45-55
Paritorios	15	24-26	
ENDOSCOPIAS			
Salas de exploración (artroscopia, toroscopia, etc.)	30	24-26	
ÁREA DE CUIDADOS INTENSIVOS			
MEDICINA INTENSIVA			
Habitaciones para pacientes con riesgo de contraer infecciones	30	24-26	45-55
CUIDADOS ESPECIALES			
Habitaciones con camas	30	24-26	45-55
Sala de urgencias	30	24-26	45-55
ZONA DE SUMINISTRO Y ELIMINACIÓN			
FARMACIA			
Locales estériles	10	24-26	
ESTERILIZACIÓN (*5) (*6)			
Lado limpio después de esterilización, almacén de material limpio	(*7)	24-26	45-55
Otras áreas (Cocinas, lavandería, laboratorios, vestuarios, etc.)	(*9)	(*9)	

TABLA III.15. Exigencias en la climatización en hospital. Locales TIPO II.

ÁREA DEL HOSPITAL			
GRUPO DE LOCALES	CAUDAL MÍNIMO DE AIRE EXTERIOR (*1)	TEMPERATURA (*8) MÍNIMAY MÁXIMA	HR (*8)
TIPO DE LOCAL			
Área de explotación y tratamiento	<i>m³/(h·m²)</i>	°C	%
PARTOS			45-55
Pasillos	10	24-26	
ENDOSCOPIAS			
Salas de exploración (aséptico y séptico)	30	24-26	
Pasillos	10	24-26	
FISIOTERAPIA			
Bañeras, baños de rehabilitación, piscinas	100%	(*3)	
Pasillos	10	(*3)	
OTRAS ÁREAS			
Salas para pequeñas exploraciones	10	22-26	45-55
Sala para despertar fuera del área del quirófano	10	22-26	
Pasillos	10	24-26	
Rayos X	10	24-26	
Salas de exploración	10	24-26	
ÁREA DE CUIDADOS INTENSIVOS			
MEDICINA INTENSIVA			45-55
Habitaciones con camas, incluso eventual antesala	10	24-26	
Para el resto de pacientes	10	24-26	
Sala de urgencias	15	24-26	
Pasillos	10	24-26	
CUIDADOS ESPECIALES			45-55
Habitaciones con camas	10	24-26	
CUIDADOS DE ENFERMOS INFECCIOSOS (*10)			45-55
Habitaciones con camas, incluso eventual antesala	10	24-26	
Otros locales y pasillos	10	24-26	
CUIDADOS PREMATUROS			45-55
Habitaciones con camas	10	24-26	
Pasillos	10	24-26	
CUIDADOS RECIÉN NACIDOS			45-55
Habitaciones con camas	10	24-26	
Pasillos	10	24-26	
OTRAS ÁREAS			
Habitaciones con camas para hospitalización	10	24-26	45-55

TABLA III.15.Continuación.

ÁREA DEL HOSPITAL			
GRUPO DE LOCALES	CAUDAL MÍNIMO DE AIRE EXTERIOR (*1)	TEMPERATURA (*8)	HR (*8)
TIPO DE LOCAL		MÍNIMAY MÁXIMA	%
ÁREA DE EXPLOTACIÓN Y TRATAMIENTO	$m^3/(h \cdot m^2)$	°C	
ZONAS DE SUMINISTRO Y ELIMINACIÓN			
FARMACIA			
Pasillos	10	24-26	
ESTERILIZACIÓN (*5) (*6)			
Parte sucia, parte limpia	(*7)	24-26	
Lado limpio después de esterilización, almacén de material estéril	(*7)	24-26	
Otras áreas (cocina, lavandería, laboratorio, vestuarios, etc.)	(*9)	(*9)	

(*) Notas a las tablas III.14 y III.15

- (*1) En casos puntuales se pueden exigir caudales de aire mayores.
- (*2) Valores que puedan reducirse a criterio del higienista.
- (*3) La temperatura ambiente estará entre 2° y 4°C por encima de la temperatura del agua hasta una temperatura ambiente de 28°C. Por encima de 28°C ambas temperaturas deben ser iguales.
- (*4) Se excluye presión sonora al no ser objeto de este estudio.
- (*5) Si pertenece a una zona de quirófanos se cumplen las mismas condiciones que se exijan para el quirófano.
- (*6) Si se esteriliza con productos químicos, además medidas de extracción de contaminantes.
- (*7) El caudal de aire exterior es una función de la cantidad de substancias contaminantes.
- (*8) El higienista puede fijar otros valores.
- (*9) En otras áreas no propiamente hospitalarias, las instalaciones cumplen y se ajustan a las normas aplicables al lugar (por ej. Norma UNE EN ISO 7730).
- (*10) La extracción de aire se considera como clase I, debiendo de estar el filtro absoluto en la unidad de aspiración de aire de la habitación.

La propuesta Norma UNE 171330-4 (343, Vidal, 2010) determina cumplimentar los siguientes parámetros y métodos de ensayo en las salas de ambiente controlado:

- **Parámetro ambientales:**
 - Clasificación de las salas.
 - Temperatura y humedad relativa, por lo que representan para el confort térmico, para los riesgos derivados de la electricidad estática y para la bioseguridad.
 - Microbiología
 - Ruido

- **Parámetros de instalación:**
 - Presión diferencial.
 - Validación de la colocación del filtro absoluto.
 - mediante contador de partículas.
 - Mediante test DOP.
 - Caudales y renovaciones de aire/hora:
 - mediante balómetro.
 - Mediante anemómetro de aspas/hélice
 - Sentido del flujo del aire.
 - Recuperación de la sala.

El concepto nuevo de **recuperación de la sala** es una medida de tiempo: minutos necesarios para obtener una descontaminación del 90% respecto al pico de polución inicial, en especial respecto a partículas de 0,5 μm . Refleja la eficacia de la difusión del aire en el interior.

Control de la contaminación de los conductos del sistema de climatización: Según la UNE 100012:2005 (15, AENOR, 2005), los límites de contaminación por flora microbiana mesófila en sus superficies interiores se sitúan en 100UFC/25cm², antes o después de la limpieza, pero si es después debe de haberse rebajado, además, un 85%. Después de la desinfección quedarán como límite en 10UFC/25cm². Tal flora en el aire ambiental debe ser menor de 800UFC/m³. También establece valores límite de suciedad depositada en el interior de los conductos. La norma describe las operaciones de higienización y desinfección y los registros técnicos de que debe disponer el proveedor.

III.3.C. CRITERIOS ESPECÍFICOS PARA LAS ÁREAS CRÍTICAS DE LOS HOSPITALES.

1. CRITERIOS GENERALES.

Debido a las diferentes actividades a realizar dentro del hospital, existen distintas exigencias higiénicas en cuanto a la admisibilidad de microbios en el aire que se encuentran en los correspondientes recintos. Existen locales de clase I y II, en los hospitales y otras áreas que no se consideran de riesgo (oficinas, lencería, vestuarios, cafetería, etc.), por lo que no todo el edificio hospitalario precisa de las mismas exigencias de aclimatación, como viene a refrendar la normativa elaborada al efecto. Se hace necesaria una recapitulación simplificada de los espacios con requisitos especiales.

TABLA III.16. Espacios ocupados por pacientes con riesgos especiales.

OCUPACIÓN DEL ESPACIO		TIPO DE RIESGO	TIPO DE PROTECCIÓN AMBIENTAL	ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE	
				PRESIÓN	FILTROS DE AIRE
Pacientes ingresados	Infecciosos vía aérea ("airborne pathogens")	Propagación de infecciones vía aérea.	Habitaciones All ("airborne infection isolation")	Negativa	A la salida, si se recircula el aire.
	Inmunocomprometidos	Adquisición de infecciones desde vía aérea (alto riesgo)	Ambiente protector de HSCT ("Protective environment")	Positiva	A la entrada, de alta eficiencia
	Susceptibilidad mayor de infección	Adquisición de infecciones	Ambiente protector (UVI, oncología, neonatología...)	Positiva, salvo si el paciente está infectado	
Pacientes en curso de operación	Quirófanos alto riesgo	Infección quirúrgica	Protección del quirófano	Positiva	A la entrada, de alta eficiencia
	Quirófanos medio riesgo				

Un ordenamiento de los espacios en relación al aire a proporcionar es el de la normativa propuesta de ambientes controlados (131, Domínguez, 2009). En cualquier caso se refiere a zonas en los que existen riesgos de infección del paciente debidos a su estado; en la TABLA III.17 se expone su graduación.

TABLA III.17. Clasificación de las zonas y tratamiento del aire en el medio hospitalario

ZONA	CLASE	TECNICA
Bajo Riesgo: 2-D	ISO 9	Flujo Turbulento
Riesgo Moderado: 3-C	ISO 8	Flujo Turbulento
Alto Riesgo: 4-B	ISO 7	Flujo Turbulento Techo soplante a baja velocidad
Muy Alto Riesgo: 5-A	ISO 6	Flujo Unidireccional / baja velocidad / Flujo Turbulento

Para mantener unas condiciones ambientales idóneas en el centro sanitario, el aire de climatización debe someterse a diferentes procesos antes de entrar en el interior de los recintos.

La **presión** es un parámetro muy crítico. La sala debe estar en sobrepresión, para que, en caso de romperse la estanqueidad, el aire tenga tendencia en salir al exterior de la sala y no al revés. Sin embargo, otras zonas del hospital (zonas de aislamiento respiratorio) deben estar en presión negativa. En las demás salas críticas los volúmenes de aire de impulsión y extracción deben ser seleccionados para conseguir presiones positivas, de mayor a menor, conforme al grado de exigencia y clasificación de los diferentes locales. En el caso de los quirófanos el caudal de aire impulsión debe ser superior un 15% sobre el de extracción. En los quirófanos las instalaciones de acondicionamiento del aire deben responder a limitar el número de microorganismos en el aire, a asegurar el sentido de la circulación del aire entre diferentes locales, a eliminar la presencia de gases residuales de la anestesia (un riesgo peculiar de esas salas) y a mantener determinadas condiciones termohigrométricas.

En los locales clase I de la UNE 100713 (quirófanos, paritorios,...) la climatización también debe funcionar fuera de las horas de servicio, con sobrepresión. Si no hay un 3^{er} nivel de filtración terminal la velocidad mínima será de 2m/s. Si se para la instalación, todos los huecos de comunicación se han de cerrar, para evitar recirculaciones entre el sistema de impulsión y de retorno. Debe haber un sistema de detección de fallos, como el caso del fallo del ventilador de impulsión. Se deben separar por esclusas de los recintos anexos, que no deben permitir la apertura simultánea de las dos puertas.

No deben existir cortocircuitos entre aire limpio y sucio. Incluso se debe garantizar el cierre con la instalación parada, empleando compuertas de cierre, que son necesarias en:

- Instalaciones en locales de diferente clase.
- Instalaciones de varias plantas
- Límites de zonas donde debe asegurarse una separación.
- Conductos de áreas con diferentes requisitos higiénicos.
- Cuando la unidad de tratamiento de aire es compartida se deberán colocar delante de cada 3^{er} nivel de filtración, para garantizar el mantenimiento.

La **unidad climatizadora**, que sirve para preparar el aire, debe ser única para cada área crítica, consiguiendo que las operaciones de mantenimiento sean sencillas e individuales, sin dejar sin servicio, en caso de avería, a áreas próximas. Debe estar próxima a las áreas a tratar para acortar lo más posible las conducciones. Para su fabricación se tendrá en cuenta la norma UNE EN 1886 (7, AENOR, 1999) en lo que hace referencia a estanqueidad y puentes térmicos, elevadas exigencias higiénicas de acabado interior y elementos internos en acero inoxidable, además de fácil acceso para la limpieza, mantenimiento y desinfección. Se compone en términos generales de estas secciones:

- **Toma de aire exterior.** Correctamente situadas y alejadas de fuentes de contaminación. Si es para bloque quirúrgico, se tomará todo el aire del exterior si se han de eliminar completamente restos de gases anestésicos.

- **Prefiltro.**
- **Baterías de frío y calor.** Las baterías de intercambio térmico son dos, colocadas en serie, primero la de frío (para refrigeración) y luego la de calor (para calefacción), además de poder realizar con ambas la deshumidificación, si es necesaria. Las baterías de refrigeración se deben colocar delante del 2º nivel de filtración. Se instalará un sifón con sello hidráulico, de altura adecuada a la presión de la cámara de aire, mínimo 50mm.
- **Recuperador de calor.** Los recuperadores de energía se situarán entre el 1º y 2º nivel de filtración, existiendo dos tipos:
 - Sin que sea posible la transmisión de partículas y otros contaminantes entre aire extraído y aire impulsado (recuperadores de calor aire-agua con baterías).
 - En los que sí es posible esa transmisión (recuperadores de calor estático o rotativo).
- **Humectador.** La humedad además de dar confort, es necesaria para eliminar cargas electrostáticas. Se hace con vapor. Será al menos del 30% y más alta en áreas críticas. Se dispondrá delante del 2º nivel de filtración.
- **Ventilador impulsión.** Se recomienda que su instalación sea anterior a la batería de filtros, o estén directamente acoplados a motores dotados de VFD (convertidores de frecuencia). Se prefiere usar ventiladores del tipo de palas a reacción porque tienen un funcionamiento más estable y son de gran rendimiento a velocidad reducida. Deben ser seleccionados para vencer una gran presión dada la resistencia de los filtros y colocarse entre el 1º y 2º nivel de filtración.
- **Silenciador**
- **Filtros de alta eficacia.**

Para conseguir una eficiencia energética en el mayor grado posible, se plantea la reducción del caudal de aire en ciertos espacios en período de no ocupación, siempre que se respeten las condiciones de presión respecto a espacios anexos.

1.1. FILTRACIÓN DEL AIRE.

La **filtración**, para eliminar partículas suspendidas en el aire, se dispone de forma escalonada en tres niveles:

- **1^{er} nivel-prefiltración.** Dentro de la unidad climatizadora, pero cerca de la toma de aire exterior. Son filtros de partículas, también llamados filtros planos, de eficacia del 25% y velocidad media de paso de 1,5-3m/s. Para proteger la misma unidad de la contaminación exterior.
- **2^o nivel-filtros de bolsas o de alta eficacia.** Situados al comienzo del conducto de impulsión del aire. De eficacia del 90% y velocidad media de paso de 0,3-0,5m/s. Son considerados de eficacia media (igual que los del 1^{er} nivel) según el test gravimétrico (ASHRAE Standard 52-76), o mínimo F9 según UNE EN 779.
- **3^{er} nivel-filtración absoluta o filtros HEPA.** Mínimo H13 según UNE EN 1822-1 (8, AENOR, 1999) En los difusores de impulsión. Eficacia del 99,97-99,99% para partículas de 0,3 micras, con una velocidad de paso media de 0,03-0,05m/s.

Se tiene que documentar cada una de las unidades filtrantes y sus características: clase de filtro, tipo de material filtrante, caudal de aire nominal, pérdida de carga inicial, pérdida de carga final y fecha del último cambio de filtro. En los filtros absolutos se ha de verificar la ausencia de fugas, tanto a través de su conjunto como a través de la junta de estanqueidad.

Los **conductos de aire** deben ser de paredes lisas con una rugosidad máxima de 0,3 μ m (por ejemplo, de chapa galvanizada), resistentes a la abrasión, lo más cortos posibles, con registros de inspección (ver norma UNE ENV 12097) (6, AENOR, 1998). Si son flexibles, su longitud no debe superar 2m y las curvas deben tener un radio mínimo 1,5 veces el diámetro del tubo. No está permitido usar cámaras de aire o falsos techos como conductos de

climatización. Por lo tanto, en los quirófanos, los **conductos**, tanto de impulsión como de extracción, solo serán de materiales metálicos, de paredes interiores lisas y de fácil limpieza, tal que de chapas de acero galvanizado. Trampillas de registro para inspección y limpieza.

Las **unidades terminales de impulsión** del aire han de ser de fácil acceso y han de poder ser desmontables para su limpieza y desinfección, sin que permitan modificar el caudal del aire.

La **difusión del aire en la sala** supone su distribución en toda la zona tratada, evitando la existencia de “zonas muertas” y cortocircuitos. Los modelos son:

- **Flujo turbulento.** El aire entra por uno o varios puntos y se diluye entre el aire antes existente.
- **Flujo laminar.** Para condiciones estrictas. El difusor suele estar en el techo y a partir de ahí el aire impulsado desplaza el aire interior hacia las rejillas de retorno, situadas en la parte inferior de la sala, por un efecto pistón. Necesita mover enormes cantidades de aire y un cerramiento completo de la sala.

El local donde estén los equipos de climatización no debe ser compartido con otro uso.

1.2. EQUIPO DE EXTRACCIÓN.

Consta de silenciador, filtros y ventilador de extracción. Las tomas del aire de extracción han de ser de fácil acceso, para su limpieza. El borde inferior de ellas debe estar a pocos centímetros del suelo.

Los equipos, unidades y sus componentes de las instalaciones de aire acondicionado, deben ser concebidos de forma que sean fácilmente accesibles para su mantenimiento. El local donde estén los equipos de climatización no debe ser compartido con otro uso.

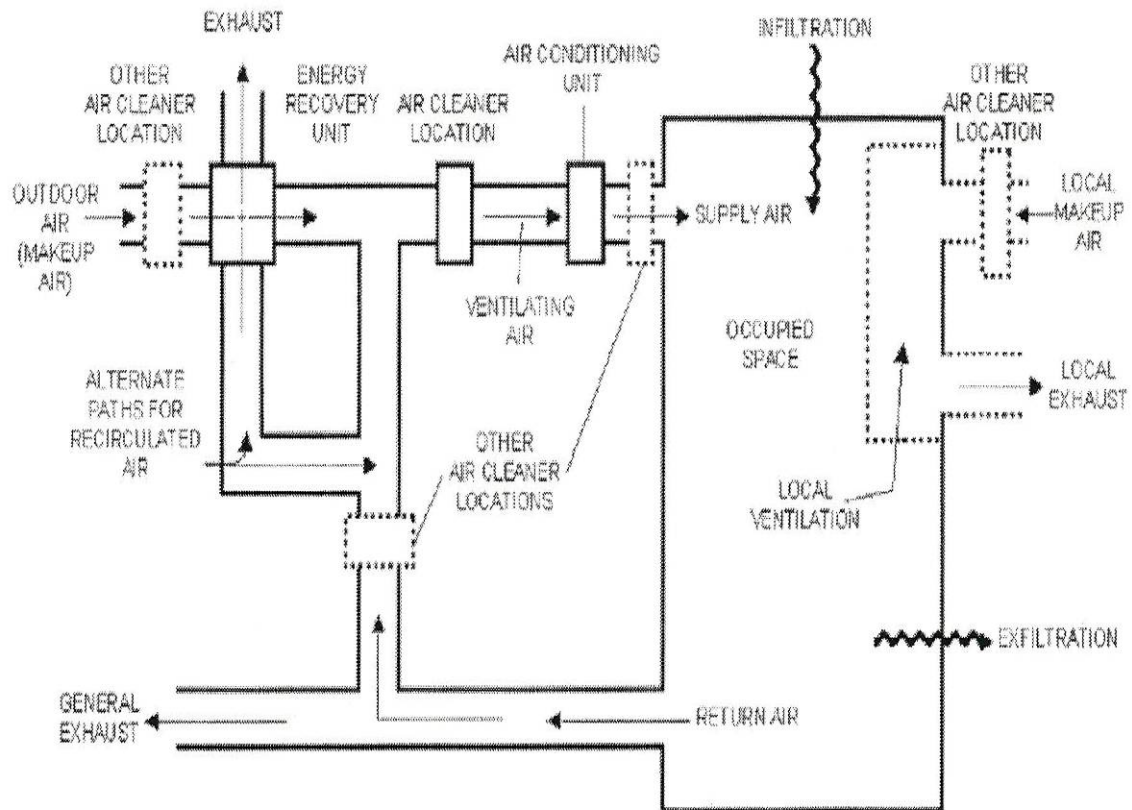


Figura III.55. Esquema de la toma de aire de UTA (51, ASHRAE, 2003).

La recirculación entre locales distintos se hará tomando como origen los locales de requisitos más elevados respecto a la presencia de gérmenes, hacia los locales con menores requisitos. Para asegurar que la dirección del flujo del aire sea así se tienen que controlar los caudales impulsados y aspirados, para que no entren los gérmenes del entorno, y debemos meter un caudal de aire superior al extraído, de forma que la diferencia entre los dos caudales se disipe por los puntos de fuga (puertas, esclusas, etc.), y para conseguir esa diferencia de caudales, las pérdidas en los puntos de fuga deben ser las mínimas. Por ello se debe de evitar la apertura simultánea de puertas de entrada y salida de las esclusas que hay que situar en el paso de locales de clase I y II y entre clase I y exterior.

2. HABITACIONES DE PACIENTES INGRESADOS.

En la guía de aislamiento y precauciones del CDC (2007) (314, Siegel et al, 2007) se describen los diferentes mecanismos de transmisión de infecciones dentro de las instituciones hospitalarias, por contacto (directo e indirecto), por gotitas o por el aire. El documento, a la vez que entiende en temas emergentes concernientes a la transmisión por el aire de los agentes microbianos, bien a partir de pacientes o a partir del medio, considera otras fuentes de infección. En unos y otros mecanismos el aire interior cobra diferente importancia. En cuanto a la transmisión aérea distingue la vehiculada **por gotas** de la que lo es por **pequeñas partículas** (denominada propiamente **aérea**).

En la **transmitida por gotas**, estando los microbios contenidos en partículas de 5 ó más μm , el área de propagación es muy reducida, limitada a la proximidad del enfermo infectante (un radio de 1 metro). Como las gotitas no se transmiten a larga distancia, no implica un especial manejo de los sistemas de ventilación. Sería preferible que el paciente estuviese en una habitación individual, aunque con cierto control la puede compartir con otro paciente y, en este caso, se trataría de mantener una distancia de al menos tres pies (1 metro) y colocar cortinas de separación entre las camas de los enfermos, además de usar mascarillas el personal sanitario.

Sin embargo, en la segunda modalidad, la de **los microorganismos propagados como finas partículas**, de menos de $5\mu\text{m}$, éstos pueden propagarse a gran distancia, influyendo en su diseminación las corrientes de aire. En este caso, en la prevención de la infección cuenta el especial manejo del aire y sus sistemas de acondicionamiento. Incluye la ubicación del enfermo infectado dentro de habitaciones especiales (**AIIRs: Airborne Infective Isolation Rooms**, habitaciones de aislamiento respiratorio), además de otras medidas, como el uso de protecciones respiratorias.

Algunos microorganismos, aparte su potencial diseminación a larga distancia, son muy ubicuos en el medio (por ejemplo, los contenidos en el polvo de obras) y siendo allí persistentes ni siquiera su origen se puede relacionar

con determinados pacientes previamente infectados. Estos otros microbios no comportan un riesgo especial para personas que tengan sus defensas inmunitarias en una situación de normalidad, pero sí son capaces de invadir y afectar a quienes tienen un estado extraordinariamente deficiente de las mismas (inmunodeficientes). Las esporas de **hongos Aspergillus** constituyen el caso más típico de agentes que tienen el comportamiento descrito. De lo que deriva la necesidad de situar a los pacientes que pueden ser víctimas de ellos en ambientes protegidos frente a este tipo de riesgo.

Otro mecanismo de transmisión a distancia es el de los agentes procedentes de la fuente común formada por un medio líquido y propagados por aerosoles acuosos por las diferentes instalaciones del edificio, que puede ser un hospital, singular situación propia de la transmisión de **Legionella**.

Excluido este caso peculiar, que se ha de abordar descontaminando la fuente y conducción de agua, de todo lo dicho se deduce que los compromisos medio-ambientales en que hay que contemplar de forma especial las condiciones del aire interior y las características constructivas y el mantenimiento del sistema de ventilación y acondicionamiento del aire, son de dos tipos y además con enfoques contrapuestos:

2.1. PRECAUCIONES ANTE PACIENTES AFECTADOS DE INFECCIONES DE TRANSMISIÓN AÉREA: EL AISLAMIENTO RESPIRATORIO.

Hay que enfatizar que el problema abordar es el inverso al existente en las aquí estudiadas áreas críticas: evitar la diseminación de agentes infecciosos desde las salas correspondientes, y que el sistema de control de la direccionalidad del aire es también inverso, planteando una presión negativa en dichas salas y preocupando el que no atraviesen gérmenes las salidas del aire y no tanto en la entrada de aire acondicionado. La prevención de la diseminación de estas fuentes infecciosas conlleva el diseño **Airborne Infectious Isolation Rooms (AIIRs)** o **habitaciones de aislamiento respiratorio**. En los últimos años la amenaza de epidemias por virus transmisibles por el aire (como los gripales) ha actualizado el debate sobre

esta modalidad. Ante cada tipo de epidemia producida, son las características de los virus causantes las que orienten la decisión sobre su necesidad. En todo caso son agentes que se expanden a larga distancia los que obligan a colocar a los pacientes en tales ubicaciones. Se trata de (36, AIA, 2006) habitaciones de uso personal único, que requieren un especial manejo de la ventilación, creando una presión negativa respecto a los recintos circundantes, monitorizada, con 12 recambios de aire por hora en las nuevas construcciones y en las renovadas y 6 en las ya existentes y siendo el aire directamente eliminado al exterior o, si es recirculado, con filtros HEPA interpuestos antes del retorno. En los sitios donde estas precauciones no se pudieran aplicar, por las limitaciones de la infraestructura, se ubicará al paciente en habitación individual cerrada y el personal, en su presencia, usará la adecuada protección respiratoria.

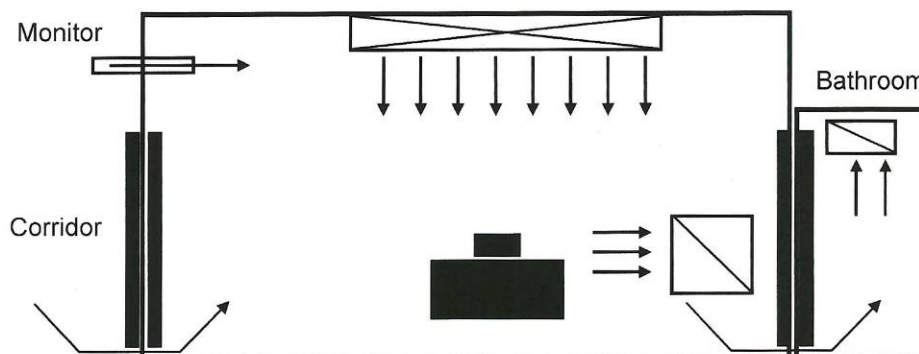


FIGURA III.56. Ejemplo de habitación All con control de presión negativa.

2.2. AMBIENTE PROTECTOR DE ENFERMOS ESPECIALMENTE INMUNODEFICIENTES: “PROTECTIVE ENVIRONMENT”.

Es un caso en cierto sentido inverso al anterior. Denominan los CDC (Centers for Disease Control and Prevention) “**protective environment**” (PE) (314, Siegel et al, 2007) a la protección que requieren los pacientes especialmente susceptibles de ser víctimas de microbios ubicuos que, aún siendo inocuos para la generalidad de las personas, aprovechan la debilitación de las defensas inmunitarias de aquéllos para invadir el organismo. Aquí se

han tipificado de “áreas críticas” a los específicos escenarios donde situar a dichos enfermos, considerando que su control ha de ser especial, en consonancia con los riesgos que corren quienes las ocupan. Esta necesidad se ha descrito en las guías como los requisitos concretos del ambiente protector (105, CDC, 2003; 105, CDC, 2004), y de forma más explícita para el de los pacientes hematológicos a los que se aplica un trasplante alogénico de médula ósea (HSCT en terminología de los CDC) (104, CDC, 2000; 105, CDC, 2003; 106, CDC, 2004; 183, Humphreys, 2002; 327, Thio et al, 2000). El objeto de la protección ambiental es minimizar el número de esporas de hongos “oportunistas”, especialmente *Aspergillus* presentes en el aire y reducir el riesgo de infección por ellos. Un hecho contrastado es el incremento del riesgo de padecer los enfermos inmunodeficientes invasiones por *Aspergillus* (aspergilosis) con motivo de la existencia obras en las cercanías (327, Thio et al, 2000; 248, Padma Srikanth et al, 2006; 242, Murray et al, 1988) motivado por la remoción de los mismos con el polvo, al estar latentes en la tierra.

El entorno protector se describe por los CDC en la “Guideline for Environmental Infection Control”, 2003 (105, CDC, 2003) y ya se mencionaba respecto a los pacientes hematológicos en la “Guideline to Prevent Opportunistic Infections in HSCT Patients” (104, CDC, 2000) y se reitera respecto a infecciones adquiridas vía aérea en la “Guideline for Preventing Health Care Associated Pneumonia”, 2003 (106, CDC, 2004). Las recomendaciones del CDC, de 2003 (105 CDC 2003) se extienden en apartados sobre todas las diversas precauciones a tomar, con diversas partes y varios apéndices, enunciando aquí únicamente los que son de especial interés respecto al ambiente físico protector.

TABLA III.18. Extracto esquemático de las normas sobre PE del CDC (105, CDC, 2003).

<p>Part I:</p> <p>C. <i>Air.</i></p> <p>3. Heating, ventilation and air-conditioning (HVAC): Systems in Health-Care Facilities</p> <p>6. Environmental infection. Control Measures for Special Health-Care Settings</p> <p>7. Other aerosol hazards in health-care facilities</p> <p>F. <i>Environmental sampling</i></p> <p>Air sampling</p>
<p>Part II: Recommendations.</p> <p>C. <i>Air.</i></p> <p>F. <i>Environmental sampling</i></p>
<p>Part IV: Appendices.</p> <p>B. <i>Air.</i></p> <p>La Tabla B.1 señala:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ recambios de aire por hora y tiempo requerido para remover contaminantes ambientales con una eficiencia del 99 y del 99,9%; ▪ muestreo del aire para legionelas contenidas en aerosoles; ▪ cálculo de resultados del muestreo del aire para muestreadores de impacto sobre agar sólido y para “impingers” líquidos, ▪ y especificaciones de ventilación para ámbitos sanitarios <p>La Tabla B.2 contiene requerimientos de ventilación en diversas áreas y se ocupa, entre otros, del movimiento de aire en relación con las áreas adyacentes, del mínimo de cambios de aire del exterior por hora, del mínimo de cambios de aire total por hora, de la humedad relativa y de la temperatura de diseño. Asimismo, de los filtros.</p> <p>E: <i>Information resources</i></p> <p>F: <i>Areas of future research</i></p>

Posteriormente se explica en el apdo. VI-Tabla 4 de la Guía de los CDC de 2007 (314, Siegel et al, 2007) el ambiente protector para HSCT, los graves enfermos hematológicos, manifestando que aún no se disponía de informes publicados sobre la evidencia de beneficios por estas medidas en trasplantados de órganos sólidos o en otro tipo de pacientes inmunocomprometidos (177, Harvey, 1998; 322, Srinivasian et al, 2002). En la Guía, aparte los cuidados higiénicos directos, las medidas ambientales se especifican en los apartados C y E de la Tabla 5, de lo que se señala en extracto:

- En apartado C:
 - Controles ambientales:
 - Entrada de aire filtrado, usando, a la entrada del aire, filtros de partículas de alta eficiencia (HEPA), capaces de detener el 99,97% de las partículas iguales y mayores de $3\mu\text{m}$ de diámetro.
 - Flujo de aire directamente dirigido a la habitación, movilizado sobre el lugar de la cama del paciente de forma cruzada y con salida en lugar opuesto a la entrada (36, AIA, 2006). Las parrillas de salida de aire se orientarán de tal forma que se facilite ese recorrido.
 - Presión positiva relativa del aire de la habitación respecto al corredor adyacente, diferencial de 12,5Pa (36, AIA, 2006).
 - Monitorización diaria de las condiciones con un dispositivo visual o por técnica manual.
 - Para evitar la entrada de aire exterior por otras vías, la habitación permanecerá permanentemente cerrada y de forma automática en todas las puertas.
 - Apropiada construcción de ventanas, puertas y entradas y salidas de aire. Techos lisos, libres de fisuras y grietas bien selladas. Paredes también selladas en las uniones con suelo y techo. Si hay fugas, ha de ser localizada la fuente y hechas las reparaciones necesarias enseguida.
 - Al menos 12 renovaciones de aire por hora (ACH).
 - Disponer de un equipo de ventilación de reserva para la provisión de emergencia de los requerimientos de ventilación de estas áreas y establecer las medidas necesarias e inmediatas para restablecer el sistema de ventilación fijo.
 - Estrategias para minimizar el polvo de las superficies y aplicación de modos de limpieza especiales con tal fin.
 - Señalizar los recintos y accesos de las habitaciones así protegidas.
 - Prohibir plantas/flores frescas o secas y macetas (que pueden contener cepas de *Aspegillus terreus*).

- En apartado E:
 - En los períodos de construcción, restauración u otras actividades generadoras de polvo, para evitar la inhalación de esporas de hongos, además, al enfermo se le colocará una protección respiratoria de alta eficacia (por ej., un respirador N95).

Con lo todo lo cual y las actuaciones de higiene sanitaria que también se describen, se pueden alcanzar unas condiciones asistenciales aceptables, sin recurrir una instalación de flujo laminar, con los inconvenientes que esto conllevaría.

Para pacientes que requieren a la vez precauciones ambientales y aislamiento de fuentes de transmisión de infecciones por aire, se recomienda el uso de antesala para asegurar la relación adecuada del balance del aire y proveer una salida independiente del aire contaminado al exterior, o bien disponer de filtro HEPA en el conducto de salida del aire si el aire ha de ser recirculado. Si no se dispone de tal antesala, se sitúa al paciente en una AIIR y se usan unidades portátiles de ventilación, con filtros industriales de nivel HEPA que consigan la retención de esporas.

3. QUIRÓFANOS.

El aire de los **quirófanos** exige un tratamiento diferenciado y específico de el del resto del hospital (278, *Rey y Ceña, 2006*). Entre otros motivos, lo justifican condiciones especiales de los equipos electromédicos y la climatización y acondicionamiento del entorno, por la influencia que tiene sobre las condiciones higiénicas; el objeto primordial sería la prevención de la infección de la herida quirúrgica (58, *Ayliffe, 1991*).

Para la verificación de quirófanos se dispone, como referencias (113, *Clivegesa, 2007*; 122, *Cruceta, 2005*), de la Circular 6/90 del INSALUD (188, *INSALUD, 1990*), de las Normas UNE 100713:2005 (14, *AENOR, 2005*); UNE 1886:1999: climatizadores de tipo higiénico (7, *AENOR, 1999*); UNE ENV 12097 sobre registros de inspección y limpieza (6, *AENOR, 1998*); UNE EN

1507:2007: nivel de estanqueidad (17, AENOR, 2007). Sobre las salas limpias, la Federal Std 209E, luego substituida por la UNE EN ISO 14644-1 (18, AENOR, 2000). Para la recepción y certificación la normativa que se sigue es la Norma UNE EN 12599:2001 (9, AENOR, 2001)-Ventilación de edificios. Procedimientos de ensayo y métodos de medición para la recepción de los sistemas de ventilación y de climatización instalados. En el proceso de verificación y validación de áreas quirúrgicas también se remite al RITE y sus Instrucciones Técnicas (284, "RITE + normas...", 2008), a las recomendaciones del INSALUD (189, INSALUD, 1996) y a los criterios de los CDC (105, CDC, 2003), a lo que habrá que añadir últimamente la prenorma sobre ambientes controlados.

3.1. CLASIFICACIÓN.

Dentro de la exigencia del RITE (IT 1.1.4.2.2) de que la calidad del aire interior del hospital sea óptima (IDA 1), la Norma UNE 100713 establece que los locales quirúrgicos sean de la **clase I** (14, AENOR, 2005), es decir, con exigencias muy elevadas. Así pues, para mantener unas condiciones ambientales idóneas en el centro sanitario, el aire de climatización debe someterse a diferentes procesos antes de entrar en el interior de los recintos. En la norma se indica cómo ha de ser la calidad del aire aportado desde el exterior, la proporción de aire exterior que debe de existir dentro del caudal del aire impulsado y las características de la recirculación.

No todos los quirófanos tienen las mismas exigencias ambientales (6, AENOR, 1998; 113, Clivegesa, 2007), ya que el riesgo de infección postoperatoria está presente en todos los procedimientos quirúrgicos, pero puede ser mayor en unos que en otros tipos de operaciones. El uso del quirófano plantea unas exigencias relativas a la calidad del aire, al número de renovaciones hora, los tipos de filtros, o la forma de distribución del aire en su interior. Los quirófanos, se han **clasificado** así:

- En la "Guía práctica para el diseño y mantenimiento de la climatización en quirófanos" española se hacía en dos grupos (189, INSALUD, 1996): el

GRUPO I, para cirugía convencional, y GRUPO II, para cirugía especial (trasplante de órganos, cirugía cardíaca, cirugía vascular, neurocirugía...).

- La Norma UNE 100713, en la versión de 2003 los clasificaba, según el sistema de difusión de aire y los niveles máximos admisibles en cuanto a concentración de microorganismos en: a) Tipo A: flujo laminar (trasplante de órganos, operaciones a corazón abierto, prótesis de articulaciones...). b) Tipo B: por mezcla de aire o flujo laminar.
- Luego, en razón de la influencia del sistema de climatización y ventilación en los factores que condicionan el riesgo de infección durante la intervención, pasaron a clasificarse en tres grupos (122, *Cruceta, 2005*):
 - **Tipo A:** Quirófano de cirugía especial o de alta tecnología: trasplante de órganos, cirugía cardíaca, cirugía vascular o con implantes, cirugía ortopédica con prótesis, neurocirugía.
 - **Tipo B:** Quirófanos convencionales: resto de operaciones quirúrgicas convencionales y de urgencias.
 - **Tipo C:** Quirófanos de cirugía ambulatoria y salas de partos.

Conforme a esta clasificación se establecerán las exigencias relativas a la calidad del aire, números de renovaciones hora, tipos de filtros, o la forma de distribución del aire dentro del quirófano.

- El CT 171-SC3-GT 3.4, de AENOR en paralelo al CEN/TC 156 WG 13, les menciona, dentro de las áreas hospitalarias, como tipo H1, que, a su vez, clasifica en H1a, H1b y H1c, según estas adscripciones (343, *Vidal, 2010*):
 - **H1a:** Trasplantes, cirugía cardiovascular, prótesis, neurocirugía, etc.
 - **H1b:** Cirugía convencional y cesáreas (aparte otros ámbitos no quirúrgicos).
 - **H1c:** Radiología intervencionista, exploraciones funcionales vasculares y traumatológicas.

3.2. CONDICIONES GENERALES DE VENTILACIÓN.

Para rebajar las oportunidades de llegada de aire de insuficiente calidad para los quirófanos, éstos deberían estar localizados (113, *Clivegesa, 2007*) lo más alejados de las circulaciones generales, en zona pretendidamente aséptica y de forma que el personal acceda desde un área limpia.

Las **instalaciones de acondicionamiento del aire** en ellos deben de responder a la necesidad de limitar el número de microorganismos en el aire, asegurar el sentido de la circulación del aire entre diferentes locales, eliminar la presencia de gases residuales de la anestesia y mantener determinadas condiciones termohigrométricas.

Lo primero que cabe plantearse es de dónde y cómo realizar la **captación del aire exterior**. Es necesario respetar cierta separación entre los puntos de toma del aire exterior y salidas para la expulsión de aire. Las distancias mínimas de separación entre ambos están en función de la clase de aire contaminado (hay que recordar que existen 5 clases). Es dependiente del caudal del aire contaminado, la velocidad de descarga y un factor de dilución, que depende de la clase del aire contaminado y oscila entre 5 y 50 (278, *Rey y Ceña, 2006*). La distancia mínima se obtiene a través de la siguiente fórmula:

$$d = 0,02 \cdot \sqrt{Q} \cdot \left(\sqrt{f} \pm \frac{V}{2} \right)$$

Donde:

- d es la distancia mínima de separación en m
- Q es el caudal del aire acondicionado en l/s
- V es el velocidad de descarga en m/s
- f es el factor de dilución en función de la clase de aire acondicionado, siendo 5, 10, 15, 20 o 50 respectivamente a la clase de aire efluente contaminado 1, 2, 3, 4 o 5.

También debe haber una distancia mínima entre las tomas del aire exterior y las fuentes de contaminación, como muestran estos ejemplos:

<u>Fuente de contaminación</u>	<u>Distancia mínima (m)</u>
Circulación de vehículos	10
Cubiertas o tejados	2,5
Terreno	2,5

Las tomas de entrada deben protegerse frente a la lluvia con rejas de lamas.

El sistema de climatización de los quirófanos debe reunir estas condiciones:

- Un climatizador por quirófano, con un corto recorrido de la sala de climatizadores al mismo.
- En presión positiva respecto a los recintos adyacentes.
- Tres niveles de filtración.
- Funcionamiento ininterrumpido: en los quirófanos y en todos los locales clase I, en general, la climatización también debe funcionar fuera de las horas de servicio, estando, asimismo, en sobrepresión (si alguno de los otros locales no hay un 3^{er} nivel de filtración terminal la velocidad mínima será de 2m/s).
- Control del estado higiénico de todos los componentes del sistema.
- En los quirófanos de flujo turbulento el aire debe ser 100% exterior.
- Aislamiento acústico del sistema de acondicionamiento.

Según la Norma UNE 100713 (14, AENOR, 2005) la comprobación higiénica incluye la medición de la estanqueidad de las instalaciones de acondicionamiento del aire, la validación de los filtros absolutos por medio del conteo de partículas, la clasificación de la sala por el control microbiológico, y la configuración del paso del aire.

3.3. DIRECCIÓN DEL FLUJO Y PRESIÓN DEL AIRE.

Estos factores ambientales están íntimamente relacionados y persiguen que el aire siempre se dirija desde donde debe estar más puro (la sala quirúrgica y hasta el campo operatorio) hacia donde no se exija esa calidad, y no al revés. La configuración del flujo de aire (113, Clivegesa, 2007) depende:

- a) en lo que respecta a su impulsión, de las condiciones de entrada (ubicación), la sección y geometría de la zona de impulsión, la velocidad y la temperatura del aire impulsado,
- b) respecto al retorno, de la ubicación y de sus características
- c) respecto a las características de la sala, depende de la geometría del local, las fuentes de calor (que generan corrientes secundarias de aire) y los obstáculos planos, que rompen la configuración lineal y provocan remolinos y turbulencias en la distribución de la velocidad.

El control del sentido del flujo del aire requiere establecer una específica relación del **quirófano respecto a las salas adyacentes, anexas y auxiliares**. La presión es el parámetro más crítico, ya que el control se consigue manteniendo un escalonamiento riguroso de **la presión entre las dependencias**, de forma que el movimiento del aire se produzca de la zona más limpia a la menos limpia. Por el contrario, hay que minimizar el movimiento de aire desde las zonas menos limpias a las más limpias. La sobrepresión deseada se consigue sólo si se mantiene la estanqueidad de las salas involucradas. Cuanto mayor sea la sobrepresión mayor estanqueidad se precisa.

Las diferencias de presión entre locales se pueden lograr mediante dos procedimientos:

- Las compuertas de sobrepresión y los estabilizadores de presión que trabajan en un único sentido, permiten que el exceso de aire se dirija en el sentido deseado y ayudan a mantener los diferenciales de presión.
- Controlando la velocidad de giro de los ventiladores de impulsión y extracción y por lo tanto los caudales.

Las rejillas de paso o las holguras bajo puertas correctamente dimensionadas permiten pasar el aire en cualquier dirección entre dos dependencias con los mismos requerimientos de sobrepresión.

La sala quirúrgica ha de estar a mayor presión que los recintos con los que se comunica, para que, en caso de romperse la estanqueidad, el aire tenga tendencia en salir al exterior de la sala y no al revés. Los volúmenes de aire de impulsión y extracción deben ser seleccionados para conseguir presiones positivas, de mayor o menor, conforme al grado de exigencia y clasificación de los diferentes locales. En el caso de los quirófanos el caudal de aire impulsión debe ser superior un 15% sobre el de extracción. La presión del quirófano calculada por diferencia entre caudal de impulsión y de extracción, será de +15 a 20Pa. Y también el resto del bloque quirúrgico se mantendrá sobrepresionado con +3Pa respecto del resto del hospital.

Para conseguir el control de las diferencias de presión se recomienda el uso de **esclusas** de paso en la zona de acceso al bloque quirúrgico, se evitará la presencia de ventanas y se prestará especial atención a la situación y aislamiento de ascensores o montacargas. También se tendrán en cuenta las ventanas de dispensación de farmacia y de instrumental, ropa sucia, evacuación de basura o cualquier otro elemento a comunicar con otros espacios, climatizados o no, del edificio.

Habrán esclusas en las zonas de comunicación del pasillo de limpio con el de sucio, en caso de existir. Para facilitar la sobrepresión en el quirófano con respecto a la esclusa de sucio ésta no contará con impulsión de aire, sino sólo extracción.

3.4. PARÁMETROS FÍSICOS DEL AIRE.

Atendiendo a dicha Norma UNE 100713 y a otras recomendaciones (113, Clivegesa, 2007; 51, ASHRAE, 2003), los parámetros cuantitativos tienen que responder a estos valores:

Temperatura.

En general, la temperatura de consigna dentro del quirófano será de 22°C y existirá un termostato que permita regular la temperatura en un rango $\pm 3^\circ\text{C}$ con respecto a la temperatura de consigna. Máxima de 24-26°C (según autores). Debe situarse entre 22-26°C según UNE 100713:2005, y 20-24°C, según otras fuentes. Puede ser necesario bajarla a 18°C en algunos momentos de la operación en intervenciones muy especiales (cirugía cardíaca o trasplantes), por lo que dependiendo del tipo de operación quirúrgica la temperatura ha de oscilar desde 18 a 26°C y la climatizadora de los quirófanos tipo A deberá dimensionarse para que en el quirófano se pueda mantener en esos tramos. Para los otros tipos de quirófanos y el resto bloque quirúrgico el sistema será capaz de mantener la temperatura 22 y a 26°C. En ambos casos, independientemente de las condiciones meteorológicas, con un nivel percentil (NP=99%) y con el grado de carga térmica previsto, durante una intervención tipo.

En los quirófanos tipo B y C y en el resto de dependencias del bloque quirúrgico la diferencia de temperatura entre el aire impulsado y el del quirófano no debe superar los 10°C en condiciones de calentamiento (invierno) ni los 7°C en condiciones de enfriamiento (verano).

En los quirófanos tipo A la diferencia de temperaturas se reduce significativamente debido al gran volumen de aire recirculado. Además el aire impulsado incide directamente sobre la mesa de operaciones por lo que la diferencia de temperaturas entre el aire de impulsión y el de retorno será inferior a 2°C.

Humedad relativa.

La humectación, que tiene por objetivo mantener el porcentaje de humedad relativa, se requiere por necesidades asistenciales, para evitar las cargas electrostáticas y para minimizar la proliferación de microorganismos. Se seguirán, para obtenerla, las recomendaciones del punto 6.5.5 de la norma

UNE 100713 (14, AENOR, 2005). La humedad en el quirófano deberá estar comprendida, según autores, entre el 40 y el 60%, el 50 y el 60% o el 45 y el 55% según UNE 100713:2005. En el caso, poco probable, de que se utilicen gases anestésicos inflamables, se debe de mantener un mínimo de 50% de humedad dentro del quirófano, por lo que el punto de ajuste para el control de humedad debería situarse en $55\% \pm 5\%$. El nivel de humedad podrá exceder ligeramente el 60% si la temperatura demandada en el quirófano se aproxima a los 18°C y las temperaturas exteriores son elevadas.

Velocidad del aire.

Inferior a 0,2m/s en quirófanos tipo y entre 0,2-0,3m/s en los restantes.

Caudales de aire de impulsión y retorno.

En cuanto al caudal mínimo del aire exterior de ventilación son válidos los valores de la norma UNE EN 100713:2005. Para quirófanos con altas exigencias (tipos A y B), el caudal mínimo del aire exterior impulsado será de $2400\text{m}^3/\text{h}$. En los quirófanos tipo B la totalidad del aire impulsado en el quirófano será aire procedente del exterior (633l/s). En los quirófanos tipo C se debe impulsar un mínimo de aire exterior de $1200\text{m}^3/\text{h}$. Exceptuando el quirófano, para el resto de dependencias del bloque quirúrgico se requiere un caudal de aire exterior mínimo de $15\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ (113, Clivegesa, 2007).

Renovaciones del aire.

Mínimo 20 renovaciones de aire/hora según la Norma UNE 100713, aunque existen otros criterios. En el sistema con alto grado de turbulencias, el quirófano debe tener 15-20/hora y más de 20 si es de flujo laminar (113, Clivegesa, 2007).

3.5. PUREZA DEL AIRE.

En cuanto al contenido de **partículas** detectadas en el aire, algunos autores recomiendan que los quirófanos tipo A estén en un nivel 6, y los de tipo B y C en el 7, de la clasificación ISO de la Norma UNE EN ISO 14644-1, sobre salas limpias (113, *Clivegesa, 2007*). Según otros autores, la recomendación es la siguiente (con una pequeña variación respecto al tipo C):

- Quirófano Tipo A: clase M 4.5 ó 1000 ISO 6.
- Quirófano Tipo B: clase M 5.5 ó 10.000 ISO 7
- Quirófano Tipo C: clase M 6.5 ó 100.000 ISO 8

En la Preforma UNE 171330-4 (343, *Vidal, 2010*) se deciden estos parámetros de filtrado de partículas, según clase de quirófanos:

- H1a (LTF; área de protección $\geq 9\text{m}^2$). Flujo unidireccional. ISO 5-6.
- H1b (LTF; área de protección $< 9\text{m}^2$). Flujo de mezcla. ISO 7.
- H1c. Flujo mixto turbulento. ISO 8.

Hay que destacar que la normativa de clasificación de pureza del aire sólo es aplicable a quirófanos como un índice a conseguir cuando el quirófano está en reposo, y que no podrá mantenerse constante durante toda la intervención quirúrgica debido al funcionamiento normal del mismo, donde se abren las puertas del quirófano para el paso del paciente, o simplemente por la presencia del personal de intervención. Es por ello que no puede extenderse el concepto de “sala blanca” al resto de condicionantes que ello implica.

3.6. FILTRADO DEL AIRE.

Como todos los locales del bloque quirúrgico son de clase I, se precisan tres niveles o etapas de filtración de aire. En la TABLA III.12 se indicó el tipo de filtro utilizado en cada etapa.

El **primer nivel de filtración**, de una eficacia F5, se colocará dentro de la unidad climatizadora, en la entrada de aire y antes de la sección de baterías. Si el conducto de aspiración tiene una longitud superior a 10m se colocará en

la toma de aire exterior. También se puede optar por mantener el filtro F5 a la entrada de la climatizadora y colocar uno grueso G4 en la toma de aire exterior.

El **segundo nivel de filtración**, de una eficacia F9, se colocará después de la unidad de tratamiento de aire y al comienzo del conducto de impulsión, es decir, será el último elemento de la unidad climatizadora. Se prefiere el empleo de filtros de tipo rígido frente a los de tipo bolsa. Éstos últimos se pliegan si no circula aire a su través, liberando partículas de polvo cuando se procede a su manipulación. La velocidad de paso del aire a través de estos filtros no será superior a 2,5m/s o a la especificada por el fabricante (113, Clivegesa, 2007).

El **tercer nivel de filtración o filtración absoluta de alta eficiencia (HEPA)**, en general tendrá una eficacia H13, pero para quirófanos Tipo A la eficacia será H14. Se colocará lo más próximo posible a la sala a climatizar y, en el caso de quirófanos serán obligatoriamente filtros terminales. La velocidad de paso del aire no será superior a 1,5m/s o a la especificada por el fabricante (113, Clivegesa, 2007).

Filtración en la descarga de aire. Antes del ventilador de extracción y del recuperador se colocará un filtro de eficiencia G4 para proteger a ambos elementos.

3.7. SISTEMAS DE REGULACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Mantenimiento del sistema.

Los equipos, unidades y sus componentes de las instalaciones de aire acondicionado, deben ser concebidos de forma que sean fácilmente accesibles para su mantenimiento. La limpieza y desinfección viene contemplada en la Norma UNE ENV 12097 (6, AENOR, 1998).

El sistema deberá de incorporar la **monitorización continua de la presión diferencial** entre el quirófano, las salas anexas auxiliares y el pasillo de sucio. Todos los medidores de presión del bloque quirúrgico tomarán como

presión de referencia nula la existente en el pasillo exterior que da acceso al del bloque quirúrgico. Los sensores correspondientes se calibrarán periódicamente. Se dotará al quirófano de una señal de alarma luminosa retardada, que se activará cuando en alguno de los locales y anexos, disminuyan los niveles de sobrepresión con respecto a los establecidos en la recepción, un 25% durante más de 30 segundos.

Si se para la instalación, todos los huecos de comunicación se han de cerrar, para evitar recirculaciones entre el sistema de impulsión y de retorno. Debe haber un sistema de detección de fallos, como el caso del fallo del ventilador de impulsión.

El sistema deberá de incorporar, además de la monitorización de la presurización relativa del quirófano con respecto a los espacios adyacentes, la **monitorización continua de los parámetros físicos** del mismo quirófano: la temperatura y la humedad, por sensores que se calibrarán periódicamente; los caudales de aire de impulsión y retorno, y los rendimientos de las etapas de filtración.

Mantenimiento de los filtros.

Para evitar una colmatación prematura de los filtros es muy importante no superar el caudal nominal o velocidad de paso del aire de cada filtro recomendada por el fabricante, instalando la sección necesaria. El estado de los filtros se controlará instalando sondas de presión diferenciales entre cada nivel de filtración. Se procederá a la sustitución cuando se alcance la pérdida de carga máxima recomendada por el fabricante. La estanqueidad y eficacia de cada uno de los niveles de filtración debe de mantenerse en cualquier circunstancia de funcionamiento de la instalación. Es recomendable embolsar los filtros cambiados inmediatamente después de retirarlos para evitar la dispersión de suciedad durante su transporte.

3.8. CERTIFICACIÓN Y RECEPCIÓN DE UN QUIRÓFANO.

Se seguirá la norma UNE EN 12599: “Ventilación de edificios. Procedimientos de ensayo y métodos de medición para la recepción de los sistemas de ventilación y de climatización instalados”. Se verificará el cumplimiento de todas sus especificaciones de esta directriz (9, AENOR, 2001; 113, Clivegesa, 2007). Los parámetros cuantitativos se realizarán con las siguientes pruebas:

Presión diferencial.

Se medirá la diferencia de presiones entre:

- El bloque quirúrgico y el resto del hospital.
- Entre el pasillo de limpio y la sala de lavabo, la esclusa de acceso y la esclusa de sucio.
- Entre el quirófono y la sala de lavabo, la esclusa de acceso, la esclusa de sucio y, en su caso, el pasillo de sucio.

Todas las medidas de presión diferencial que involucren al quirófono y/o sus salas anexas auxiliares se realizarán con el sistema de climatización del quirófono funcionando en modo normal (caudales al 100%) y en modo “en espera” (caudales al 50%). Las medidas se realizarán con las puertas y esclusas cerradas.

Temperatura.

Se verificará la temperatura ambiente en el quirófono y la temperatura de impulsión, realizando medidas en:

- Tres puntos a lo largo de la mesa de operaciones y a 20cm por encima de la misma.
- En seis puntos alrededor de la mesa de operaciones: uno en la cabecera de la mesa, otro a los pies y dos en cada uno de los laterales. Las medidas se realizarán a 150cm de altura respecto del suelo y a 30cm de separación de la mesa.

- En las impulsiones de aire se realizará una medida por cada 0,25m² de superficie y a 30cm de la rejilla en la dirección del flujo.
- Una medida en cada una de las extracciones de aire, a 10cm de separación del centro de la correspondiente rejilla.

Para comprobar que el sistema de climatización puede alcanzar las temperaturas de diseño fijadas, independientemente de las condiciones meteorológicas exteriores, sería conveniente hacer las medidas en dos días de temperaturas extremas, uno de verano a mediodía, y otro de invierno a primera hora de la mañana. Por ello la primera certificación tendrá un carácter provisional y no será definitiva en tanto en cuanto no se realice la segunda medida de temperaturas en el período estacional opuesto.

Velocidad del aire.

La velocidad del aire en el ambiente sobre la mesa de operaciones se medirá con sonda omnidireccional. En los quirófanos de distribución de aire unidireccional, la velocidad del aire a la salida del difusor se medirá con anemómetro de hélice, sonda de hilo caliente o sonda omnidireccional. Se tomará una medida por cada 0,25m² de difusor y a 20cm de distancia.

Humedad.

Se medirá la humedad relativa con el quirófano a máxima y a mínima temperatura de diseño. Para garantizar que el sistema de humectación alcanza las condiciones impuestas en la norma para las distintas condiciones exteriores se procederá de igual modo que para la temperatura, se realizan medidas en verano y en invierno y la primera certificación tendrá carácter provisional.

Caudales de aire.

El caudal de aire exterior se medirá con la técnica de gases trazadores utilizando el método de la caída de concentración. Para las medidas del caudal en cada una de las rejillas de extracción se utilizarán conos de caudal.

Todas las medidas se realizarán con las puertas cerradas y con el sistema de climatización del quirófano funcionando en modo normal (caudales al 100%) y en modo “en espera” (caudales al 50%).

Clasificación del quirófano con arreglo a la concentración de partículas.

Para verificar si el quirófano se puede clasificar como ISO 6 ó ISO 7, según corresponda, se utilizará un contador de láser dotado de sonda isocinética que cuente el número de partículas entre 0,3 y 10µm, por difracción directa (122, *Cruceta, 2005*).

Validación de los filtros absolutos de los quirófanos.

Comprobación de la ausencia de fugas, por contaje de partículas con contador láser provisto de sonda isocinética. Contaje de partículas por difracción directa en número de diferentes tamaños de 0,3 a 10µm. Debe hacerse en condiciones de reposo y ausencia de personal.

Control de microorganismos: bioseguridad ambiental.

La certificación del quirófano se completará (113, *Clivegesa, 2007*) con un **control microbiológico**, independientemente de los controles que se hayan de realizar una vez puesto en servicio. Se hará una vez verificado el cumplimiento del resto de los aspectos de la directriz, cuantificables y no cuantificables. Como mínimo se harán tomas de muestras a la salida de las impulsiones de aire y a la altura de la mesa de operaciones. (En caso de impulsiones de gran tamaño se tomará una muestra por cada metro cuadrado).

Como valores orientativos se recomienda ausencia de hongos y, al tomar muestras de bacterias en el aire, el ambiente se califica así (113, *Clivegesa, 2007*; 122, *Cruceta, 2005*):

- Muy limpio <10UFC/m³
- Limpio 10-100UFC/m³
- Aceptable 100-200UFC/m³

CAPÍTULO IV

ESTUDIO EXPERIMENTAL, METODOLOGÍA Y MATERIAL

IV.A. ÁMBITO OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN.

Dadas unas condiciones preestablecidas de funcionamiento, se han realizado pruebas y mediciones específicamente diseñadas para cumplir los objetivos de la investigación, siendo el principal buscar diferencias del estado de la calidad del aire interior en diferentes espacios hospitalarios y analizar sus implicaciones con la arquitectura y sistemas de climatización (HVAC) hospitalarios. Para ello se han comparado un edificio hospitalario antiguo y otro recientemente habitado. Se ha planteado como una investigación conducente a mejorar el conocimiento sobre las objetivas condiciones que se deben dar en los edificios hospitalarios, para garantizar en los diferentes espacios críticos y no críticos una buena calidad ambiental.

1. PLANTEAMIENTO GENERAL.

El punto de partida fue la **selección de los espacios a estudiar**, de tal forma que hubiese una relevancia en las diferencias de edificación e infraestructura, y, para ello, dentro de lo posible, la exclusión de otros condicionantes: geográficos, climáticos, culturales, de actividad y poblacionales que pudieran ser influyentes, quedándonos con los constructivos y operacionales.

La ocasión, casi excepcional, se presentó al encontrarse **dos edificios hospitalarios bien diferentes**, pero levantados en una misma ciudad, para una casi coincidente población y para desarrollar una misma actividad.

A mayores, se propuso hacer las verificaciones de la calidad del aire interior con unos mismos criterios comparativos, y, en ambos, en un modelo de estudio transversal (que luego se describe) en meses de parecida climatología, avanzado el otoño y meses de invierno de 2008-2009 para eliminar el efecto de las condiciones climatológicas exteriores, en tanto pudiesen influir en las del medio interno.

Al radicar la gran diferencia de los dos edificios en las condiciones constructivas, tanto en antigüedad como en tipología, como punto de partida se debió de obtener información sobre las características de ambos. Aparte de interesarla de primera mano **de los servicios técnicos** que disponían de ella, se realizaron las pertinentes visitas para la **inspección visual** directa, **tomando directamente las anotaciones** necesarias. Para la mejor identificación de las zonas a muestrear, se utilizaron los **planos generales y sectoriales** de ambos edificios y se **visitó el sistema de acondicionamiento de aire** suministrado a dichas áreas. Se hicieron **mediciones “in situ”** de tales espacios previamente seleccionados y se señalaron y midieron los puntos de abocamiento y de salida de aire acondicionado, así como de los huecos de acceso con el exterior, de cada sala explorada. Todo esto con la debida autorización, como proyecto de investigación, de la Autoridad Sanitaria competente (Consejería de Sanidad de la Junta de Castilla y León). Hay que hacer notar que en esta aproximación directa la investigación no se vio en momento alguno condicionada por la autorización obtenida y que en todo caso la información requerida se empleó con las debidas cautelas de confidencialidad y uso para el estricto empleo de la investigación. En ningún momento se emplearon datos sobre personas atendidas, por otra parte considerados innecesarios, ni se condicionó el desarrollo habitual y previsto de la asistencia, quedando, si acaso, la tarea investigadora supeditada a las exigencias de aquélla, interferencia que afortunadamente no se llegó a dar en ningún momento.

El ámbito de este estudio han sido dos edificaciones hospitalarias destinadas a cumplir la misma función asistencial. Se trata de dos edificios, el uno en vías de cierre, realizándose las mediciones en él en fase inminentemente previa a su desalojo, pero aún en plena actividad, y el otro en vías de ocupación, realizándose las pruebas en fase inmediatamente posterior a iniciarse la misma.

Conceptualmente se trata de un mismo hospital, el Hospital Universitario “Río-Hortega”, institución pública de la que es titular el SACYL (Sanidad Asistencial de Castilla y León, Gerencia Regional de Salud), entidad

gestora de la asistencia sanitaria pública en Castilla y León, dependiente de la Consejería de Sanidad de la Junta de Castilla y León. Su destino es prestar asistencia del nivel especializado para la población del Área de Salud "Oeste", de las dos en que se divide la provincia de Valladolid, siendo aproximadamente la mitad del total de que se compone tanto la capital como la provincia que sumaba 520308 tarjetas sanitarias a finales de 2008 (*El Norte de Castilla*, 17-XI-2008). Con la apertura en el nuevo edificio se empezaron a atender 292686 usuarios del llamado Área de Salud Oeste, siendo nuevos 87338, procedentes del Área de Salud Este (*El Norte de Castilla*, 21-X-2008). Con ello engrosaba la asistencia comprometida, que anteriormente era de unos 250000 usuarios, aunque en menor cuantía que lo que sumaba ese nuevo colectivo por haberse incorporado otra parte de población al Área Este,

El hospital es de tercer nivel, incluyendo todas las especialidades médicas y quirúrgicas correspondientes a dicho nivel y algunas establecidas para un ámbito extraprovincial o regional, como la Unidad de Trasplante Hepático, asunto que importa en lo que se refiere a este trabajo, pues condiciona la existencia de determinadas áreas especialmente críticas no presentes en todos los hospitales generales y cuya particularidad ha determinado su elección. Además el hospital tiene cualificación de Universitario, según convenio suscrito por la Autoridad Sanitaria con la Universidad de Valladolid.

Así pues, en puridad y en lo relativo a realizar comparaciones, el propósito es **comparar, no dos hospitales, sino dos edificaciones**, que sucesivamente y sin interrupción en el tiempo albergan un mismo dispositivo funcional.

Hecha esta precisión, las **diferencias constructivas entre ambos edificios son notables**, aunque para mayor validez comparativa **se hayan seleccionado zonas de estudio equivalentes** en cuanto a la actividad que en las mismas se lleva a cabo.

2. ANTIGUO EDIFICIO HOSPITALARIO.

Toda la documentación gráfica se halla en el anexo A, donde podremos encontrar planos y fotografías del conjunto hospitalario, como las plantas generales y la localización en planta de las zonas de estudio.

2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

El edificio hospitalario antiguo (34, *Alonso Cuesta, 2008*) fue construido por el Instituto Nacional de Previsión, a cargo del Plan Nacional de Instalaciones Sanitarias del Seguro Obligatorio de Enfermedad. Fue autor del proyecto el arquitecto D. José Marcide, que lo fue, asimismo, de otros hospitales de la época, según un modelo de hospital vertical preconizado entonces. Se procedió a su apertura en 1953 con el nombre de Residencia Sanitaria “Onésimo Redondo”. Inicialmente se le dotó de unas 310 camas, para una actividad quirúrgica, y de 72 cunas.

A lo largo de sus 55 años de servicio sufrió ampliaciones y remodelaciones varias (34, *Alonso Cuesta, 2008*). Aunque se concibió como clínica quirúrgica y obstétrica, posteriormente cobijó además servicios de medicina interna y especialidades médicas. Para ello, entre 1972 y 1976 se acometieron obras de ampliación y reforma hasta llegar a disponer de 500 camas hospitalarias. En 1984, a instancia de diversas personalidades lideradas por el Dr. Rafael de Vega Fernández-Crespo, cambió de nombre a Hospital “Del Río-Hortega”, en reconocimiento al ilustre patólogo de origen vallisoletano Pío del Río-Hortega. Más adelante, en 1996, en virtud de convenio entre el Instituto Nacional de la Salud y la Universidad de Valladolid, se añadió su condición de universitario, pasando a ser Hospital Universitario Río-Hortega.

Tras la aprobación de la Ley General de Sanidad de 1986, se establecieron planes directores para nueve hospitales, entre otros éste que nos ocupa, y que habrían de transformar sus elementos constructivos. Pero posteriormente se renunciaría a este propósito a favor de plantearse su traslado a una nueva edificación. Antes y después de tales momentos fue

necesario acometer adaptaciones y reformas para poder dar respuesta a nuevos compromisos asistenciales que fueron surgiendo. Como obras más significativas cabe señalar la remodelación del Servicio de Cuidados Intensivos, que, de paso, se amplió con una unidad para enfermos cardiológicos, la habilitación de una Unidad para el ingreso de pacientes hematológicos inmunodeficientes, otra Unidad para el ingreso de pacientes sometidos a trasplante hepático, la acogida de la cirugía mayor ambulatoria, la reubicación de la Unidad de Reanimación postquirúrgica, la salida de los Servicios de Rehabilitación y de Protección Radiológica hacia otro centro asistencial, la reforma del Área de Urgencias, la instalación de nuevos dispositivos de medicina física exploratoria (tomografía axial computarizada, resonancia magnética), la actualización de la Unidad de Hemodiálisis. Se sacaron las consultas externas del compacto edificio principal para ubicarlas en una edificación independiente y próxima a él y, también, parte de las dependencias administrativas y de almacenes a un entorno parecido, que incluyó una más recientemente creada Unidad de Investigación.

En 1994 los problemas en su infraestructura motivaron, entre otras reparaciones, la renovación del sistema de climatización de los quirófanos (295, *San José et al*, 1999). Ante estos problemas y la imposibilidad de ampliaciones, dadas las limitaciones del tamaño del solar y lo compacto de la construcción, se pensó en una nueva construcción que acogiese el hospital.

2.2. DOTACIONES EN EL MOMENTO DE ESTUDIO.

En el momento del estudio todas estas estructuras estaban completamente consolidadas y se puede afirmar que las mismas ya guardaban un limitado parecido con las iniciales, aunque se conservaba la traza básica del edificio principal y la disposición de los bloques quirúrgicos.

Disposición general: La superficie construida era de 33000m². La disposición del edificio principal era de 10 plantas, incluido sótano.

Camas hospitalarias: Tenía de 500 camas efectivas de ingreso (520 teóricas), al cabo de alguna reducción, después de que las que había tenido con las ampliaciones y se llegasen a ceder algunas de las habitaciones de ingresados para otros destinos. El 90% de las camas estaban en habitaciones de dos camas y hasta de cuatro camas, tipo de recinto que, habiendo sido el usual en otro tiempo, había ido desapareciendo a partir de 1990. La UCI tenía 14 puestos, divididos en dos unidades, con 8 y 6 boxes, para uso polivalente y de cuidados cardiológicos, respectivamente. La Unidad de Trasplante de Médula Ósea (TAMO) disponía de cuatro habitaciones de una cama.

Quirófanos y dependencias anexas: 11, de ellos 10 se encuentran en un bloque central dispuesto en vertical, con dos quirófanos por cada una de las cinco plantas que van de la 3ª a la 7ª. Una zona de reanimación independiente disponía de seis camas en la última planta.

Otras dependencias asistenciales: Se situaban 86 consultorios en el edificio frontal, independiente y de dos alturas, y 21 puestos de hospital de día. En la Unidad de Urgencias se disponía de 12 boxes y 8 sillones de observación y en la Unidad de Diálisis de 11 puestos. Los laboratorios ocupaban 1300m².

2.3. CLIMATIZACIÓN.

El edificio era calefactado fundamentalmente por **radiadores de agua caliente y en quirófanos y otras zonas críticas por UTAs**. Una amplia distribución de fancoils completaba este tipo de equipamientos.

Se disponía de **instalaciones de acondicionamiento del aire** en cada bloque quirúrgico (uno por planta) desde un principio, que en 1994 tuvieron que ser mejoradas, aunque conservando la instalación básica, y que seguían siendo independientes para cada nivel de los cinco de dichos bloques. Otras habían sido dotadas para dar respuesta a las específicas necesidades de las nuevas unidades especiales que se fueron creando (hematología, cuidados intensivos, trasplantes hepáticos, de entre las que a nosotros aquí nos interesan). El sistema de climatización se componía de sistemas autónomos

para determinadas zonas: a) quirófanos: 5 plantas, con dos, más uno de “locales”, b) UVI polivalente y UVI coronarias, c) dos para paritorios, d) reanimación quirúrgica. Luego, cuando se construyeron, se dispusieron para las Unidades de Trasplante Autólogo de Médula Ósea (TAMO) y de Trasplante Ortotópico Hepático (TOH).

El resto del edificio, aparte el sistema de calefacción, se climatizaba mediante fancoils, que estaban distribuidos en estas localizaciones: edificio de consultas externas; en urgencias (planta baja); en laboratorio de hematología y en el de análisis clínicos y microbiología (planta principal); nefrología (planta 3ª derecha); ala sur de planta 5ª derecha; ala sur de 6ª derecha; salas de dilatación-paritorios, excepto en el propio paritorio, por disponer de climatización (planta 6ª izquierda), y en neonatología (planta 7ª izquierda).

3. NUEVO EDIFICIO HOSPITALARIO.

Toda la documentación gráfica se halla en el **Anexo B**, donde podremos encontrar planos y fotografías del conjunto hospitalario, como las plantas generales y la localización en planta de las zonas de estudio.

3.1. ANTECEDENTES: DESARROLLO DEL PROYECTO.

Su diseño fue planteado a finales de la década de 1990, cuando el modelo constructivo más preconizado empezaba a ser el del hospital horizontal. En 1999 el Instituto Nacional de la Salud (INSALUD) era responsable de la planificación y construcción de los equipamientos sanitarios del Estado en las Comunidades Autónomas que no disponían de transferencias sanitarias. Este organismo encargó a la empresa consultora CODEH, dirigida por Elvira Guilera, la planificación del nuevo edificio hospitalario. En 2000 adjudica a la empresa constructora NECSO la redacción del proyecto definitivo y la construcción, y NECSO encarga dicho proyecto al estudio de arquitectos Inglada-Arévalo. Estando aún en fase de construcción se hizo cargo de la prosecución de la misma la Junta de Castilla y León, cuando recibió las transferencias y responsabilidades sobre asistencia sanitaria pública,

encargándose de la ejecutoria la Gerencia Regional de Salud, por medio del ente Sanidad Asistencial de Castilla y León (SACYL), dependiente de la Consejería de Sanidad. Se planificó para la prestación de asistencia especializada a 240000 personas, en una buena proporción las mismas que se atendían en el viejo edificio. Supuso una inversión de 199,7 millones de euros. Empezó a funcionar el 15 de noviembre de 2008, culminando en el mes de enero de 2009 el proceso principal de su puesta en servicio.

3.2. DOTACIONES EN EL MOMENTO DE ESTUDIO.

Disposición general: La nueva edificación es 3,5 veces mayor que la anterior: la construcción es de 115147m². Se eleva únicamente en cuatro plantas, llamadas en este caso “niveles”, formando un entramado plano y extenso que recibe luz por medio de 18 patios interiores, aparte del exterior. Dispone de 1300 plazas de aparcamiento y helipuerto.

Camas hospitalarias: Dispone de 608 camas, de ellas el 30% (180) en habitaciones individuales. A diferencia del hospital anterior hay una unidad destinada a hospitalización psiquiátrica. Todas las habitaciones están climatizadas. La UCI tiene 22 puestos en dos unidades de disposición simétrica. La Unidad de Trasplante de Médula Ósea tiene siete habitaciones de una cama. La Unidad de Trasplante Hepático tiene también siete habitaciones. Una Unidad de Quemados tiene cinco camas.

Quirófanos y dependencias anexas: Cuenta con 18 quirófanos: 12 en un mismo bloque quirúrgico; en ellos un neuronavegador permite incrementar la precisión de los procesos quirúrgicos del sistema nervioso central y de cirugía maxilofacial. Otros 4 quirófanos son para cirugía mayor ambulatoria (CMA) y mínimamente invasiva (laparoscópica), en bloque operatorio aparte; otro quirófano es específico para la Unidad de Quemados y existe un paritorio de alto riesgo. La zona de reanimación postanestésica incluye 16 puestos de pacientes, situados en zona colindante con el bloque quirúrgico general. El bloque obstétrico tiene cinco salas de dilatación/paritorios.

En cuanto a la construcción de los quirófanos, hay que destacar el recubrimiento con el material denominado Corian, compuesto por 2/3 partes de hidróxido de aluminio y 1/3 de material acrílico, y que ofrece unas condiciones de limpieza y desinfección mejores que otros materiales clásicos.

Otras dotaciones asistenciales: La zona de consultas externas tiene 69 consultorios y 64 gabinetes de exploración (133 en total). El Hospital de Día Quirúrgico dispone de 16 camas y 4 sillones y el Hospital de Día Médico cuenta con 6 camas y 17 sillones. El Área de Urgencias se divide en dos zonas, la de urgencias pediátricas, con 4 boxes, 4 camas y 2 cunas de observación, y las de tipo general con 22 boxes, 11 camas y 12 sillones de observación. En la Unidad de Diálisis se encuentran 24 puestos.

Laboratorios: Los laboratorios se extienden en un total de 5621m², entre los que destacamos: 1293 para análisis clínicos, 932 para anatomía patológica, 635 para microbiología, 280 para recogida de muestras y extracciones y 271 para zona administrativa.

3.3. CLIMATIZACIÓN.

El sistema es todo aire mediante UTAs. La sala de calor dispone de seis calderas con una potencia calorífica de 27500kW, para la producción de agua caliente, climatización y agua caliente sanitaria y 2 generadores de vapor para la humectación. La producción de frío se consigue a través de seis enfriadoras de condensación por aire, de 1400kW cada una. Estas plantas producen agua fría y caliente que, mediante sistemas de bombeo y redes de tuberías, abastecen a 200 climatizadores (151, *Fernández Inglada, 2008*).

La memoria de proyecto incluía unas previsiones cuyos aspectos más destacables se mencionan a continuación, y centrado en las áreas de estudio. Las principales normas y reglamentos que se aplicaron para su redacción fueron el RITE, Normas UNE (en general y en particular las relativas a edificios de pública reunión), las Normas básicas de protección contra incendios NBE CPI-96, y de condiciones acústicas NBE CA-88, y Reglamentos de

instalaciones frigoríficas, de instalaciones a gas (RIG), electrotécnico de baja tensión, Reglamentos y normas del Ayuntamiento de Valladolid y de la Comunidad de Castilla-León y la Directriz de climatización del SACYL. Obviamente, se trataba de normas que estaban vigentes todas ellas en su momento.

CONDICIONES DE DISEÑO.

- **Condiciones exteriores.**

- VERANO: 33,2°C (TS) y 19,1°C (TH)
- INVIERNO: -5,6 (TS) y 90% H.R.
- LATITUD: 41° 39' Norte
- LONGITUD: 4° 59' W
- ALTURA: 715 M
- OSCILACIÓN MEDIA DIARIA: 15,2°C

- **Condiciones Interiores:** la temperatura ambiente siempre está controlada (control automático) por zonas con un margen de precisión de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ en T^a ambiente y $\pm 1^{\circ}\text{C}$ en las zonas de estudio. En el caso de la humedad relativa ambiente no siempre está controlada automáticamente, pero sí es el caso de las zonas de estudio, y cuenta con un márgenes de precisión de $\pm 10\%$ en general y $\pm 5\%$ en los ámbitos estudiados.

TABLA IV.1. Condiciones interiores de cálculo, nuevo HURH.

ZONA TRATADA	VERANO COND. CÁLCULO	H.R. CONTR.	INVIERNO COND. CÁLCULO	H.R. CONTR.
BLOQUE QUIRÚRGICO	24°C y 50% HR.	SI	22°C y 45% HR.	SI
QUIRÓFANOS	23°C y 45% HR.	SI	25°C y 55% HR.	SI
RECUPERACIÓN	24°C y 50% HR.	SI	24°C y 45% HR.	SI
UCI	24°C y 50% HR.	SI	24°C y 45% HR.	SI

Caudales de ventilación.

El nivel de ventilación en general se ha tomado aplicando el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios ITE 02.2.2 (284, RITE, 2008) y la norma UNE 100011:1991 (3, AENOR, 1991). Al tratarse de un Hospital y por sus propias necesidades, hay zonas que se ventilan con unos niveles superiores a los indicados.

Hay zonas en las que no existe recirculación de aire para mejorar la ventilación y evitar riesgos de contaminación cruzada. Se considera conveniente indicar los mínimos cambios por hora, bien sean de aire exterior sólo (como es el caso aquí tratado) o de mezcla de aire exterior y recirculado, para asegurar un grado de limpieza del aire y una mínima calidad ambiental.

TABLA IV.2. Caudales de ventilación, nuevo HURH.

ZONA TRATADA	AIRE EXTERIOR	MÍNIMOS CAMBIOS POR HORA
	% MÍNIMO DEL AIRE IMPULSADO	
BLOQUE QUIRÚRGICO	100%	10
QUIRÓFANOS	100%	20
RECUPERACIÓN	100%	10
UCI	100%	10

Niveles de filtración empleados.

- **Filtración general:** En todos los climatizadores se realizará un prefiltrado de aire con filtros de una eficacia del 85-90% según CEN-779, método gravimétrico, equivalente a una eficacia G4. Además todas las unidades climatizadoras incorporar filtración posterior al prefiltro con filtros de una eficacia del 75-80% según CEN-779 método opacimétrico, equivalente a una eficacia F6.

- **Zonas especiales:** Además de los niveles de filtración descritos anteriormente se establecen, según la zona tratada, otras barreras de filtración tal y como se describen a continuación:
 - **Bloque Quirúrgico y Reanimación:** cuatro niveles de filtración para todos, incorporados en las unidades de tratamiento de aire.
 - En la entrada de aire a la UTA: G4 y F6
 - En la última sección: dos niveles de alta eficacia, F9 según CEN-779 y otro con eficacia 99,5% según D.O.P. equivalente a una eficacia H12 (filtro HEPA).
 - **Quirófanos:** cuatro niveles de filtración.
 - En la última sección de impulsión: filtros de alta eficacia mediante células filtrantes con una eficacia del 99,95% según D.O.P. equivalente a una eficacia H10.
 - La introducción del aire: filtros terminales tipo HEPA para una eficacia del 99,995%, según D.O.P. equivalente a una eficacia H14 (filtro HEPA).
 - **Urgencias:** tres niveles de filtración
 - En la última sección de impulsión: filtros de una eficacia del 95% según CEN-779 método opacimétrico equivalente a un F9.
 - **Control de suciedad, alarmas de filtros sucios y sobrepresiones:** existe una instalación de presostatos de alarma, unidos al ordenador de gestión centralizada de control, el cual recoge e informa del estado de los filtros, en todo momento. Además los climatizadores incorporan sistema de medición de caudal, mediante tomas de presión en los oídos de aspiración de los ventiladores. La instalación de los manómetros de control de suciedad de filtros terminales HEPA, están instalados en cuadros especiales, y estos están ubicados en la antesala del Quirófano o de la Habitación que controlan, junto con las lámparas de señalización de suciedad y resto de parámetros controlados de la instalación de climatización de la zona en cuestión.

Niveles de ruidos previstos.

En los climatizadores existen silenciadores en la salida que atenúan el ruido que, generado en los ventiladores, se transmite a través de los conductos de impulsión, retorno o extracción.

Se exige que el nivel sonoro producido por el funcionamiento de la instalación, no rebase, en ningún momento, los siguientes valores:

- Quirófanos: 40dB(A)
- Aislados: 30dB(A)
- Camas UVI: 30dB(A)

CRITERIOS DE CÁLCULOS EMPLEADOS

Coeficientes de transmisión.

- Composición estructural de los cerramientos:
 - Muro-fachada: compuesto de hormigón armado (25cm), aislante tipo poliuretano expandido (3cm), cámara de aire (6cm) y terminado final de cartón-yeso (2cm).
 - Ventana tipo: compuesta de Climalit (6+6+6) con parasol y carpintería con rotura de puente térmico.
 - Cubierta: compuesta de 7,5cm de terrazo, aislamiento, material de impermeabilización, 5cm de hormigón de pendientes y forjado reticular de 40cm.
- Coeficientes de seguridad:
 - Muro: $K=0,95W/m^2\ ^\circ C$
 - Ventana: $K=3,37W/m^2\ ^\circ C$
 - Muro cortina: $K=3,00W/m^2\ ^\circ C$
 - Cubierta: $K=0,87W/m^2\ ^\circ C$
 - Lucernario: $K=3,00W/m^2\ ^\circ C$
 - Solera: $K=1,40W/m^2\ ^\circ C$
 - Suelo (con local no calefactado): $K=1,5W/m^2\ ^\circ C$.

Radiación solar.

Los valores de radiación solar y diferencia equivalente de temperatura son los considerados por el programa de CARRIER (E20-II) de cálculo de cargas (HAP) versión 4.06 para 41,7º Altitud Norte, donde se ubica el casco urbano de Valladolid.

- Coeficientes de reducción solar empleados han sido:
 - Persiana exterior: $f=0,4$
 - Persiana interior: $f=0,6$
 - Sin persiana: $f=0,8$
 - Muro cortina: $f=0,4$

Cargas de alumbrado y aparatos.

Como carga de alumbrado se han considerado $20W/m^2$ de valor medio. Para enfermería $15W/m^2$.

Aparte de estos valores genéricos se ha particularizado las diferentes zonas del hospital según sus usos considerando las siguientes aportaciones como más significativas. En cualquier caso, se trata de datos orientativos:

- Quirófanos: 2000W para lámpara más equipos medios
- Cuidados Intensivos: 300W por módulo para equipos de monitorización
- Zonas técnicas: $30W/m^2$

Movimiento de aire.

Como criterio general de diseño se logran las sobrepresiones necesarias en las zonas limpias (quirófanos, reanimación y UVI) y depresiones en las sucias para conseguir que el flujo de aire se produzca desde las primeras a las segundas.

Estas presiones (sobrepresiones-depresiones) podrán oscilar desde un 15-25% en términos de diferencia de caudal entre impulsión y extracción en las

zonas más críticas (por ejemplo en Quirófanos) hasta ser casi nula en otras zonas. Estos valores dependen del grado de estanqueidad de los locales y de sus puertas y ventanas de conexión con el exterior. El hospital en su conjunto estará sobrepresionado (del orden de un 5%) para evitar infiltraciones.

Las velocidades residuales de aire, dentro de los espacios tratados, estarán sujetas a las normas de confort no debiendo exceder nunca de 0,2m/s en las zonas ocupadas.

DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS

Simple Conducto con cajas de caudal constante terminales (Bloque Quirúrgico).

Se trata de un sistema de alta o media velocidad y simple. Las unidades terminales son cajas de expansión que están alojadas en el falso techo y están dotadas de batería de recalentamiento para modificar la temperatura de impulsión de aire al ambiente según las necesidades térmicas de cada zona servida por la caja terminal. Es un sistema para aquellas áreas del Hospital donde se precisa tener un control de la humedad relativa ambiente, junto con un buen nivel de ventilación debiendo mantenerse el caudal de aire independientemente del control de temperatura.

La unidad central de tratamiento será del tipo unizona y dispone de sección de toma de aire exterior o mezcla, baterías de calentamiento, enfriamiento, humectación y demás secciones. Desde esta unidad de tratamiento el aire se transporta por medio de una red de conductos circulares u ovales de chapa galvanizada aislados exteriormente hasta la unidad terminal, partiendo a su vez desde ella otra red de conductos en baja velocidad, de chapa galvanizada y aislados exteriormente hasta los elementos de difusión del local.

Este sistema nos permite zonificar tanto como se requiera modificándose la temperatura en cada zona según punto de consigna.

Baja velocidad todo-aire (Quirófanos)

Son climatizadores unizona independientes por cada quirófano, compuestos por sección de toma de aire exterior, sección de filtros en entrada de aire, sección de batería de precalentamiento, sección de humectación por vapor, sección de batería de frío, sección de batería de calor, sección de ventilador, sección de amortiguador de ruidos y sección de filtros de alta eficacia.

Desde la unidad de tratamiento, el aire se transporta por medio de una red de conductos de chapa galvanizada hasta el local tratado. Allí se distribuye por medio de conjuntos de filtros terminales, formados por caja estanca, albergando célula filtrante tipo HEPA para una eficiencia del 99,995% D.O.P. equivalente a H14. La salida de aire se hace a través de un difusor de tipo rotacional en acero lacado. Esta red de conductos será estanca según UNE 100104 para una presión de trabajo de 50mm.c.a.

La extracción se efectúa por medio de un extractor independiente para cada local, con rejillas en la parte inferior y superior de las paredes laterales para conseguir un buen barrido del aire ambiente, siendo en la parte inferior el 70% del caudal y en la parte superior del 30% del caudal.

El caudal de aire impulsado y extraído está controlado en todo momento mediante sondas de presión diferencial instaladas en los ventiladores o en los conductos de impulsión y extracción para medir y controlar el caudal de aire manejado, manteniendo el caudal diferencial necesario para obtener los flujos de aire en la dirección adecuada.

Hay un panel informativo para el personal médico en el quirófano indicando los parámetros fundamentales de funcionamiento, tales como: lectura de temperatura y humedad relativa ambiente, alarmas de funcionamiento y filtración, caudal diferencial y teclado o mando equivalente para variar en un cierto margen las condiciones de temperatura y humedad.

Doble Conducto (Urgencias).

Este sistema es el que hay de manera general para la zona G (Urgencias y Consultas Externas), dotando así a dichas zonas de gran zonificación de temperaturas, así como de un alto nivel de ventilación para el mantenimiento de unas condiciones ambientales de la mayor calidad posible, evitando al máximo zonas húmedas y puntos de inspección y limpieza en los falsos techos de las zonas tratadas.

Para evitar un gasto de energía elevado, sin necesidad de mantener una humedad relativa ambiente en un valor muy controlado, un doble conducto realiza la mezcla de aire frío, (que aporta la carga de refrigeración necesaria), con aire sin tratar (o sólo precalentado) procedente del exterior al 100% o mezcla de aire exterior y de retorno, según se trate de áreas de Urgencias o de consultas externas. Esta situación se invierte con el aire caliente como fluido principal en época invernal.

La temperatura del "conducto caliente", es programada por el sistema de control automático de tal manera que el gasto de energía sea mínimo: en verano, por ejemplo, este conducto caliente no recibe aporte de calor.

El control de la temperatura del conducto de aire frío está programado en función de la época del año y del perfil térmico de cada zona y puede llegar hasta un valor relativamente bajo, del orden de 12°C para disponer de una buena deshumificación. Hay que tener en cuenta que para todos los efectos cada conducto opera como un sistema de caudal variable, si bien este es constante después de mezclado al llegar a la habitación.

Otras ventajas que aporta el sistema elegido, son las siguientes:

- Control de temperatura individualizado, tan grande como se requiera.
- Flexibilidad para adecuar la instalación a futuras necesidades o cambios de distribución interna.
- Eliminación de equipos con filtros en falsos techos, evitando los riesgos de contaminación consiguientes.

- Eliminación de tuberías de agua enfriada por falsos techos.
- Eliminación de zonas húmedas y condensaciones en falsos techos
- Situación centralizada en Salas de Máquinas de los equipos que requieren mantenimiento periódico (filtros, motores, transmisiones, etc.)

Otros sistemas empleados

- **Inductores (Enfermerías)**

Cuatro tubos con aparatos terminales individuales por habitación y colocados en el falso techo, permitiendo obtener un control de temperatura individualizadas en cada habitación.

La extracción de aire se realizará por los aseos de las habitaciones y zonas sucias, quedando las habitaciones en ligera depresión respecto a los pasillos y el aseo en depresión con respecto a la habitación.

Los pasillos tienen aporte directo de aire de ventilación para poder suministrar de aire a las habitaciones, así como mantener un alto índice de ventilación en estas zonas de uso común.

- **Baja velocidad (Biblioteca, Sala multiconfesional, Administración, Docencia, Zonas comunes, Vestuarios, Esperas).**

Se emplea este sistema de tratamiento para aquellas zonas del Edificio que requieren poca zonificación de temperatura y que necesitan un buen nivel de ventilación.

El aire se toma del exterior íntegramente o sólo en parte mediante unidades de tratamiento de aire del tipo unizona o multizona, según convenga. En la disposición multizona las baterías de frío y calor están colocadas en paralelo y después del ventilador para posteriormente situar las compuertas de mezcla de aire independiente para cada zona.

El aire tratado será introducido en los locales mediante conductos de chapa convenientemente aislados y se impulsará al local a través de difusores o rejillas. La extracción del aire se hará mediante ventiladores del tipo centrífugo conectados a conductos de chapa y rejillas de extracción.

Para las zonas que tienen de gran ocupación de personas se ha previsto la instalación de unidades de tratamiento con ventilador de retorno y compuertas motorizadas de expulsión, mezcla y toma de aire exterior que además de cumplir funciones de ahorro energético (free-cooling, precalentamiento previo de la zona sin aire exterior, preenfriamiento previo con aire exterior) permiten modificar para conseguir las mejores condiciones de ventilación posibles.

Sistemas de recuperación de energía.

Se trata de una instalación de sistemas del calor del tipo aire/agua en el aire de extracción, en aquellos sistemas que tomando todo el aire del exterior, gobierna un caudal importante de aire según RITE (superior a $3\text{m}^3/\text{s}$), lo que según esta normativa es preciso realizar una recuperación de calor cuya eficiencia sea de un 45% como mínimo.

Cada sistema está compuesto por climatizador y sus recuperadores correspondientes.

La bomba recircula el agua entre baterías, cediendo el calor del aire extraído, el aire exterior del climatizador.

El sistema previsto garantiza la ausencia de riesgo de contaminación cruzada entre ambos, los flujos de aire de extracción y toma de aire exterior, por lo que es idóneo para su aplicación en hospitales.

CIRCUITOS HIDRÁULICOS: CENTRALES DE PRODUCCIÓN, SUBCENTRALES Y CARACTERÍSTICAS DE BOMBEO.

Las redes generales de distribución de agua enfriada y de calefacción proveniente de las Centrales de Producción discurren por el nivel +0 en un anillo que alimenta doce subcentrales desde las cuales se distribuye calor y frío a todas las unidades terminales del edificio (cajas, fancoils e inductores) y que así mismo alimenta a los climatizadores distribuidos por el edificio. Este anillo es de caudal variable según las necesidades del edificio en cada momento.

Este anillo cuenta con un retorno invertido para facilitar la distribución de agua a cada consumidor (subcentral o UTA), del tipo cerrado para poder alimentar en ambas direcciones con objeto de asegurar el suministro en caso de avería en algún punto del mismo. Este anillo está, por tanto, sectorizado con llaves de corte en los lugares apropiados a lo largo de su recorrido (en ida y en retorno) para poder realizar operaciones de modificación, ampliación o reparación dejando un mínimo de zonas fuera de servicio.

El objeto de disponer las subcentrales en puntos de consumo de unidades terminales es adaptar los saltos térmicos del circuito general de frío (6-12°C) y calor (85-65°C) a los saltos de funcionamiento óptimo de los componentes proyectados. Esto es 9-12°C y 50-45°C para los circuitos de fancoils e inductores (subcentrales 1, 2, 3, 4, 9, 10 y 11) y 60-50°C para las cajas de recalentamiento (subcentrales 5, 6, 7 y 8) y poder funcionar así con un único circuito hidráulico central, abaratando y simplificando las redes de distribución de agua. También permitirá realizar una programación automática de dichas temperaturas en función de las condiciones climáticas exteriores.

Todas las redes de tuberías de agua fría y caliente son de acero negro y están convenientemente aisladas por su exterior mediante fibra de vidrio y coquilla elastomérica del espesor exigido en cada caso, según la temperatura del fluido y los locales por donde discurren. En agua enfriada hay además un eficaz sello de vapor en el exterior de aislamiento, que evite condensaciones.

En las subcentrales van situadas las bombas secundarias de recirculación de los distintos circuitos. De estas subcentrales situadas en el nivel +0, +2, +3 y +4, partirán las redes por los distintos patinillos hasta las unidades terminales. Todas las salidas disponen de válvulas de corte y vaciado tal y como se representa en los distintos planos de distribución de tuberías.

Todos los circuitos son de caudal variable, previéndose controles de presión diferencial en puntos estratégicos y desfavorables del mismo para controlar el número y velocidad de las bombas de circulación, con el consiguiente ahorro energético que esto supone al adecuar la potencia de bombeo a las necesidades térmicas del edificio en cada momento. Está prevista la utilización de válvulas de dos vías para el control automático de las distintas baterías.

Este diseño de caudal variable hidráulico, no solamente supone un ahorro energético importantísimo, sino que también logra que se mantengan la temperatura de los fluidos principales (6°C y 85°C), siempre en sus valores de diseño.

Para la alimentación de humectadores y esterilización existe, desde la central térmica, una red de vapor y condensados por la galería de instalaciones en el nivel +0 paralela a la red hidráulica hasta los puntos de salida de galería en los sitios indicados en los planos. Esta red de tuberías es de acero inoxidable AISI 316L, aisladas convenientemente por su exterior mediante fibra de vidrio. Hay purgadores de aire y agua necesarios y la red de condensados para retorno a central, garantizando un suministro de vapor seco.

Todas las redes tienen dilatadores de fuelle o lira, según espacio disponible que aseguren el control de la dilatación de los tubos según su temperatura de trabajo, los soportes son los adecuados y de diseño deslizante o fijo según el emplazamiento de los dilatadores y la distancia total de las redes.

Centrales de producción.

Como criterio general se han seleccionado grupos de frío de condensación por aire para la producción de agua enfriada a 6°C (seis unidades de alta eficiencia y sus equipos de bombeo necesarios). Para la producción de agua caliente para calefacción (cuatro calderas pirotubular con la misma potencia y otras dos de diferente potencias, con quemadores mixtos) y agua caliente sanitaria -A.C.S.- (tres calderas de 6600 litros colocados en serie), se ha optado por calderas dotadas de quemador mixto (gasóleo/gas natural) para producción de agua a 85°C. Para calefacción y dada la trascendencia de este servicio en Valladolid se han considerado los correspondientes equipos de reserva para caso de avería de una caldera.

Prevención de Legionella.

El agua caliente para uso sanitario se prepara a las temperaturas exigidas por la norma UNE 100030.

El sistema de calentamiento es capaz de elevar la temperatura del agua hasta 75°C de forma periódica para su pasteurización y mantenerse a esta temperatura durante un prolongado periodo de tiempo.

Para esto se ha previsto que los intercambiadores, acumuladores, bombas, tuberías, etc., sean capaces de soportar dicha temperatura; su material es de acero inoxidable AISI 316L, que también soporta razonablemente los procesos de desinfección que puedan realizarse.

Subcentrales de bombeo.

Existen doce subcentrales de bombeo situadas en distintos niveles y repartidas por los módulos del edificio alimentadas desde el anillo.

El objeto de estas subcentrales es adaptar los saltos térmicos de los circuitos generales de agua enfriada y caliente a los altos adecuados para el

funcionamiento de las unidades terminales proyectadas (fancoils, inductores y cajas de recalentamiento).

Las subcentrales 1 a 4, dan servicio a los bloques de enfermería (respectivamente a C1, C2, C3 y C4) adaptando los saltos generales de frío (6-12°C) y calor (85-65°C) a (19-12°C) y (50-45°C) respectivamente, temperaturas más adecuadas para el funcionamiento de estas unidades. Subiendo la temperatura del agua fría de entrada evitamos las condensaciones probables en los equipos terminales. En cuanto a rebajar la temperatura de agua caliente se trata de conseguir un funcionamiento más estabilizado y proporcional de las válvulas de control automático.

Las subcentrales 9, 10 y 11 que dan servicio a los bloques de administración y Hospital de Día (zonas A y E) repiten la filosofía comentada al tratarse de adaptar los saltos térmicos de unidades tipo fancoil que funcionan con similares condiciones térmicas que los inductores.

Por último las subcentrales 5, 6, 7 y 8 que dan servicio al bloque quirúrgico y a los laboratorios (zonas B y G) son necesarias para bajar el salto térmico en calor hasta unas temperaturas de (60-50°C) que optimizan el bucle de control en cajas terminales de recalentamiento necesarias en los sistemas proyectados en estas zonas, por las mismas razones de estabilidad y modulación mencionadas en los sistemas anteriores.

SISTEMA DE CONTROL

Toda la instalación puede gobernarse indistintamente desde el sistema centralizado de mando y control (Sistema de "GESTION TECNICA CENTRALIZADA") o desde los cuadros de zona. Para ello, en éstos últimos, los interruptores de mando tienen tres posiciones (manual o automático). En esta última posición el equipo correspondiente se mandará exclusivamente desde el sistema de Control Centralizado.

A pesar de existir los enclavamientos automáticos a través del ordenador de Gestión Técnica Centralizada, estos se deben mantener también en la posición manual, a través de contactos libres de tensión de los contactores de todos los motores instalados, así como las líneas eléctricas de interconexión entre ellos.

Todos los contactores instalados disponen de contactos libres de tensión (normalmente cerrados y normalmente abiertos), para enclavamiento de los mismos con otros equipos que lo necesiten, o para un mando manual a distancia.

IV.B. SELECCIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO.

Se seleccionaron para el estudio una serie de áreas consideradas como “críticas” según las Recomendaciones de Bioseguridad frente a hongos oportunistas, aprobadas por el anterior INSALUD en el año 2000 (175, *Grupo de Trabajo de la SEMPSPH, 1999*). Incluían todas las que merecían tal calificativo en el antiguo edificio, pero no llegaban a ser todas las que podían tener esa condición en el nuevo, dada la más amplia dotación de éste. Se entendió que haber tomado datos de muestreo en estas nuevas de un solo edificio, como las de la Unidad de quemados (con la excepción que luego se menciona de Farmacia) no iba a enriquecer la información del estudio, por lo que del nuevo edificio se seleccionaron los espacios que disponían de una equiparación más evidente con los del viejo y en caso de existir varias, como en la unidad de ingreso de trasplantados, se escogieron habitaciones al azar, en igual número que en el antiguo edificio.

Los recintos estudiados corresponden a las siguientes modalidades de habitaciones y salas de cada edificio:

- **Quirófanos de la clase A**, los tres quirófanos estudiados en cada uno de los edificios respondían a la misma configuración, independientemente de su uso, aunque desiguales entre uno y otro edificio. Cada uno de ellos está destinado a:
 - **trasplantes hepáticos**
 - **neurocirugía** con posibilidad de efectuar implantes
 - **traumatología** con posibilidad de aplicar prótesis articulares. De los dos quirófanos iguales reservados a cirugía traumatólogica del nuevo edificio se escogió uno al azar.

- **TAMO (trasplante alogénico de médula ósea)**, para ingresos de enfermos hematológicos altamente inmunodeficientes: **4 habitaciones**, el total de las existentes en el viejo edificio, y, de las siete habitaciones que hay en el

nuevo, se escogieron 4 de ellas al azar, al disponer todas de la misma configuración y dotación.

- **TOH, u hospitalización por trasplante ortotópico de hígado: 2 habitaciones** para ingresos de estos enfermos y el **control de enfermería** contiguo. De siete habitaciones existentes en el nuevo edificio se escogieron dos al azar, estando todas con semejante dotación.
- **UVI: 2 boxes** de cuidados intensivos polivalente, reservados para ingresar trasplantados de hígado en situación crítica, y el **control de enfermería** o ámbito más próximo desde donde se les atiende.
- **Salas limpias o blancas:** excepcionalmente **solo en el nuevo edificio** se amplió el estudio a **dos salas** limpias de preparación de productos farmacéuticos, al considerar de interés el contraste con un ámbito no directamente asistencial, pero también de carácter crítico. Los dos recintos están destinados a preparación de medicación (citostáticos) y nutrición parenteral, respectivamente. Tienen la particularidad de albergar cada uno dos cámaras de flujo laminar.
- **Ámbitos no críticos: 2 recintos** tomados al azar, en cada edificio, para contraste de las condiciones respecto a las áreas críticas, uno de ellos en cada hospital en la zona asistencial de la Unidad de Urgencias. En puridad también son zonas no críticas las dos del control de enfermería de la UVI y TOH, ya mencionadas.

A continuación se mencionan las salas que, después de su identificación, fueron objeto del mismo tipo de inspección y medición de unos mismos parámetros de estudio en uno y otro edificio.

Como resumen, se muestran en la TABLA IV.3 la selección de recintos de cada hospital, con sus equivalencias en cuanto a utilización.

TABLA IV.3. Zonas críticas seleccionadas.

ESPACIO		ANTIGUO EDIFICIO	NUEVO EDIFICIO
QUIRÓFANOS CLASE A	Trasplante hígado	Nº 1 (Q1)	Nº 4 (N4)
	Traumatología	Nº 4 (Q4)	Nº 12 (N12)
	Neurocirugía	Nº 10 (Q10)	Nº 10 (N10)
ENFERMERÍA PACIENTES INGRESADOS	TAMO	Habitaciones 514, 516, 518, 520	Habitaciones 5001, 5002, 5004, 5006
	Trasplantados de hígado	Habitaciones 229, 233	Habitaciones 2205, 2206
		Control enfermería	Control enfermería
	UVI	Boxes 1, 8	Boxes 21, 22
		Control enfermería	Control enfermería
ZONAS NO CRÍTICAS		Zona urgencias	Box urgencias
		Despacho	Despacho urgencias

Además se estudiaron las salas de preparación de citostáticos y de preparación de nutrición parenteral del **Servicio de Farmacia** y las dos cabinas de flujo laminar de cada una de estas salas.

1. RECINTOS ESTUDIADOS EN EL ANTIGUO EDIFICIO.

Toda la documentación gráfica se halla en el **Anexo A**, donde podremos encontrar planos y fotografías en detalle de las zonas de estudio.

1.1. QUIRÓFANOS.

En el edificio antiguo, los bloques quirúrgicos se sitúan en diferentes plantas, coincidiendo todos ellos en las diferentes alturas del edificio.

Los **quirófanos** son los siguientes:

- quirófano 1, para trasplante hepático, dentro del bloque operatorio de la planta 3ª
- quirófano 4, para traumatología con implantes de prótesis, dentro del bloque de la planta 4ª.
- quirófano 10, para neurocirugía, dentro del bloque de la planta 7ª.

Todos estos bloques de quirófanos estaban dotados de dos filtros absolutos (H13, 610x610x292, Q=3000, 280Pa, 500-700Pa). Una más detallada descripción del equipamiento para aire acondicionado puede verse en el correspondiente Anexo de este trabajo.

1.2. T.A.M.O.

En la **Unidad de Hospitalización de Hematología-TAMO**, todas las habitaciones, señaladas con los números 514, 516, 518 y 520, situadas en la planta 5ª derecha. Cada habitación tenía un filtro de H13, de 610x610x78, en la entrada de aire acondicionado.

1.3. T.O.H.

En la **Unidad de Hospitalización de Trasplantados de Hígado-TOH**, en la planta 2ª izquierda, las habitaciones 229 y 233 y la zona adyacente de control de enfermería. El aire acondicionado de estas habitaciones disponía de filtros absolutos (H13, 457x457x69, Q=640m³/h).

1.4. U.V.I.

En la **Unidad Polivalente de Cuidados Intensivos**, las dos habitaciones reservadas para ingresos de trasplantados, boxes 1 y 8, de una cama, así como zona de control de enfermería.

Sobre las instalaciones de aire acondicionado de las zonas de UVI del viejo edificio hay que mencionar que hay dos salas de UVI, “polivalente” y

“coronarias”, cada una con un climatizador. Había uno general, pero en una ampliación de la unidad se dejó el antiguo para la UVI coronaria y se puso nuevo en la polivalente. Los boxes estudiados tenían en el suministro de aire acondicionado filtros absolutos H-13.

1.5. OTRAS ÁREAS.

A estos recintos “críticos” se añadieron **otros dos de carácter no crítico** (zona de preingresos del área de urgencias y un despacho), ubicados ambos en la planta sótano.

2. RECINTOS ESTUDIADOS EN EL NUEVO EDIFICIO.

Toda la documentación gráfica se halla en el anexo B, donde podremos encontrar planos y fotografías en detalle de las zonas de estudio.

2.1. QUIRÓFANOS.

En el nuevo edificio, el bloque quirúrgico se sitúa todo en el mismo nivel.

Los **quirófanos** son los siguientes:

- quirófano 4, para trasplante hepático
- quirófano 10, para neurocirugía
- quirófano 12, para traumatología protésica

2.2. T.A.M.O.

En la **Unidad de Hospitalización de Hematología-TAMO**, situada en el nivel 0, las habitaciones, señaladas con los números 5001, 5002, 5004 y 5006.

2.3. T.O.H.

En la **Unidad de Hospitalización de Trasplantados de Hígado** (nivel 2), las habitaciones 2205 y 2206 y la zona adyacente de control de enfermería.

2.4. U.V.I.

En el **Servicio de Cuidados Intensivos**, las dos habitaciones reservadas en la UVI-polivalente a ingresos de trasplantados, boxes 21 y 22, de una cama, así como zona-antesala de acceso.

En el acceso a todos estos recintos se encontraban **dispositivos fijos de registro** continuado de los parámetros de temperatura, humedad relativa y presión en mm Hg. En las mediciones de estos parámetros no se tomaron en cuenta los sistemas de monitorización por no ofrecer un sistema gráfico y colección de datos para su procesamiento posterior. La decisión de efectuar las mediciones en cada registro se tomó haciendo caso omiso de los datos exhibidos en el momento por tales dispositivos, sino según planificación previa, para evitar sesgos en el estudio.

El sistema de acondicionamiento de aire en el nuevo hospital contaba con prefiltros F5 y en los recintos de las zonas críticas estudiadas con filtros G4, F6, F9 y H14.

2.5. OTRAS ÁREAS.

A los recintos considerados como áreas críticas se añadieron dos de **áreas de carácter no crítico**: box de preingresos del área de urgencias (recinto señalado C-9) y un despacho (señalizado D-3).

A lo que hay que añadir recintos y cámaras de flujo laminar del ámbito de preparaciones farmacéuticas, que ya se han mencionado.

IV.C. PROGRAMACIÓN DE LOS MUESTREOS COMPARATIVOS.

1. MUESTREOS TRANSVERSALES.

Se han denominado muestreos transversales, utilizando una terminología epidemiológica, a los hechos con simultaneidad para una misma ubicación, tomando diversos tipos de muestras, haciendo coincidir en un mismo momento los muestreos de tipo microbiológico, para la detección de hongos saprofitos, y los de tipo físico-químico.

En dichas zonas equivalentes se planificaron buscando fechas, para su ejecución, estratégicas, para que en el antiguo y el nuevo edificio la actividad fuese similar y para que dichas fechas fuesen lo más próximas entre sí, para así aproximar también las condiciones climatológicas que podían incidir en la puesta en funcionamiento de los sistemas de acondicionamiento.

El estudio en el Servicio de Farmacia se realizó en fecha posterior (marzo de 2009), al no encontrarse disponible el montaje de las cabinas de flujo laminar y, por otra parte, no tener que contar con los imponderables climatológicos sobre fechas impuestas.

En la TABLA IV.4 se muestran las fechas seleccionadas.

TABLA IV.4. Muestreo comparativo: zonas y fechas.

TIPO DE ESPACIO		ANTIGUO HOSPITAL		NUEVO HOSPITAL	
		Lugar	FECHA	Lugar	FECHA
Quirófano trasplantes		Q1	13/11/08	N4	19/2/09
Quirófano traumatología		Q4	12/11/08	N12	23/2/09
Quirófano neurocirugía		Q10	11/11/08	N10	24/2/09
Habitaciones Trasplantados de Médula Ósea (T.A.M.O.)		H514	14/11/08	H5001	3/3/09
		H516	11/11/08	H5002	2/3/09
		H518	12/11/08	H5004	2/3/09
		H520	13/11/08	H5006	2/3/09
Trasplantados hepáticos (T.O.H.)	Habitaciones	H229	14/11/08	H2205	24/2/09
		H233	18/11/08	H2206	24/2/09
	Control enfermería	Control enfermería	18/11/08	Pasillo, antesala	24/2/09
Unidad de cuidados y/o vigilancia intensiva (U.V.I.)	Boxes	BOX 1	19/11/08	BOX 21 UVI	23/2/09
		BOX 8	17/11/08	BOX 22 UVI	23/2/09
	Zona acceso	Control enfermería	17/11/08	Pasillo, antesala	23/2/09
Zonas no críticas		Urgencias	19/11/08	Urgencias C.9	25/2/09
		Despacho	19/11/08	Urgencias D.3	25/2/09

2. SEGUIMIENTO DE RESULTADOS DE BIOSEGURIDAD AMBIENTAL.

Además de las muestras recogidas en los días del muestreo intensificado en los hospitales, para afianzar los datos de la posible contaminación microbiana por hongos oportunistas, y poder prestar mayor consistencia estadística a ese aspecto del estudio, se procedió a la recogida y selección de los resultados de los muestreos y análisis sistemáticos de bioseguridad ambiental realizados en las mismas zonas críticas, con

periodicidad mensual a lo largo de un prolongado periodo de tiempo. Con ello se dispuso de un material complementario de referencia.

- En el **antiguo edificio**, por razón de prestar homogeneidad a los datos se seleccionaron los de cinco años precedentes, desde julio de 2003 a junio de 2008, inclusive. Se descartaron los de momentos anteriores por no disponerse de datos completos para todas las áreas mencionadas y los del segundo semestre de 2008 por haberse previsto para finales de ese año el desalojo del edificio. Los datos seleccionados fueron trasladados a una tabla del programa informático Excel.

- En el **nuevo edificio**, se recogió una selección de datos de mayo de 2009 a abril de 2010, ambos meses inclusive (12 meses). Los muestreos realizados según esta secuencia a lo largo del tiempo son más numerosos, pero se establecieron estos criterios de inclusión:
 - Que la recogida fuese debida a una actuación estabilizada, renunciando a los meses previos en que los abundantes muestreos se debían a controles de puesta en marcha y validación inicial de las condiciones.
 - Que obedeciesen a la misma técnica utilizada en los estudios de seguimiento del anterior hospital.
 - Que se refiriesen a los mismos recintos que habían sido objeto del estudio que se ha denominado transversal, sin obviar que los controles de esta naturaleza se han practicado sobre un número mucho más amplio de recintos, al ser muchos más los que se han calificado de áreas críticas y por haber incluido otros que se aproximan a este concepto (por ejemplo, todos los quirófanos en funcionamiento, sin excepción).

IV.D. MEDICIÓN DE COMPONENTES FÍSICOS Y QUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR.

Cualquier estudio sobre calidad del ambiente interior del ámbito hospitalario ha de abordar mediciones de parámetros físicos, agentes químicos que le califican y la medición de agentes microbianos dado el específico riesgo de contaminación por el aire y su implicación, fundamentalmente en las personas enfermas, que es el riesgo infeccioso. Por lo cual se hace revisión de las mediciones concernientes a los elementos físico-químicos y a los microbiológicos detectables en el aire.

Cuando se evalúa la IAQ, el término **medida** (279, Rey y Velasco, 2007) incluye diferentes aspectos, como la medida de parámetros físicos (como la temperatura, humedad, presión atmosférica, caudal de ventilación, ruido, iluminación, radiación, etc.), la de los contaminantes químicos del aire, la de los contaminantes biológicos, e incluso la medida de las características del edificio y la de la salud y actividades de sus ocupantes.

Los **métodos de medida** son los procedimientos utilizados, incluyendo tanto el método de muestreo como el posterior método analítico. El **muestreo** puede realizarse por métodos activos, en los que se mueve el aire mediante equipos mecánicos, o pasivos, en que el aire pasa a través del muestreador por simple difusión.

Los métodos analíticos: pueden ser lectura directa o indirecta.

- En los **métodos de lectura directa**, la muestra recogida y su análisis se realizan a la vez. Los principales equipos que se usan están basados en señales eléctricas o electrónicas o lo están en un indicador colorimétrico, que expresa una reacción química que produce el contaminante.
- En los **métodos de lectura indirecta** la medida y el análisis se hacen en dos etapas diferentes. Para la recogida, si se trata de partículas se puede recurrir a filtros, mientras que si son gases

pueden recogerse en un líquido (por absorción), en un sólido (por adsorción) o en un papel tratado químicamente. Las técnicas analíticas pueden ser análisis gravimétrico (si se trata de partículas), cromatografía de gases, espectroscopia de masas (para gases), espectroscopia infrarroja IR.

En la TABLA IV.5 se hace una sucinta clasificación de los diversos dispositivos que se emplean en los muestreos.

TABLA IV.5. Clasificación de los equipos de muestreo.

CLASIFICACIÓN DEL EQUIPO DE MUESTREO Y DEL EQUIPO DE CONTROL SEGÚN SU COMPORTAMIENTO TEMPORAL:
Equipos de muestreo continuos, que proporcionan una monitorización en tiempo real de la concentración del contaminante
Equipos de muestreo integrados, que proporcionan una concentración promedio en un periodo de tiempo
Equipos de muestreo puntual
CLASIFICACIÓN SEGÚN LA PORTABILIDAD:
Equipos de muestreo estacionario, que generalmente son de registro continuo
Equipos de muestreo portátiles. Lo suelen ser los integrados y los de registro puntual
Equipos de muestreo personal
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL SISTEMA DE IMPULSIÓN DEL AIRE:
Pasivos
Activos, que utilizan una bomba de impulsión
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE CAPTACIÓN DEL CONTAMINANTE, LO CUAL DEPENDE DEL TIPO DE CONTAMINANTE:
Partículas y aerosoles: filtración (que suele ser lo más fácil), gravedad, métodos electrostáticos, térmicos
Gases y vapores: por métodos activos o pasivos. A su vez, en recipientes (bolsas, ampollas, etc.) o por absorción sobre medios líquidos o por adsorción sobre sólidos

Y en la TABLA IV.6 se clasifican los equipos de detección según el método analítico en que se basan.

TABLA IV.6. Clasificación de los equipos de detección según el método analítico.

DETECTORES DE AGENTES FÍSICOS:
Para temperatura: termómetros de alcohol o de mercurio, termorresistencias de platino, o termistores y con termopares. Además el termómetro de globo y el de esfera negra que permite medir la temperatura radiante
Para humedad: termómetro de bulbo húmedo o higrómetros específicos
Velocidad del aire: anemómetro de turbina o hilo caliente
Luz: luxómetros
Ruido: sonómetros
DETECTORES DE AEROSOL Y PARTÍCULAS: empleo de filtros y análisis con métodos gravimétricos o específicos. A veces pueden proporcionar una lectura directa. Los detectores captan propiedades como tamaño, carga, masa. Tipos de instrumentos:
Ópticos: para investigaciones rutinarias. Se basan en la iteración de las partículas con la luz láser, dando el tamaño y el número de partículas
Piezoeléctricos
Atenuación beta
Eléctricos
DETECTORES DE GASES Y VAPORES: métodos para el análisis
Eléctricos
Electromagnéticos
Químicos (indicador de colorímetro de lectura directa)
Térmicos
Magnéticos
Radioactivos
Cromatográficos

Los cuadros anteriores nos aproximan a la gran variedad de métodos que se pueden emplear para medir diferentes parámetros físicos y contaminantes químicos. Así, por ejemplo, dentro de aquéllos de los que se ocupa este trabajo, tenemos que para la detección de CO₂ normalmente se usan espectrometría de doble haz de infrarrojos no dispersivos, cromatografía

de gases, mediante detección de conductividad térmica, mediante tubos detectores o espectroscopia fotoacústica (PAS); para CO, tubos indicadores, monitores pasivos, dispositivos (células) electroquímicos, espectrómetros de infrarrojos o espectroscopia fotoacústica, y para VOCs (compuestos orgánicos volátiles), detectores de ionización de llama (FID), fotoionización (PID) o fotoacústica (PAS).

1. MEDICIÓN CONTINUA DE INDICADORES TERMOHIGROMÉTRICOS.

La tecnología actual permite captar una gran cantidad de datos sobre un parámetro físico o un componente químico, producto de su medición continuada a lo largo del tiempo y/o en diferentes puntos de captación. En la medición de parámetros físicos y de confort se empleó esta tecnología con los **equipos VIVO** de Dantec, ya probados en trabajos con similar propósito (323, *Stetzenbach et al, 2008*). Disponen de **sensores**, cuyos tipos, rango y unidades de datos que proporcionan se mencionan a continuación:



FIGURA IV.1. Equipo de medición termohigrométrica

VIVO Temperature: mide la **temperatura operativa**, con un rango de medida de 5-40°C. Las temperaturas recogidas de bulbo seco (197, *ISO, 1998*; 53, *ASHARAE, 2004*) son la **temperatura del aire** (“Air temperature”), que es la temperatura del aire alrededor del cuerpo, y la **temperatura operativa**

("Operative temperature"), que es la temperatura uniforme equivalente de una caja negra imaginaria en la que el ocupante puede cambiar la misma cantidad de calor por radiación más convección como en el ambiente actual no uniforme. (Estas temperaturas se aplican a confort global y local).



FIGURA IV.2. Sensor de temperatura operativa

VIVO Humidity: mide la **humedad relativa** (RH), con un rango de 0-100% RH y también la temperatura del aire, de 0 a 40°C. Ratio entre la presión de vapor de agua (P) en aire húmedo y presión de saturación de vapor de agua (Ps) en igual temperatura y presión total (197, ISO, 1998).



FIGURA IV.3. Sensor de humedad relativa.

VIVO Draught, mide:

- La **temperatura del aire** (rango 5-40°C).
- La **velocidad del aire** (“Low air velocity”), rango: 0,05-5 m/s; el rango es de 0 a 1 m/s (tipo 1) ó 0 a 5 m/s (tipo 2); las fluctuaciones en velocidad del aire está por encima de 2Hz.
- La **intensidad de turbulencia** (“Turbulence intensity”).

Se trata de tres sensores “de corriente” del aire que miden la velocidad del aire (“low air velocity”) usando sensores de tipo omnidireccional y esférico. El instrumento VIVO Draught es diferente de los sensores térmicos, pues tiene una cubierta protectora que ha de ser quitada antes del uso del sensor y se pueden montar las unidades en diferentes ángulos. En posición vertical, la unidad representa a una persona en pie, en ángulo de 30°C a una sentada y en horizontal a una tumbada.



FIGURA IV.4. Sonda de velocidad del aire.

Este equipo solo mide, de las posibles situaciones de malestar térmico el parámetro “Draught Risk” o riesgo por corrientes de aire, relacionado con la intensidad turbulenta, no así las de malestar térmico local, como asimetrías radiantes en paredes, estratificación térmica, superficies demasiado calientes o frías.

Las unidades se pueden conectar entre sí y se pueden alimentar por corriente alterna o por batería (baterías VIVO). Un PDA (“**VIVO Field Control**”, F.E-6) ayuda la interfase entre sensores y el chequeo intermitentemente randomizado de los valores de los diferentes índices térmicos. Para comenzar una medición usando un PDA se siguen estas etapas:

1. Encender el PDA. Seleccionar el icono VIVO.
2. Chequear que tiene en servicio el tiempo deseado. Seleccionar el botón sincronizar.
3. Empieza la sincronización automáticamente. Acaba cuando el programa avisa de que está listo (ready).
4. La sincronización se puede parar presionando el botón “cancel”.
5. Si las unidades no están interconectadas, se deben de sincronizar independientemente.
6. Las mediciones se inician automáticamente y acaban con una señal acústica y el mensaje “status is finished”.
7. Cuando la medición ha acabado, las unidades se resincronizan.

La pantalla puede mostrar los resultados (Vivo Humidity, Vivo Temperature, Vivo Draught, Equivalent temperature, Effective temperature, Draught rate, Radiation temperature, diferencias de temperatura del aire, PMV) y gráficos. Para disponer la colección de datos VIVO usando un ordenador portátil PC existen los programas VIVO Explorer y VIVO Controller. El **VIVO Explorer** permite verificar que el instrumento está en disposición adecuada de uso y el **VIVO Controller** ayuda a descargar los datos de los sensores al ordenador PC.



FIGURA IV.5. Unidad Vivo Controller.

Con los sensores VIVO, la temperatura del aire y la temperatura operativa se muestran con un rango de medida: 5-40°C (exactitud). La altura recomendada para su apreciación es en ambiente homogéneo 0,6 ó 1,1m., en ambiente no homogéneo 0,1, 0,6, 1,1 ó 0,1, 1,1 y 1,7m. El dato de humedad relativa tomado a 0,6m sobre el suelo, se expresa como porcentaje. El “Draught Rate” se determina eligiendo el máximo DR, entre tres elevaciones de cada estación local: 0,1, 0,6 y 1,1m. Estas consideraciones sobre altura son las previstas para evaluaciones laborales, (0,6 es para postura sentada). La velocidad del aire viene definida por su magnitud y dirección (197, ISO, 1998).

A partir de los sensores VIVO se obtienen también los índices de “Draught Rate”, “Equivalent temperature”, “Radiant temperature”, el PMV (Voto Medio Previsto) y el PPD (Porcentaje de Personas Insatisfechas), siendo estos dos los índices calculados para confort térmico. Se puede obtener el PMV con buena aproximación durante las fluctuaciones menores de una o más de las variables a las que se aplican los “time-weighted-averages” (promedios ponderados en el tiempo) de temperatura del aire, temperatura radiante media, velocidad relativa del aire, presión parcial de vapor de agua y humedad relativa. Según AHSRAE, también “metabolic rate” y aislamiento de la ropa (53, ASHRAE, 2004). El PMV se calcula con una ecuación establecida por la Norma EN-ISO 7730. El PD (Percent Dissatisfied) representa el porcentaje de ocupantes insatisfechos por discomfort.

La temperatura seca del aire se mide con una sonda de Pt-100 y a humedad relativa con una sonda de sensor capacitativo.

El **termómetro de globo** se usa para medidas de temperatura radiante media, teniendo un rango de valores: Testo 454: 0 a +80°C y una precisión: $\pm 1^\circ\text{C}$ según DIN 33 403

2. MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE VENTILACIÓN.

El **caudal de ventilación** (Q), se determinó como volumen de aire por unidad de tiempo, que se introduce en el volumen de control, procedente del exterior del mismo (4, AENOR, 1991b). La ecuación siguiente nos determina el caudal de ventilación.

$$Q = A \cdot v \cdot k$$

Donde,

- A es el área del difusor
- v es la velocidad de impulsión
- k es el facto de ventilación, varía entre 1 y 10

Se ha obtenido el caudal de aire de impulsión midiendo la velocidad a la salida del difusor de impulsión por la superficie teórica de la misma. Su unidad es m³/hora. El factor k se ha aplicado sobre el modelo y tamaño de la rejilla o difusor siguiendo las instrucciones del fabricante.

El **número de renovaciones por hora** (n), se calculó, dividiendo el caudal de ventilación entre el **volumen de control** de la sala o estancia (volumen de la estancia). Su unidad es h⁻¹

$$n = Q / V$$

La **eficacia de ventilación** (ε_v) es indicativa de lo adecuada que es la renovación del aire en el conjunto de una sala, con relación al caudal nominal del aire. Este índice es mayor cuanto mejor es la renovación del aire en el conjunto de la estancia, considerando un volumen de la estancia y caudal constante.

Se calculó con la siguiente ecuación:

$$\varepsilon_V = \frac{C_e - C_i}{C_z - C_i}$$

Donde:

- C_e es la concentración de una sustancia contaminante en el aire de extracción.
- C_i es la concentración en el aire de impulsión.
- C_z es la concentración en la zona ocupada.

Las **diferencias de presiones** solo se midieron en los recintos del edificio nuevo. Se obtuvieron con un manómetro de presión diferencial de aire, colocando dos tubos sensibles entre los puntos de medida. Los sensores se colocaron en el centro de cada habitación, a 1,5m de altura.

3. MEDICIÓN DE PARTÍCULAS.

La concentración de partículas se obtiene siguiendo las pautas de la Norma UNE EN 14644-1 (18, ANEOR, 2000). Se tomaron el número de muestras en el muestreo por cada recinto, establecido en la fórmula:

$$N = A^{-2}$$

Donde:

- A es el área del recinto y
- N es el número de muestras a tomar.

Se emplea el analizador de partículas Lasair II, de láser de diodo. Concentración máxima de 5% de pérdidas $>375,000/\text{ft}^3$. Datos que almacena: 3000. Tipo de filtros HEPA estándar ($>99,97$ a $0,3\mu\text{m}$). Los datos, en varias exposiciones de 30 minutos, se expresan en número de partículas de diferentes tamaños (partículas de $0,3$, $0,5$, 1 , $5\mu\text{m}$ y macropartículas de 10 y $25\mu\text{m}$) por metro cúbico de aire.



FIGURA IV.6. Medidor de partículas.

4. MEDICIÓN DE CONTAMINANTES QUÍMICOS.

Las **concentraciones de CO₂** se han medido en tres posiciones para calcular la eficacia de ventilación, en la impulsión, donde la concentración de CO₂ permanece constante, en la zona ocupada y en el retorno del local. Sonda de CO₂ para medir en ambiente, medición de doble haz (FIGURA IV.7). Sensor: principio de absorción de dos canales.

- Rango de valores: 0 a 1% en volumen de CO₂
0 a 10000ppm CO₂.
- Exactitud (a 23°C): 0 a 5000ppm (50 ppm + 2% del v.m.)
5.000 a 10000ppm (100 ppm + 3% del v.m.).
- Resolución: 1ppm o 0,001% vol.

FIGURA IV.7. Sonda de CO₂.

Para medir el monóxido de carbono, **CO**, en el ambiente se empleó la sonda de CO de la FIGURA IV.8, con un rango de medida: 0 a 500ppm

- Precisión: +5ppm (0 a 100 ppm)
 +5% v.m. (100 a 500 ppm)
- Valores medidos con sonda de medición:
 - Referencia: 1047ppm 4374ppm
 - Tolerancia: 70ppm 150ppm
 - Valor medido: 1053ppm 3366ppm

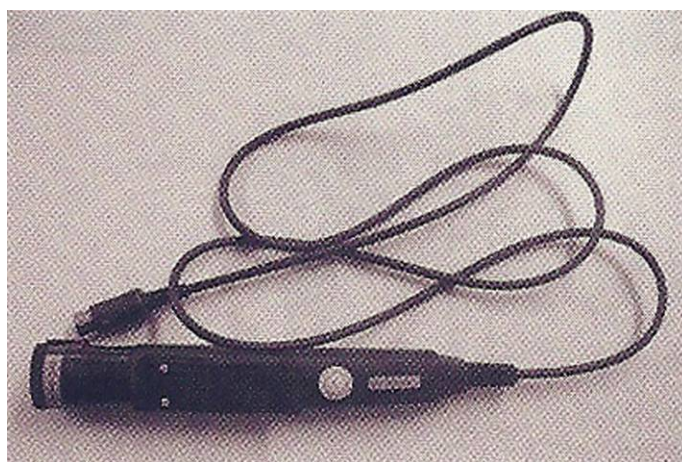


FIGURA IV.8. Sonda de CO.

Se han obtenido las **medidas de COVs** mediante un analizador con ensayos de una duración de 15 minutos. Determina la concentración en ppm. Se ha utilizado el **muestreador multigases Dräger Multi PID 2**, de detección por fotoionización y que detecta simultáneamente diversos gases y/o vapores y aplica dos distintos métodos de detección: espectrometría de movilidad de gases (IMS) y detección por fotoionización (PID). Válido para más de 500 gases y vapores. Bomba integrada de gran potencia. Factores de conversión seleccionables para más de 70 gases. Data Logger para registro y trasvase de datos a PC. 1500 líneas de datos. Puerto de comunicación a PC RS-232. Temperatura de funcionamiento de 0 a 40°C. Rango de medida 0,5 a 2000ppm de COVs. 100 a 20000 con sonda de dilución. Precisión $\pm 10\%$. Calibrado de fábrica a isobutileno. Límite de detección: 0,5ppm de isobutileno. Equipado con lámpara estándar de UV de 10.6eV. El paquete de software "GasVision" facilita la evaluación de los datos medidos. Permite registrar hasta 15000 puntos de

muestreo que pueden ser descargados a un PC. Lleva botella de calibración de gases, para calibración y test de prueba en taller o campo.



FIGURA IV.9. Equipo de medición de VOCs.

Todos los instrumentos utilizados fueron calibrados por especialistas recomendados por el fabricante, previamente a ser empleados en el estudio.

5. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DE LA CLASE DE REFERENCIA.

La apreciación de los resultados requiere de dispositivos que los ofrezcan de forma asequible para su colección y análisis. Un equipo al que se puede recurrir con este fin es el “**Data Logger**”. Un “Data Logger” es (303, Saravia, 2004) un dispositivo electrónico que registra mediciones ordenadas en el tiempo, provenientes de diversos sensores. Luego, cada medición es almacenada en una memoria, junto con su respectiva fecha y hora. Los “Data Logger” en general son pequeños y están alimentados por baterías. Están conformados por un microprocesador, una memoria para almacenamiento de los datos y diferentes sensores. La mayoría utilizan el PC como interface para programar el dispositivo y leer la información recolectada. Son portátiles, de bajo consumo, con intervalos de muestreo programables, lo que permite registrar variables con diferentes velocidades cambiantes, y tienen una buena capacidad de almacenamiento de los datos. Pueden controlar todo tipo de

datos ambientales, los más comunes temperatura y humedad. Disponen de cuatro canales de entrada para conectar sensores.

El **sistema modular Testo** puede registrar diferentes parámetros “in situ” o datos de medición en varios puntos simultáneamente usando un solo equipamiento.

El **Testo 435** es un instrumento de medición compacto y portátil, que se puede ampliar hasta obtener un sistema de medición modular con más de 200 canales. La unidad de control permite medir temperatura, humedad, presión, velocidad, CO₂, rpm, corriente y voltaje. Se puede completar mediante “loggers” acoplables con cuatro entradas de sonda por “logger” configurables por el usuario. El “data logger” registra y memoriza los datos de medición también sin necesidad de conexión con la unidad de control. La unidad de control muestra los datos medidos y controla el sistema Testo 435. De forma alternativa se puede usar el controlador de bus de datos Testo para ordenador portátil PC en lugar de la unidad de control, para leer y controlar los “loggers” descentralizados. El Testo 435 cuenta con dos canales, para medir temperatura (termopares, K/J/S, PT100, NTC) y conectar sondas de CO, CO₂, rpm y transmisores/transductores de señales mV/mA. Con una capacidad de memoria aproximada de 50000 valores medidos.

El **Testo 435** (FIGURA IV.10) incluye los parámetros básicos de temperatura del aire, CO₂, velocidad del aire, humedad relativa y se puede ampliar con complementos para realizar cualquier tarea de medición. Además de las sondas termopar rápidas y fiables, también se pueden conectar las sondas Pt100, según EN 60571 (anteriormente IEC 751), o sondas seleccionadas de elevada exactitud basadas en la Pt100.

Rango de parámetros:

- Temperatura: -1°C a 50°C
- Humedad relativa: 0 a 100%
- Diferencia de presiones: 0,01 a 50hPa



FIGURA IV.10. Testo 435.

Las sondas empleadas, y que se pueden apreciar en la FIGURA IV.10, son las siguientes:

- Sondas molinete y de hilo caliente.
- Sonda térmica con medición integrada de humedad y temperatura ambiente.
- Sonda de presión diferencial.
- Sondas por radio de temperatura.
- Sondas de calidad de aire interior (IAQ) mide los parámetros de CO₂, humedad relativa, y temperatura ambiente para evaluar la calidad de aire en la estancia.

6. PRESENTACIÓN Y RECOLECCIÓN DE LOS DATOS.

Base de datos: Todos los datos se procesaron en hojas de Excel, para poder ser tratados adecuadamente para obtener las tablas de resultados y ser expresados de forma gráfica. De los parámetros físicos y químicos de cada lugar muestreado se obtuvieron los siguientes gráficos (TABLA IV.7) directamente a partir de los equipos de lectura y procesamiento de datos:

TABLA IV.7. Gráficos de parámetros físicos y químicos.

MEDICIONES DE PARÁMETROS FÍSICOS Y AMBIENTALES ASOCIADOS A TEMPERATURAS Y HUMEDAD:
Temperatura ambiente
Temperatura operativa
Temperatura efectiva
Humedad relativa (%)
MEDICIONES DE PARÁMETROS FÍSICOS ASOCIADOS A LA VELOCIDAD Y FLUJO DEL AIRE:
Velocidad típica y desviación típica
Índice de corrientes de aire (%)
Intensidad de turbulencia
ÍNDICES DE BIENESTAR AMBIENTAL:
PMV: Voto medio previsto
PPD o PPI: porcentaje de personas insatisfechas
CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES QUÍMICOS:
Concentración CO ₂
Concentración CO
Compuesto orgánicos volátiles

Comparación de los resultados. Los diferentes resultados se compararon con **parámetros de referencia**, de la Norma UNE-EN 7730 (27, AENOR, 2006), la tabla 5 de la Norma 100713 (14, AENOR, 2006), que ya se mostró en la introducción, y tablas publicadas por ASHRAE, en Standards 129 y 170, y con la AIA (51, ASHRAE, 2006). Por otra parte, se efectuó **comparación entre los diversos recintos**, atendiendo al tipo de áreas y a los dos edificios hospitalarios, en lo que respecta a áreas equivalentes. Se consideró como variable independiente el tipo de recinto y como variables dependientes los valores de las diferentes mediciones, que, a su vez, pueden ser expresivas de nivel de riesgo. Estos factores de riesgo se inscriben en la ergonomía ambiental, los valorados en la Norma UNE 7730, de tipo higiénico, recayendo en pacientes, lo cual se trata de evitar con la Norma UNE 100713 y

en el Manual de ASHRAE (51, ASHRAE, 2003). Las variables dependientes expresan sus valores como cuantitativos, continuos los físico-químicos, éstos plasmados inicialmente en largas series. Por lo cual, se transformaron en una cifra central, la media aritmética, y otra de dispersión, la desviación típica. Para comparar tales medias se calculó el valor t y se aceptó su significación con $p < 0,05$.

IV.E. MUESTREO Y ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AIRE.

Para el muestreo microbiológico del aire, especialmente referido a las áreas críticas hospitalarias, se han elaborado múltiples guías o recomendaciones, estando cuando se redacta este estudio en proceso de elaboración una norma UNE que actualiza esta cuestión (131, Domínguez, 2009; 343, Vidal, 2010).

1. MÉTODOS GENERALES DE MUESTREO MICROBIANO DEL AIRE. BIOCOLECTORES.

Varios procedimientos se han descrito para llevar a cabo la detección, por muestreo, de agentes microbianos, y de ello se han ocupado el INSHT (180 y 181, Hernández Calleja) y la Norma ISO 14698-1 (12, AENOR, 2003). En síntesis, cabe citar los siguientes:

Sedimentación pasiva: Se basa en dejar placas abiertas durante varios minutos y esperar que caigan sobre ellas los microorganismos suspendidos en el aire. Sólo resulta útil como método elemental para caracterizar un tipo de aire como poco o muy contaminado.

Filtración por membrana: El muestreador hace pasar un volumen concreto de aire a través de una membrana y luego ésta se incuba sobre un medio de cultivo sólido, como en el caso del método de filtración de aguas por membranas. El problema es que los microorganismos se resecan extraordinariamente con el flujo de aire que les pasa cuando están retenidos en la membrana, por lo que la recuperación es francamente baja. No obstante, es un método propuesto en la Norma ISO 14698-1:2003.

Burbujeo en caldo (impingers): El muestreador hace pasar un volumen concreto de aire a través de un caldo de cultivo y luego éste se observa al microscopio para realizar un recuento o bien se incuba en medios de cultivo para aislar colonias. La recuperación es máxima.

Centrifugación (SAMPLER RCS): El muestreador capta un volumen concreto de aire y lo centrifuga contra una tira de medio de cultivo sólido. La sensibilidad es similar a la de los muestreadores de impacto. El muestreador debe asegurar que las condiciones de filtrado no afectan la viabilidad de los microorganismos recogidos, por deshidratación y la colisión de las partículas viables sobre la membrana filtrante. Ha de permitir aplicar las mismas constantes que para el de impacto. Debe ser posible conectar el soporte del filtro a una bomba de vacío con dispositivo de medida de caudal, sin contaminar el material del filtro y asegurar que la membrana se puede colocar en su soporte de una manera aséptica e igualmente retirarla para ponerla en una placa de cultivo.

Muestreador de impacto, con una velocidad de impacto del aire en el medio de cultivo que representa un compromiso entre: a) una velocidad suficientemente elevada para permitir captar las partículas viables de un tamaño superior a $1\mu\text{m}$; y b) suficientemente pequeña como para garantizar su viabilidad y evitar su alteración mecánica o ruptura celular. Se ha recomendado que la capacidad de muestreo deba de ser de 1m^3 de aire, con un caudal de 100 litros por minuto y una velocidad de impacto en el agar inferior a 20 metros por segundo. Se debe poder desinfectar la superficie externa del dispositivo, y de esterilizar las partes móviles. Ideal que tenga posibilidad de muestrear en ausencia de personas (usando telecomando). Debe tener certificación de calidad y estar homologado.

Impacto en cascada (método Andersen): Clásico método de referencia, por tener la máxima sensibilidad. Se diferencia de otros muestreadores de impacto por tener varios cabezales en cascada, con poros cada vez más pequeños, que recuperan cada vez clusters y microcolonias microbianas más selectivas.

Impacto en diferentes caudales (SAS). También propuesto en la Norma ISO 14698-1:2003. Última generación de muestreadores que permite adecuar el caudal (la sensibilidad) al tipo de aire que muestreemos: flujo laminar para aires limpios, flujo rápido para aires sucios, etc.

En la elección del biocolector se debería contar con las cualidades ergonómicas (peso, maniobrabilidad, facilidad de manejo etc.) y cumplir con las exigencias de la norma internacional ISO/14698-1(12, AENOR, 2003) y UNE EN 13098 (10, AENOR, 2001) y así sólo nos quedan dos tipos: el muestrador de impacto y el muestreador por filtración.

1.1. FENÓMENOS QUE INFLUYEN NEGATIVAMENTE EN LOS RESULTADOS DEL MUESTREO.

Los microorganismos en el aire se encuentran en condiciones de estrés térmico, hídrico, luminoso y alimentario. Si, además, en el aire, hay agentes letales (desinfectantes) pueden eliminarlos o, al menos, impedirles crecer. Asimismo, los gérmenes están formando “clusters” junto a partículas orgánicas o inorgánicas y en microcolonias que aumentan el tamaño de la partícula. Para obtener una máxima recuperación en el muestreo hay que tener en cuenta estos factores, y, además, nuevos agentes de stress introducido mediante el muestreo. La ISO 14698-1 contempla que el tamaño de la muestra, la duración del muestreo y el método pueden influir en la viabilidad del microorganismo.

Efectos de desecación: El paso de grandes volúmenes de aire por la superficie de las células impactadas sobre el medio de cultivo reseca la pared celular de numerosos microorganismos, hasta el punto de hacer inviable su recuperación. En casos extremos, se reseca hasta el medio, que es incapaz de suministrar agua a los microorganismos que han resistido, por lo que éstos luego no crecen allí. La solución ideal es utilizar varios equipos programados en cascada, de modo que cuando el primero termine de muestrear 5 minutos, comience el segundo otros 5 minutos, y así hasta cerrar el ciclo de 1000 litros.

Efectos de rebote: El paso de aire a gran velocidad por la superficie del medio de cultivo provoca turbulencias internas en el muestreador, que impiden el impacto al hacer rebotar y/o pasar de largo a través del medio, en una proporción de microorganismos mayor cuanto mayor sea el caudal del muestreo.

Hay microorganismos que no entran en el muestreador a causa de los espacios inter-poros del cabezal, aunque este tema se resuelve aplicando, en los muestreos estandarizados el **factor de corrección** o tabla del **Número Más Probable** del aire.

2. MÉTODOS DE ENSAYO DE LOS CONTROLES MICROBIOLÓGICOS PROPUESTOS EN EL PROYECTO DE NORMA AENOR.

La propuesta de Norma de AENOR (131, Domínguez, 2009) más reciente supone una revisión y perfeccionamiento sobre las recomendaciones anteriores sobre bioseguridad ambiental en las áreas críticas.

Volumen de muestreo: 1000 litros en una vez o en dos tomas de 500 litros. Los microorganismos no se encuentran solo dispersos al azar, heterogéneamente, sino que además se concentran abundantemente en clusters o microcolonias alrededor de partículas de materia orgánica o inorgánica (polvo) y rodeados de vacíos. Lo que luego se mencionará sobre el caudal, unido a que dos muestras seguidas pueden dar resultados diferentes, aconseja a que estas tomas se hagan por duplicado, lo que conllevaría que en zonas de riesgo con aires muy limpios, la muestra mínima representativa no sea menor de 1000 litros, es decir de 1m^3

Caudal: El caudal es el volumen de aire que se muestrea por unidad de tiempo, a veces mal llamado velocidad de entrada, que es en realidad la velocidad (espacio recorrido por unidad de tiempo) del impacto de la célula sobre el medio de cultivo. Se utilizarán caudales de 0,5 a 1,5 litros/segundo, aunque cuando se trata de muestreo de aire con filtración HEPA es recomendable utilizar 0,5 litros/segundo. Con caudales bajos los efectos de desecación de la placa tras el paso de grandes volúmenes de aire se minimizan y, además, se reduce el efecto rebote y el efecto “paso de largo”. Para un paso de 0,5 litros por segundo (30l/min.) la velocidad de impacto del microorganismo sobre el medio de cultivo es de 2,9m/s; a 1 litro por segundo (60l/min.) es de 5,8m/s; 1,5l/s (90l/min.) es de 8,7m/s.; a 1,67l/s (100l/min.) es de 9,7m/s, y a 2l/s es de 11,6m/s. Tanto las bacterias como los hongos se

recuperan en mayor número si realizamos todas las muestras a una velocidad de 0,5l/s, siendo en algunos casos este aumento del doble que si las realizamos a 1,5l/s, lo que obliga a que las áreas de muy alto y de alto riesgo se realicen a 0,5l/s. En caso extremo con aire de bajo contenido de esporas de hongos y bacterias, de importancia en las áreas de muy alto o de alto riesgo, habría numerosos falsos negativos obtenidos a 1,5l/s, lo que haría dar el resultado como aceptable, 0UFC/m³, cuando no lo es.

Procesamiento de laboratorio de las muestras. En cuanto al soporte de las tomas se usan **placas con medios sólidos de cultivo**, del tipo Petri y/o del tipo Rodac. Las placas de tipo Rodac recuperan más especímenes que la placa Petri, debido a un menor efecto rebote (turbulencia-reflujo en paredes).

En cuanto a los **medios de cultivo, temperatura de incubación y duración de la misma**, se indican en la TABLA IV.8 las recomendaciones.

TABLA IV.8. Medios de cultivo para las tomas de aire, temperatura de incubación y duración.

MICROBIOS	MEDIOS DE CULTIVO	TEMPERATURA	TIEMPO DE INCUBACIÓN
Bacterias	Estándar Ej., TSA	35 – 37 ± 1° C	3días
Hongos	Ej. Sabouraud (dextrosa + cloranfenicol) o Agar Rosa de Bengala *Si hay desinfectantes, usar neutralizantes	a) 25 ± 1° C → 5días b) 37° C → 2días T ^a ambiente → 5días	

2.1. EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS.

Método cuantitativo: Realizado mediante el recuento de las colonias que hayan crecido, deben expresarse en UFC (unidades formadoras de colonias) y referidas a 1m³ de aire. El valor del recuento (Pr), lo deberemos multiplicar por un factor de conversión que transforme litros de aire muestreado a m³ (TABLA IV.9), en función del volumen de aire muestreado.

TABLA IV.9. Factor de conversión del volumen de aire muestreado.

FACTOR DE CONVERSIÓN (m ³)	VOLUMEN AIRE MUESTREADO (l)
10	100
5	200
2,5	400
2	500
1	1000

Cálculo de los resultados cuantitativos basados en la teoría de la probabilidad. El método de corrección estadística se basa en el principio de que a mayor cantidad de microorganismos en cada toma de muestras, aumenta la probabilidad de que hayan penetrado varios de ellos por el mismo orificio del soporte del muestreador (cabezal, del método de impacto). La cifra del recuento del número total de gérmenes, por m³, se corrige con ayuda de la **tabla de corrección estadística de Feller** o aplicando la **fórmula de Feller** (131, Domínguez, 2009) en la que se basa la tabla:

$$Pr = N \left[\frac{1}{N} + \frac{1}{N-1} + \frac{1}{N-2} + \frac{1}{N-r+1} \right]$$

Donde:

- *N* es el numero de orificios de la tapa del colector-muestreador
- *r* es el numero de UFC
- Pr es el número probable total de UFC

Estudio cualitativo: Solo se plantea la identificación de ciertos microbios que pueden ser interpretado como indicadores de falta de calidad: *Staphylococcus aureus*, *epidermidis*, *E. coli*, por deficiente cumplimiento de las normas por el personal; bacterias Gram negativas (*Pseudomonas....*), por contaminación por aerosoles. Y, lo que para nosotros resulta más importante, por anomalías en los sistemas de filtrado, hongos filamentosos (*Aspergillus...*).

3. PLAN DE MUESTREO.

Un **plan de muestreo** documentado es indispensable para la evaluación e interpretación precisa de una biocontaminación. El plan de muestreo debe realizarse en el contexto de un sistema formalizado elegido y debe estar documentado. La toma de las muestras con los sistemas de acondicionamiento del aire en funcionamiento y en reposo, nos facilita la información útil sobre el buen funcionamiento de la instalación.

En la **elaboración de un plan de muestreo** se tendrá en cuenta:

- Elección del lugar de muestreo en función del emplazamiento y zona de riesgo.
- Número de muestras (volúmenes, límites preestablecidos, etc.).
- Frecuencia de muestreo.
- Métodos de muestreo, carácter cualitativo y cuantitativo.
- Volumen o superficie que se desea muestrear.
- Tipo de muestreo: pasivo (sedimentación), activos (impacto, filtración etc.).
- Diluyentes, líquidos de aclarado, agentes neutralizantes (superficies).
- Identificación de las muestras.
- Tratamiento de las muestras: condiciones del transporte y de conservación
- Cultivos: medios selectivos, con/sin aditivos, generales etc.
- Incubación: tiempo y temperatura
- Expresión e interpretación de los resultados: los resultados cuantitativos se pueden expresar en UV (unidades viables) o UFC (unidades formadoras de colonias) y NMP (número más probable).
- Factores de corrección en función del volumen de la muestra y del nº de orificios del cabezal.

Situación de los locales a estudiar: Sin presencia humana, o sin hablar ni moverse, con la climatización en marcha y las puertas y guillotinas (ventanas de llegada del instrumental al quirófano) cerradas.

Puntos de toma de muestras de aire:

- Quirófanos y salas de exploraciones sometidas a control: en un punto a nivel de la mesa de operaciones. Si los quirófanos cumplen la norma UNE 100713:2005 no será necesario tomas en la salida de impulsión del aire.
- Salas con campanas de flujo laminar, entre ellas zona de preparación de productos estériles en farmacia (citostáticos): en un punto en la sala y otro en la campana.
- Habitaciones de aislamiento: en un punto a nivel de la cama.
- Sala limpia de esterilización: en un punto a nivel de estantería.

Frecuencia de los muestreos: Para el caso de los quirófanos, siguiendo con los mismos criterios de frecuencia para la validación admitidos para otros parámetros ambientales (filtros, temperatura, humedad, partículas ruido etc.), los controles microbiológicos se realizarán previamente a la puesta en marcha, después de una reforma, post-mantenimiento por detección de anomalías, tras cambio de filtros absolutos y cada año en condiciones de uso.

Hay otras circunstancias que aconsejan controles microbiológicos, sobre los que existe escaso consenso, recomendándose las siguientes:

- En caso de epidemia de posible origen en área controlada.
- En caso de obras en las proximidades de áreas controladas.
- Cuando los Servicios de Medicina Preventiva, consideren necesario como parte de un programa de calidad en la bioseguridad hospitalaria, con las siguientes frecuencias:
 - En zonas controladas de aislamiento protector Onco-Hematológico: cada 15 días.
 - En quirófanos y áreas de muy alto riesgo: cada 30 días.
 - En quirófanos y áreas de alto riesgo: cada trimestre.
 - En la zona de preparación de citostáticos (campana): cada trimestre.

La frecuencia de estos controles se adecuará a las circunstancias particulares o tipología del bloque quirúrgico y se podrá aumentar si hay alteraciones en el sistema de tratamiento del aire o un paro del mismo.

4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Limitaciones en la comparación de los resultados: Las diferentes técnicas de muestreo, de cultivo o de análisis microbiológico para cada tipo de control, dan resultados muy dispares.

Como consideración previa hay que advertir que, de las dos clases de microorganismos que se suelen detectar con un muestreo microbiano del aire, que requieren, como hemos visto, diferentes medios de cultivo y métodos analíticos en el laboratorio, y que son bacterias y hongos, cabe esperar resultados, incluso cuantitativos muy diferentes y deducir también riesgos muy diferentes. Ya se ha insistido en la especial significación de los hongos filamentosos en las áreas donde se sitúan pacientes críticos. Tampoco en uno y otro caso tienen igual aceptabilidad según las características del área. De ello se deriva cierta complejidad clasificatoria en orden a interpretar los resultados.

En la TABLA IV.10 se mencionan los límites de **carga bacteriana** para decidir, según el tipo de local, cuando nos encontramos en un nivel cero de referencia, o sea, satisfactorio.

TABLA IV.10. Límites de carga bacteriana.

GRADO DE RIESGO EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE BIOCONTAMINACIÓN DE LA ZONA	NIVEL DE CERO BLANCO DE REFERENCIA (UFC/m ³)
5 (A)	100
4 (B)	200
3 (C)	400
2 (D)	500

En la siguiente TABLA V.11 se expresa una escala de clasificación bacteriológica, aunque también se hace referencia a los hongos, en razón de la concentración de gérmenes encontrada en el aire.

TABLA IV.11. Clase de limpieza bacteriológica en ambientes controlados en funcionamiento, sin actividad y sin presencia de personas.

CLASE BACTERIOLÓGICA	CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE BACTERIAS VIABLES (UFC/m ³) *	CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE HONGOS VIABLES (UFC/m ³) **
B >100	>100, <800	>10
B 100	100	>1, <10
B 20	20	0
B 10	10	0
B 5	5	0
B1	1	0

(*) Presencia de bacterias asociadas a infección de la herida quirúrgica tales como: *Staphylococcus spp* y bacterias Gram negativas (*Pseudomonas spp*, *E. coli*).

(**) La presencia de una sola colonia de Hongos (*Aspergillus*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Scedosporium*), en el aire de una zona (A,B,C) controlada es anormal.

En la TABLA IV.12 se muestra la clasificación valorativa de los recintos en relación con el tipo y carga de microorganismos encontrados.

TABLA IV.12. Valores de referencia de microorganismos para la calificación de recintos.

CLASIFICACIÓN	VALOR	PARÁMETROS
Ambiente muy limpio	< 10UCF/m ³	Aerobios mesófilos totales
Ambiente limpio	10-100UCF/m ³	Aerobios mesófilos totales
Ambiente aceptable	100-200UCF/m ³	Aerobios mesófilos totales
Ambiente admisible	Ausencia=0UCF/m ³	Hongos: <i>Aspergillus</i> , <i>Rhizopus</i> , <i>Mucor</i> , <i>Scedosporium</i>

En relación con la actuación a llevar a cabo, se distinguen estos tres niveles:

- **Nivel cero** o blanco: nivel de calidad que asegura el mantenimiento de las condiciones normales exigidas.
- **Nivel de alerta** nivel que permite una primera alerta en casos de aparición de algún espécimen no autorizado, repetir las tomas, repasar las medidas y elementos del sistema.
- **Nivel de acción** intervención inmediata para solucionar el problema que se plantea.

La detección de microorganismos corresponde a los valores de la TABLA IV.13.

TABLA IV.13. Recomendaciones de las zonas especialmente controladas.

ÁREAS DE MUY ALTO RIESGO (5)		
ÁREAS DE ALTO RIESGO (4)		
	Bacterias UFC/m ³	Hongos UFC/m ³
Acción	>20	1
Alerta	>10	1
	<20	
Cero o blanco	≤10	<1

En el reciente documento PrUNE 171330-4, que sintetiza criterios expertos de los que aquí ya se ha dado cuenta, se consolida el siguiente método de control microbiológico: técnica de impacto sobre medio sólido, usando placas de Petri o de Rodac, con un caudal de 0,5 a 1,5l/s., según clase, y por duplicación de volúmenes.

5. REALIZACIÓN DEL ESTUDIO DE MICROBIOLOGÍA AMBIENTAL.

Se efectuó un muestreo estandarizado con valor comparativo y búsqueda en todos los casos de unos mismos microorganismos, hongos saprofitos, a los que se les presta condición de marcadores de la pureza del aire desde el punto de vista de biocontaminación, de específico interés en las

áreas críticas hospitalarias. Por tanto, todos los muestreos y análisis de bioseguridad ambiental, tanto en los estudios transversales como para datos de carácter retrospectivo, se realizaron con la misma técnica.

Equipo: Se empleó el **muestreador** volumétrico **Merck Air Sampler MAS 100** (muestreador de aire MAS 100, de Merck), que es un muestreador portátil de uso manual y que se basa en el principio de Andersen de muestreo del aire. (FIGURA IV.11). Se fundamenta en el método de impacto por medio de la aspiración del aire a través de una placa perforada (cabezal de acumulación, con 400 orificios), que mantiene placas de Petri estándar de 90mm de diámetro. Lleva un anemómetro integrado, lo que permite resultados correctos y reproducibles. Es programable y se puede usar con conexión a corriente eléctrica o por medio de batería recargable. El cabezal donde se incorpora la placa de Petri es autoclavable. La velocidad de flujo de aire es de 100 litros/minuto, sirviendo la función anemómetro para autochequeo de la velocidad de flujo. La velocidad de paso del aire es de 0,45m/s para aspiración en horizontal. La velocidad de impacto sobre la superficie de agar es de 11m/s coincidiendo con el nivel 5 del muestreador de Andersen y que es una velocidad que garantiza la recolección de todas las partículas de tamaño superior a 1 μ m (según el fabricante).



FIGURA IV.11. Muestreador MAS 100.

Se recomienda la calibración del aparato al menos una vez al año, habiendo sido calibrado con motivo de este estudio por los técnicos recomendados por el fabricante.

Muestreo: Siguiendo el protocolo de bioseguridad del INSALUD (175, *Grupo de Trabajo de la SEMPSPH, 1999*) se bombearon muestras de 500 litros de aire por toma (una o dos por recinto y sesión, según más adelante se señala) y, salvo otra indicación, se efectuó en el punto medio de la sala a nivel del lugar de la mesa de operaciones o de la cama que ocupa el paciente. Se hace dentro del ritmo habitual de actividad asistencial que se tenga que llevar a cabo en la sala.

- **En el estudio transversal**, para cada recinto se hicieron dos tomas de aire, una en la proximidad del punto de entrada de aire acondicionado (a unos 30cm de distancia) y otra en la zona central a una altura de unos 100cm sobre el suelo. Se hicieron coincidir con el momento del muestreo de medición de los otros parámetros, físicos y químicos.
- **En el estudio longitudinal (mensual en meses sucesivos)**, para analizar la carga total de hongos y de *Aspergillus*, se ha tomado una muestra, efectuando mediciones en los cinco tipos de áreas, en el antiguo hospital durante el periodo de julio de 2003 a junio de 2008 (5 años) y en el nuevo durante 10 meses, de mayo de 2009 a abril de 2010.

En el estudio longitudinal únicamente se consideraron los muestreos realizados en la zona central de cada habitación descartándose, en caso de muestreo doble, las demás, para prestar homogeneidad al procedimiento en vista de obtener la validez comparativa de los resultados. Se tomaron las muestras con una frecuencia mensual, y en las ocasiones en que se efectuaron varios muestreos en el mismo mes, se consideró el primero, dado que los siguientes del mismo periodo se habían repetido por causa de haber encontrado valores inadecuados en el primero y estar motivados por la necesidad de comprobar el efecto satisfactorio de medidas correctoras recomendadas.

Cultivo y obtención de resultados: Se expusieron placas de tamaño estándar (circulares de 9 cm de diámetro), con medio de cultivo adecuado para el crecimiento de hongos: agar de Sabouraud con adición de antibióticos (cloranfenicol), para evitar la interferencia producida en el crecimiento de hongos debido a un posible crecimiento de bacterias. En todas las series realizadas en las mismas fechas se emplearon medios de cultivo de testigo que se procesaron de igual manera que las expuestas, pero sin estarlo, a fin de evitar la aparición de falsos positivos. Se pusieron las placas en estufa de cultivos a 37°C, haciéndose recuento de colonias a las 48 horas (resultados provisionales) y a los 5 días (lectura definitiva).



FIGURA IV.12. Placa de muestra.



FIGURA IV.13. Ejemplos de placas con colonias.

Después del cultivo de la muestra se estimaron los resultados:

- **Resultados cuantitativos:** Se hizo el recuento de las colonias crecidas y su resultado se calculó en **NTG (número total de gérmenes)**, como ya se ha descrito, obteniendo la cifra, corregida con ayuda de la tabla de corrección estadística de Feller proporcionada por el fabricante del muestreador, conforme ya se ha descrito. Aunque se hizo casi excepcional, dado el número habitualmente escaso de unidades formadoras de colonias halladas por placa. Se expresó como UFC/m³.
- **Identificación cualitativa:** En todos los casos en que se encontraron colonias, fueron éstas identificadas por especialista en microbiología. Para su incorporación a la base de datos los hongos patógenos esporulados encontrados se codificaron con los siguientes códigos, que son los que se utilizan en el Estudio de Prevalencia de Infección Nosocomial en España. (318, *SEMPSPH*, 2007):
 - 413 *Mucor* spp
 - 417 *Rhizopus* spp
 - 419 *Scedosporium* spp
 - 461 *Aspergillus flavus*
 - 462 *Aspergillus fumigatus*
 - 463 *Aspergillus niger*
 - 400 *Aspergillus* spp
- **Tratamiento estadístico:** Se confeccionaron tablas de resultados, independientemente para el estudio de corte transversal único, y para el de seguimiento a lo largo de cinco años en el antiguo hospital y de uno en el nuevo. Se diferenció el total de UFC/m³, de hongos totales y de UFC/m³ de *Aspergillus*, que en ambos casos se tomaron como variable dependiente. El objeto de comparación, tomado como variable independiente, fue la tipología del hospital y de sus recintos. Se expresaron los resultados como valores promedio y según niveles de carga microbiana. Con los datos del periodo de seguimiento del antiguo hospital, lo suficientemente largo (5

años) se efectuó representación gráfica, y tratamiento estadístico para comparación por pares de los promedios aparecidos entre tipos de recintos.

IV.F. CUANTIFICACIÓN Y MODELO DE UBICACIÓN DE LAS ÁREAS CRÍTICAS PARA INGRESO DE PACIENTES, SEGÚN REQUERIMIENTOS ESPECIALES DE IAQ.

Para conocer los **requerimientos de hospitalización de pacientes** en orden a una propuesta aceptable de edificación hospitalaria atendiendo a sus condiciones de calidad e higiene del medio interno dentro de una aceptable sostenibilidad, se procedió a:

1. Obtener información sobre el número y tipos pacientes que son ingresados en un hospital general.
2. Referentes teóricos sobre los requerimientos ambientales de los correspondientes tipos de pacientes.
3. Con ambas fuentes de información se ideó un diseño/modelo para ajuste de la atención y el entorno de la edificación

1. CÁLCULO DE NECESIDADES DE ESPACIOS PARA INGRESO.

Para conocer las demandas de pacientes de acuerdo con las condiciones medioambientales que requieren se recurrió a **datos de la prevalencia** de enfermos atendidos, que describe una situación en un momento o una serie de momentos determinados, y que suelen ser utilizados **para la administración, planificación** y en términos generales, la **gestión de los recursos asistenciales necesarios**. La prevalencia muestra la panorámica de lo que ocurre en un momento concreto y sirve para saber con qué problema o problemas nos enfrentamos y, por lo tanto, qué necesidades tenemos para abordarles. Para evitar la singularidad en la imagen obtenida y acceder a la descripción de la situación más persistente y estable se toman a varios cortes de prevalencia realizados de forma sistemática. El estudio al que se ha recurrido ha sido el **Estudio de Prevalencia de la Infección Nosocomial en España (EPINE)**, (336, Vaqué, 2004; 318, SEMPSPH, 2007), que admite estas condiciones utilizables en esta investigación. Se han recogido los datos de 10 años recientes, de 1999 a 2008, del mismo Hospital “Río-Hortega”, suficientes para percibir variaciones en las tendencias o cambio de

las instantáneas anuales. El mismo se llevó a cabo en semejantes condiciones, con igual tipo de encuesta y una misma época del año, el mes de mayo, para eludir la influencia de las variaciones estacionales en la comparación anual. Se ha renunciado al año 2009, por darse unas condiciones especiales por causa del traslado al nuevo edificio en fechas muy próximas, que igualmente podrían haber sesgado el estudio. Por tanto, todos los datos se obtuvieron sobre pacientes en el antiguo edificio. Los datos extraídos del EPINE se obtuvieron y trataron bajo condiciones de anonimato, de tal forma que no hubiese identificaciones personales, excluidos nombres y números de historia clínica, tal como se envían para su procesamiento al centro coordinador estatal. Se obtuvo autorización para su empleo del Coordinador General y el del propio hospital del programa EPINE.

Los datos de fuente primaria (encuestas del EPINE) se volcaron en el Programa Informático Excel. Se ordenaron y trataron según criterios definitorios de los **requisitos higiénicos y ambientales de los pacientes y ubicación**. De este último criterio se distinguieron los servicios o unidades clínicas que se mencionan a continuación con su código adscrito.

- **SERVICIOS HOSPITALARIOS**

- **Servicios Médicos**

- 10 Medicina Interna
 - 11 Unidad de Enfermedades Infecciosas
 - 12 Hematología Clínica
 - 13 Digestivo: Patología Digestiva
 - 14 Cardiología
 - 15 Aparato Respiratorio
 - 16 Endocrinología
 - 17 Oncología
 - 18 Neurología
 - 19 Nefrología
 - 20 Rehabilitación
 - 21 Dermatología
 - 22 Reumatología

- **Servicios Quirúrgicos**
 - 30 Cirugía General (y no especificada)
 - 31 Cirugía Digestiva
 - 32 Cirugía Maxilofacial
 - 33 Cirugía Plástica
 - 34 Neurocirugía
 - 35 Urología
 - 42 Traumatología
 - 45 Otorrinolaringología
 - 47 Oftalmología
- **Servicios de Atención Intensiva**
 - 50 UCI: Cuidados Intensivos Médico-Quirúrgicos
 - 51 Unidad Coronaria
 - 52 UCI Polivalente o Mixta (UCI + Unidad Coronaria)
- **Ginecología y Obstetricia**
 - 60 Ginecología
 - 65 Obstetricia
- **Pediatría**
 - 70 Pediatría
 - 71 Neonatos (incluye UCI de Neonatos; no incluye Nursery)
 - 72 Lactantes
 - 73 Escolares
- **99 Otro Servicio**

La codificación procede del EPINE, aunque se han excluido, por no existir en el hospital modelo estudiado, las especialidades quirúrgicas de cirugía vascular, cirugía torácica, cirugía cardíaca, la unidad de quemados (tanto adultos como infantil), la de psiquiatría, la unidad diferenciada en ortopedia, la de trasplante renal y las infantiles diferenciadas de hematología, nefrología, oncología, cuidados intensivos y cualquier tipo de cirugía pediátrica. La única unidad de trasplantes es de trasplantes hepáticos (código 55). No se admitió el concepto de unidad de ginecología-obstetricia, sin especificar la diferenciación. Hechas las mencionadas apreciaciones, se decidieron las divisiones asistenciales que se ordenan en el cuadro expuesto a continuación,

donde destaca la clara diferenciación entre ginecología (aplicativa a pacientes) de la obstetricia (aplicativa a usuarias en principio sanas), rompiendo el viejo prejuicio de considerar el embarazo y el parto como una enfermedad. Se propuso estimar de forma diferenciada la hospitalización de causa obstétrica de la ginecológica, en razón de algunas consideraciones previas. Entre otras, la pretensión de considerar de forma separada la asistencia por patología, de la debida a un proceso natural no patológico (la gestación y el parto), el que la asistencia al parto normal se presta de forma muy diferente entre unos y otros países, incluso de parecido contexto socioeconómico y cultural, lo que indica su posible exclusión del marco de un hospital general, y, especialmente porque la asistencia obstétrica presta singularidad a la unidad de enfermería donde se sitúa la parturienta. Se han considerado juntos los códigos 30 (Cirugía general) y 31 (C. digestiva) y todas las UCIs (códigos 50, 51,52).

TABLA IV.14. Tipos de hospitalizaciones.

Medicina: Medicina Interna Hematología Digestivo Cardiología Neumología Endocrinología Oncología Neurología Nefrología	Cirugía: Cirugía General Cirugía Digestiva Cirugía Maxilofacial Cirugía Plástica Ginecología Neurocirugía Urología Traumatología Otorrinolaringología Oftalmología
Atención Intensiva: U.C.I. Coronarias U.C.I. Mixta	Obstetricia <hr/> Pediatría: Neonatos Pediatría U.C.I. Infantil.

Se tuvo presente que la cuantía real de habitaciones adjudicadas a cada tipo de enfermo por Servicios, debe ser matizada con arreglo a la presencia constatada de los pacientes, ya que la inadecuación de la capacidad de las unidades de enfermería muchas veces obliga a ubicar los de una especialidad en las unidades de enfermería de otra (enfermos ectópicos). Para ello se recurrió a la tipificación por diagnósticos, que orientan sobre donde deberían estar los pacientes, antes que sobre donde realmente están. Se clasificaron los pacientes en relación a los **diagnósticos principales**, atendiendo a la codificación internacional empleada (CIE-9-MC).

TABLA IV.15. Codificación de diagnósticos principales.

CAPÍTULO	DESCRIPCIÓN
I	Enfermedades Infecciosas y Parasitarias
II	Neoplasias
III	Enfermedades Endocrinas de la Nutrición y Metabólicas y Trastornos de la Inmunidad
IV	Enfermedades de la Sangre y de los Órganos Hematopoyéticos
V	Trastornos Mentales
VI	Enfermedades del Sistema Nervioso y de los Órganos de los Sentidos
VII	Enfermedades del Aparato Circulatorio
VIII	Enfermedades del Aparato Respiratorio
IX	Enfermedades del Aparato Digestivo
X	Enfermedades del Aparato Genitourinario
XI	Complicaciones del Embarazo, Parto y Puerperio
XII	Enfermedades de la Piel y del Tejido Subcutáneo
XIII	Enfermedades del Sistema Osteomioarticular y Tejido Conectivo
XIV	Anomalías Congénitas
XV	Ciertas Enfermedades con origen en el Período Perinatal
XVI	Síntomas, Signos y Estados Mal definidos
XVII	Lesiones y Envenenamientos

En este estudio se prestó atención al Capítulo I (enfermedades infecciosas y parasitarias) por la significación higiénica de tales padecimientos.

Los datos definidos en las encuestas del EPINE como **factores de riesgo intrínsecos**, se han tomado como indicativos de una situación dependiente (coma, por ej.) o de una especial susceptibilidad para adquirir una infección (neutropenia, por ej.), que reclaman unas condiciones medioambientales especiales de la habitación de ese paciente, como cuidados intensivos o aislamiento protector, respectivamente, en los dos ejemplos puestos.

Otros aspectos que definen especiales requerimientos de los pacientes son los concernientes a estar sujetos a **una importante instrumentación**. Destaca la condición de ser **paciente quirúrgico**, pero a los efectos del estudio, de forma primordial después de que se padeció la intervención. A pesar de no ser dato característico de prevalencia, se recoge en el EPINE, como antecedente, si la operación se hizo en el ingreso actual. Otros indicadores del grado de instrumentación del paciente se extrajeron de la base de datos del EPINE, donde figuran como **factores de riesgo extrínsecos**.

Con estos datos se tienen valoraciones de los pacientes en relación con su edad (particularmente interesante por los enfoques diferenciales pediátrico y geriátrico), su género (de interés menor desde que no se diseña la hospitalización en salas comunes), división organizativa asistencial teóricamente definida (servicios), orientación real de la condición clínica y requerimientos de enfermería.

Se atendió, como esencial para el control medio-ambiental y modalidad de aislamiento, el **estado infectológico** de la población hospitalizada. Aparte su identificación en el Capítulo I de la CIE (enfermedades infecciosas y parasitarias) como diagnóstico principal, se obtuvieron los datos específicos sobre **las infecciones hospitalarias y comunitarias de los pacientes ingresados**, del mismo EPINE, constituyesen o no su diagnóstico principal, datos que permiten un análisis epidemiológico para la valoración de las

exigencias higiénicas ambientales: microorganismo, ámbito de adquisición de la infección, diagnóstico específico, etc. De entre ellos, destacamos por ser primordiales en relación a la posibilidad propagativa del agente infeccioso, la **localización orgánica**, según codificación propia del EPINE.

Hechas las tabulaciones generales se elaboraron las estimaciones sobre las características particulares de los pacientes ingresados según servicios y departamentos médicos, atendiendo especialmente a su instrumentación, intensificación de cuidados, frecuencia de la infecciosidad y frecuencia de la condición de susceptibilidad infecciosa.

2. REQUERIMIENTOS AMBIENTALES ESPECIALES TIPIFICADOS PARA PACIENTES INGRESADOS.

Los datos obtenidos se valoraron con las indicaciones de las **guías y recomendaciones de prevención de infecciones y de higiene en el medio hospitalario** para la protección de los pacientes, de las que se dio cuenta en la parte introductoria de este trabajo. De los contenidos de estos documentos se extrajeron las necesidades cuantificadas sobre la ubicación física de los pacientes y su relación con el restante entorno hospitalario.

Las previsiones de higiene ambiental de los ingresados se destacan según dos situaciones contrapuestas: las precauciones y aislamiento de fuentes infecciosas y el ambiente protector.

2.1. PRECAUCIONES Y AISLAMIENTO ANTE FUENTES INFECCIOSAS.

En cuanto a las precauciones **ante fuentes infecciosas** a continuación se mencionan las recomendaciones respecto a ubicación de los pacientes, según la típica clasificación de requisitos ambientales en relación con el mecanismo de transmisión de la infección.

TABLA IV.16. Recomendaciones para pacientes ante fuentes infecciosas.

TIPO DE TRANSMISIÓN	UBICACIÓN/HABITACIÓN
Transmisión por contacto	Situar al paciente en habitación individual. Podrían compartir habitación los pacientes que estuvieran infectados/colonizados por el mismo microorganismo.
Transmisión por vía respiratoria o por gotas	Deberá ser individual, o situar al paciente con otros que padezcan una infección por el mismo microorganismo. Cuando no se dispone de habitación individual debe mantenerse una separación por lo menos un metro entre el paciente infectado y los otros enfermos. No se requieren medidas especiales de ventilación o de manejo del aire, por lo que la puerta de la habitación puede permanecer abierta.
Transmisión aérea	Deberá ser individual, con un sistema de presión negativa y de 6 a 12 recambios/ hora; provista de un sistema de filtración de la salida del aire de alta eficacia para evitar su recirculación a otras áreas del hospital. Es imprescindible mantener la puerta de la habitación cerrada.

Las precauciones frente a la transmisión por vía respiratoria o gotas consisten en evitar la transmisión de microorganismos a través de las gotitas de Flügge (partículas mayores de 5 μ m), expelidas al hablar, toser, estornudar y durante ciertos procedimientos médicos como el aspirado o la broncoscopia.

La transmisión por vía aérea se da en pacientes que se sabe o sospecha están infectados por microorganismos transmisibles a través del aire en gotitas de pequeño tamaño (partículas menores de 5 μ m), y que permanecen suspendidas en el aire durante largos períodos de tiempo. Estos microorganismos pueden diseminarse por corrientes de aire y ser inhalados por un huésped susceptible alejado del foco. Se requieren sistemas especiales de ventilación y de circulación del aire para su prevención. Las habitaciones recomendadas ante la transmisión vía aérea se describen con precisión por los CDC (105, CDC, 2003), designadas como **AIIRs**, y en la guía nórdica (293,

Rydock et al, 2005), habiéndose asumido tal modelo. Llama la atención el número tan limitado de procesos que se incluyen en el apartado: *Mycobacterium tuberculosis* (hasta el tratamiento efectivo, mejoría clínica y tres cultivos de esputo consecutivos negativos), gastroenteritis por *Yersinia enterocolitica* en pacientes inmunocomprometidos, sarampión, varicela (hasta que las lesiones estén cicatrizadas) y herpes zóster en pacientes inmunocomprometidos o diseminado. Sin embargo, la preferencia higiénica de la habitación individual es mucho más generalizada.

2.2. REQUISITOS DEL AMBIENTE PROTECTOR.

Por otra parte se consideraron los **requisitos del “ambiente protector”** que requieren aquéllos pacientes especialmente expuestos a sufrir infecciones, existiendo un amplio consenso respecto a los hematológicos, especialmente trasplantados de médula ósea y que hacemos extensible a otros inmunodeprimidos, tales que trasplantados de órganos sólidos y a los oncológicos más graves en tratamiento inmunodepresor (*104, CDC, 2000*).

Fueron desagregados los pacientes en subgrupos, para calcular los recursos a utilizar (camas hospitalarias), por poblaciones ingresadas y sus intervenciones quirúrgicas y otras instrumentaciones.

3. PROSPECCIÓN SOBRE EL MODELO HOSPITALARIO, INCORPORANDO A LAS NECESIDADES ESPECÍFICAS DE IAQ CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD.

Se efectuó la práctica observacional y de medición de instalaciones de estos dispositivos físicos: Estudio de soluciones técnicas ofrecidas o en ensayo sobre construcciones, en orden a acondicionamiento atmosférico, aprovechamiento energético, destrucción de residuos, logística, etc., para estimar la viabilidad de unas y otras ubicaciones y las posibles soluciones dadas a las mismas.

Estos recursos se tradujeron en **camas hospitalarias** clasificadas según las diferentes **especialidades, intensidad de cuidados y diseño específico de las habitaciones**. Se realizó el cálculo de espacios necesarios según ámbitos y sectores del conjunto de un hospital sobre modelos clásicos (153, Flórez, 1977) y sobre planos de hospitales actualizados, en especial el mismo nuevo Hospital Río-Hortega. Se midieron los recintos de interés, pero descontando pasillos y accesos similares; la superficie de este tipo de espacios se añadió posteriormente, al entender que no serían las mismas en un nuevo modelo de construcción, posiblemente compuesto con edificios separados más bien comunicados por enlaces exteriores. Desagregados los espacios no residenciales para ubicación separada, se centró el cálculo en la distribución de camas según tipología de pacientes (especialidades, diagnósticos, condición infecciosa, susceptibilidad a contraer infecciones, intensidad de cuidados, instrumentación).

Se trató de valorar las unidades básicas espaciales y los específicos requisitos, a ser posible de forma modular (cuántas, tipos, dónde). Se procuró concebir tales unidades según escalas que contemplaran su aplicación a diversos tamaños de hospital (volúmenes modulares). Por ejemplo, lo que es toda una unidad de enfermería, una habitación o un servicio de apoyo. De forma más global se contemplaron los quirófanos o unos u otros tipos de unidades: laboratorios, archivos de historias clínicas, áreas de urgencias, cocinas, etc.

En esta fase del estudio se incorporaron **otros dos elementos de análisis**.

- Interdependencias de **comunicación** entre esos elementos espaciales básicos.
- **Interdependencia de necesidad de espacio** entre esos mismos elementos, de tal manera que se supone que el crecimiento de uno puede generar el de otros y, en muy diferente medida, además, contando con la alternativa de la fragmentación de los módulos dependientes como solución más útil (por ejemplo, edificios de ingresos).

La posibilidad de recolocación de unidades de acuerdo con flujos de traslado y opciones varias de dimensionamiento es lo que prestaría la flexibilidad -que se pretendió- al modelo. Se estimó que los pabellones pueden crecer hacia arriba, siendo la cuestión el dejarlo previsto en la estructura. Se empleó la técnica de ubicar los recintos haciendo crecer las dimensiones de las piezas que les engloban desde dentro hacia la expansión exterior. De esta forma el edificio completo de hospitalización se va diseñando a partir de la unidad de hospitalización estándar y ésta a partir de la habitación estándar. Se tuvieron presentes las nuevas posibilidades constructivas sobre aislamientos y conservación de la energía (aprovechamiento máximo de la luz exterior y limitación de la ventilación artificial a las exigencias higiénico-sanitarias y climáticas imprescindibles para cada ámbito).

CAPÍTULO V

RESULTADOS

APARTADO 1. PARÁMETROS TERMOHIGROMÉTRICOS Y DE CONFORT.

APARTADO 2. CONTAMINANTES QUÍMICOS.

APARTADO 3. PARÁMETROS DE VENTILACIÓN.

APARTADO 4. RESULTADOS DE PARTÍCULAS.

APARTADO 5. ESTUDIO TRANSVERSAL DE CONTAMINACIÓN MICROBIANA.

APARTADO 6. CONTAMINACIÓN MICROBIANA ESTUDIADA POR LA BIOSEGURIDAD AMBIENTAL A LO LARGO DEL TIEMPO.

APARTADO 7. MODELO DE EDIFICACIÓN HOSPITALARIA SOSTENIBLE Y ACORDE CON REQUISITOS ESPECIALES DE IAQ.

APARTADO 1. PARÁMETROS TERMOHIGROMÉTRICOS Y DE CONFORT.

En este apartado se han incluido mediciones que permiten valorar la adecuación del ambiente en cuanto a las variables físicas de temperatura y humedad relativa, velocidad del aire, corrientes de aire, turbulencia y condiciones teóricas de bienestar derivadas de aquéllas otras (PPI, VMP). Ante la gran cantidad de datos que todas ellas suponen se ofrecen los datos promedio (media) y de dispersión (desviación típica) y la variación del parámetro a lo largo del tiempo de muestreo visualmente expresado como gráfica. En el ámbito hospitalario y según establecen las recomendaciones son prioritarias las condiciones termohigrométricas sobre las de bienestar. Por ello el tratamiento numérico de resultados se centran en aquéllas, habiendo renunciado a hacerlo en los del PPI y VMP, que, no obstante, se muestran gráficamente con una información que así se considera suficiente. La intensidad de turbulencia de las tablas y de las gráficas no es coincidente, dado que la elaboración procede de un proceso diferente. En las gráficas aparece el proporcionado por el método de muestreo y la aplicación de fórmula de transformación a partir de datos termohigrométricos previos. Sin embargo, se ha estimado como referente adecuado también el derivado de aplicar la relación entre la desviación estándar y la media de la velocidad del aire, y este resultado es el que se ha trasladado a las tablas. Para los grupos de locales de equivalente función y riesgo se han calculado promedios de las medias y dispersión, pues si bien no corresponden a una realidad física, permiten hacer comparaciones de forma más expresiva. Como el tiempo de muestreo no fue exactamente el mismo en cada sala, aunque fuera del mismo tipo, estos promedios se han ponderado por el número de registros, que son expresivos del tiempo de muestreo, por lo que no se trata de simples promedios de las medias de cada local del grupo. Hace excepción la intensidad de turbulencia calculada como se ha mencionado. Las desviaciones típicas promediadas tampoco fueron ponderadas por el tiempo de registro. Además a efecto de comparaciones se ha considerado que las zonas de enfermería (de TOH y UVI), en las cuales no residen enfermos, no son propiamente áreas críticas y

se han agrupado con las otras dos salas que se escogieron a título comparativo con las críticas.

V.1.A. QUIRÓFANOS.

1. ANTIGUO HOSPITAL.

Consultar planos y fotografías del anexo A.2.

En las siguientes tablas se muestra la media y desviación típica de las temperaturas en °C (TABLA V.1) y velocidad del aire en m/s junto con humedad, corrientes de aire e intensidad de turbulencia en % (TABLA V.2) del conjunto de las zonas de estudio, los quirófanos del antiguo hospital.

TABLA V.1. Datos procesados: temperatura (°C), quirófanos del antiguo HURH.

RECINTO	T ^a DEL AIRE		T ^a OPERATIVA		T ^a EQUIVALENTE		T ^a EFECTIVA	
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT
QUIRÓFANO 1	22,62	0,04	22,50	0,12	21,33	0,30	22,11	0,11
QUIRÓFANO 4	*	*	24,57	0,19	24,07	0,93	23,83	0,15
QUIRÓFANO 10	23,44	0,41	23,32	0,43	22,93	1,12	22,73	0,40

TABLA V.2. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), quirófanos del antiguo HURH.

RECINTO	LOW AIR VELOCITY		HUMEDAD RELATIVA		DRAUGHT RATE		ÍNCIDE DE TURBULENCIA
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	
QUIRÓFANO 1	0,16	0,04	27,76	0,43	46,36	14,28	25,00
QUIRÓFANO 4	0,07	0,02	*	*	8,82	4,13	28,57
QUIRÓFANO 10	0,06	0,01	24,62	1,91	5,58	5,38	16,67

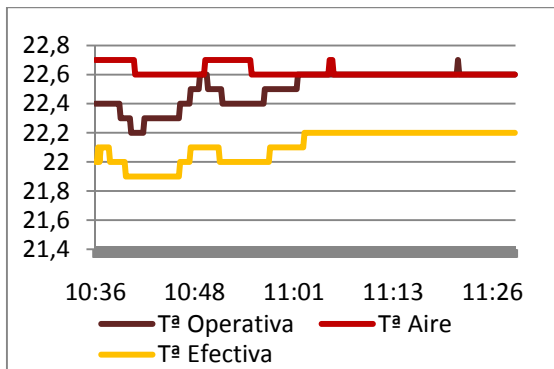
(*) No registrado.

1.1. QUIRÓFANO Q1 (TOH).

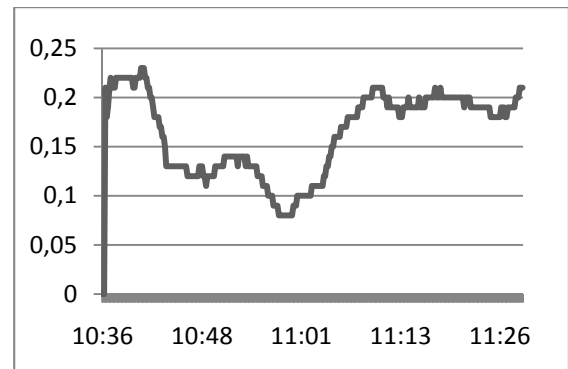
Se puede observar que la temperatura del aire obtenida es prácticamente constante en torno a los 22,6°C y 22,7°C, la temperatura operativa se encuentra entre los valores de 22,2°C y 22,7°C y la temperatura efectiva toma valores en torno a los 22°C. La velocidad de aire se encuentra entre 0,07m/s y 0,23m/s. La humedad relativa oscila entre 27% y 28%. Existen corrientes de aire que se encuentra entre valores del 15% y 70%. El Porcentaje de Personas Insatisfechas que se encuentra entre el 6% y 11% siendo estos valores elevados por lo cual no cumplen lo exigido y el Voto Medio Previsto que se obtiene está entre -0,2 y -0,5.

Las siguientes gráficas nos muestran la variación de los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.1), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.2), humedad relativa en % (GRÁFICA V.3), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.4) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.5), así como el PPI en % (GRÁFICA V.6) y VMP (GRÁFICA V.7) del Q1.

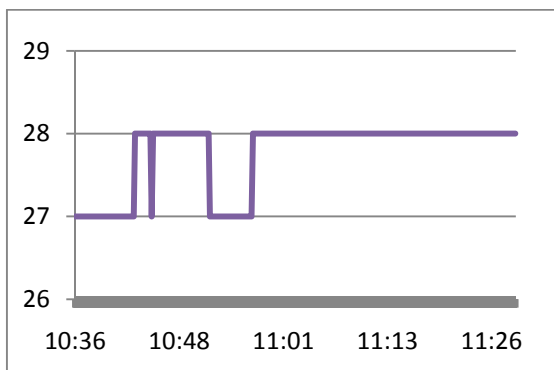
GRÁFICA V.1. Temperatura (°C), Q1.



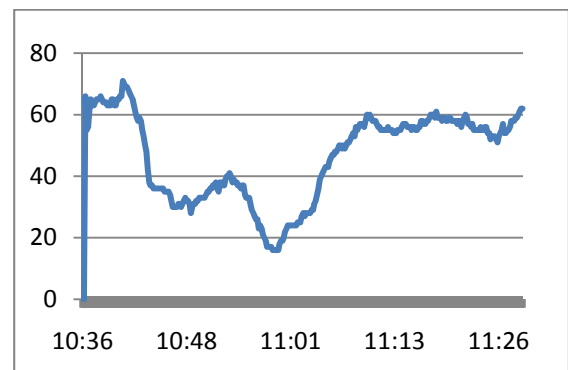
GRÁFICA V.2. Velocidad aire (m/s), Q1.



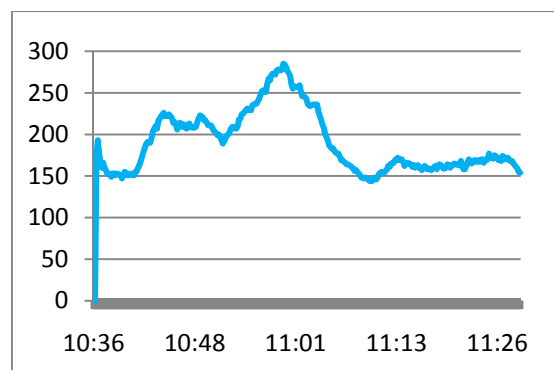
GRÁFICA V.3. Humedad relativa (%), Q1.



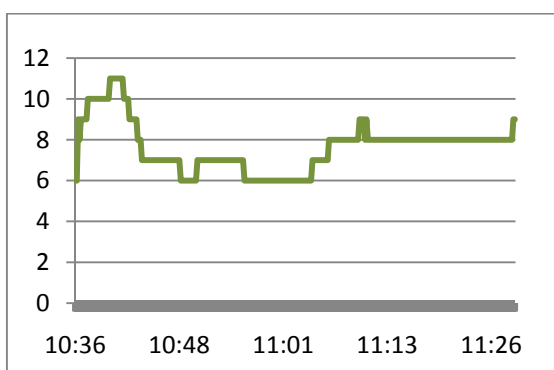
GRÁFICA V.4. Corriente de aire (%), Q1.



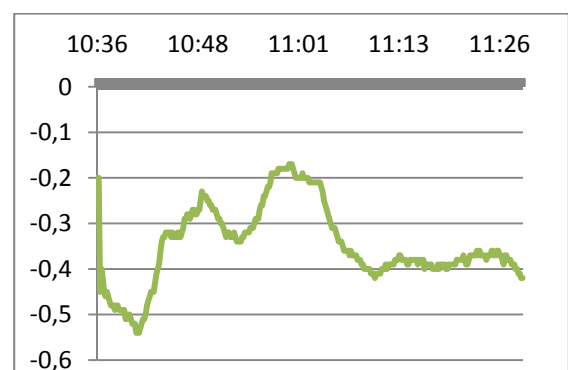
GRÁFICA V.5. Intensidad de turbulencia (%), Q1.



GRÁFICA V.6. PPI (%), Q1.



GRÁFICA V.7. VMP, Q1.

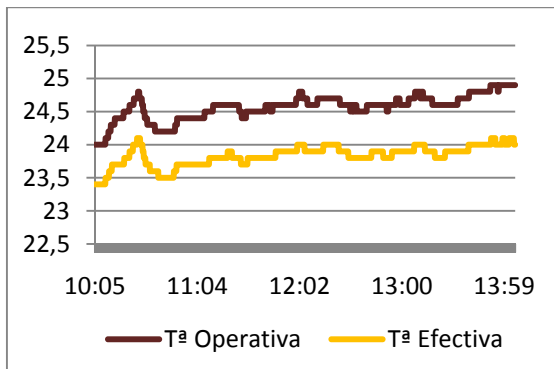


1.2. QUIRÓFANO Q4 (TRAUMATOLOGÍA).

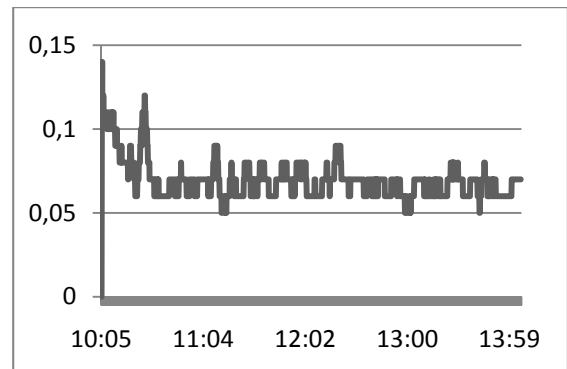
Lo más destacable de estos datos es que la temperatura operativa se encuentra entre los valores de 24°C y 25°C y la temperatura efectiva sigue la misma tendencia con casi 1°C por debajo. La velocidad del aire se observa que oscila entre 0,05m/s y 0,1m/s. Se observa que al principio hay una mayor corriente de aire, para después disminuir hasta valores menores de 20%. El Porcentaje de Personas Insatisfechas se encuentra entre el 5% y 8%, que son valores altos y el Voto Medio Previsto que se obtiene está entre 0,1 y 0,4.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.8), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.9), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.10) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.11), así como el PPI en % (GRÁFICA V.12) y VMP (GRÁFICA V.13) del Q4.

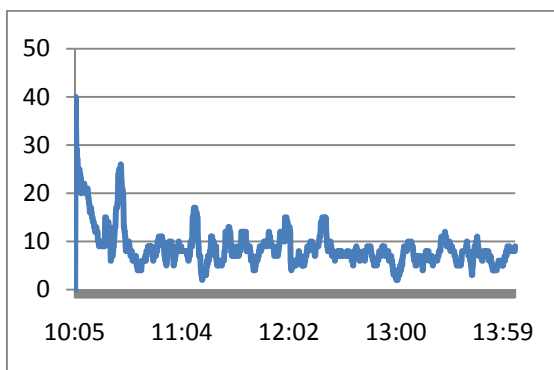
GRÁFICA V.8. Temperatura (°C), Q4.



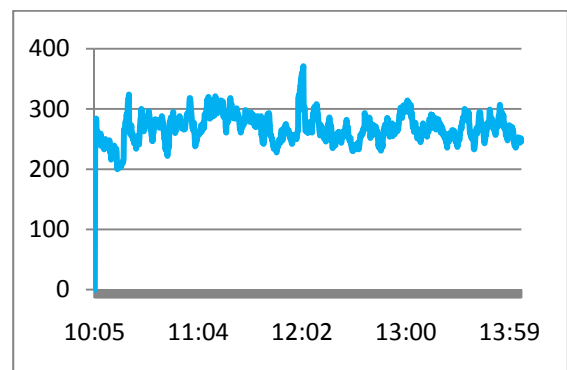
GRÁFICA V.9. Velocidad aire (m/s), Q4.



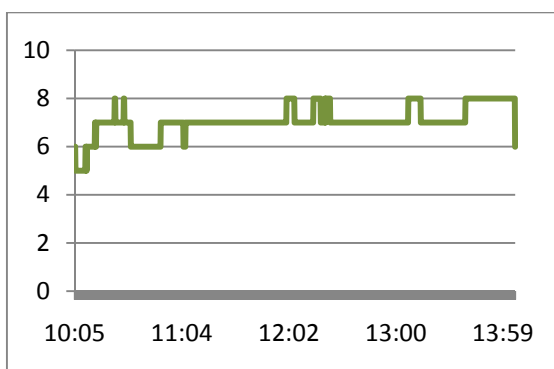
GRÁFICA V.10. Corriente del aire (%), Q4.



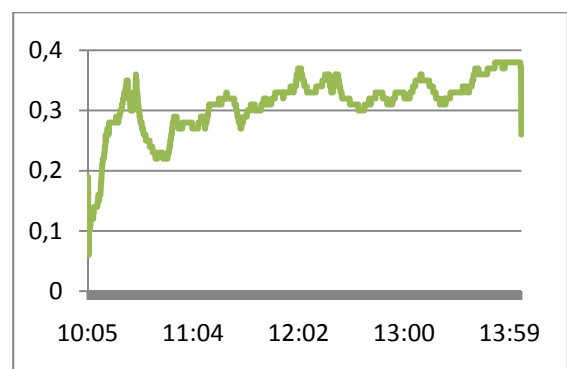
GRÁFICA V.11. Intensidad de turbulencia (%), Q4.



GRÁFICA V.12. PPI (%), Q4.



GRÁFICA V.13. VMP, Q4.

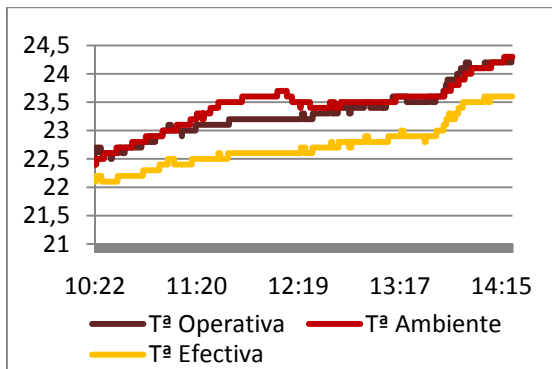


1.3. QUIRÓFANO Q10 (NEUROCIRUGÍA).

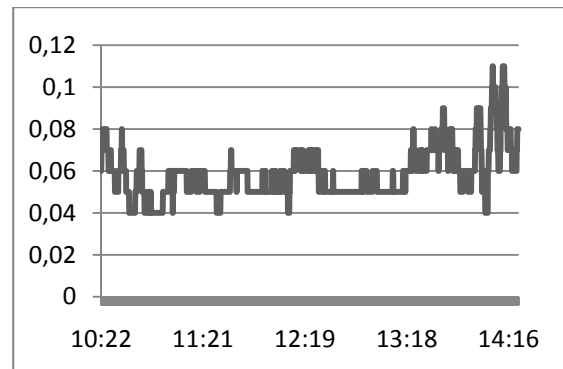
La temperatura del aire comienza en 22,5°C aumentando hasta alcanzar los 24°C al cabo de las 4 horas, lo mismo que la temperatura operativa y la temperatura efectiva que sigue la misma evolución hasta alcanzar un valor de 23,5°C. La velocidad de aire tiene valores próximos a 0,05m/s. La humedad relativa desciende inicialmente a 23% para ascender hasta el 30%. La corriente de aire tiene fluctuaciones entre 0m/s y 20m/s con algún pico final. El Porcentaje de Personas Insatisfechas oscila entre el 5% y el 6% y el Voto Medio Previsto aumenta de -0,2 a 0,2.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.14), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.15), humedad relativa en % (GRÁFICA V.16), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.17) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.18), así como el PPI en % (GRÁFICA V.19) y VMP (GRÁFICA V.20) del Q10.

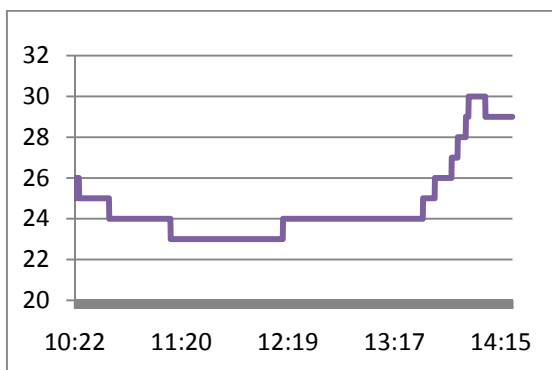
GRÁFICA V.14. Temperatura (°C), Q10.



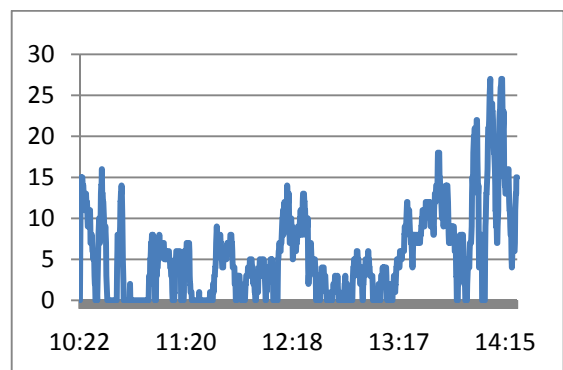
GRÁFICA V.15. Velocidad aire (m/s), Q10.



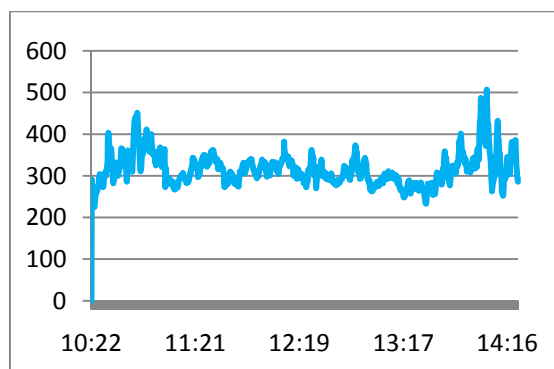
GRÁFICA V.16. Humedad relativa (%), Q10.



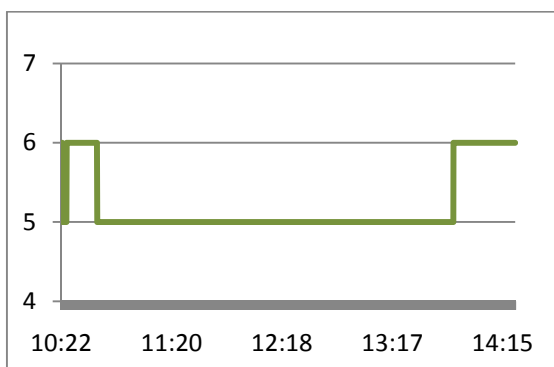
GRÁFICA V.17. Corriente de aire (%), Q10.



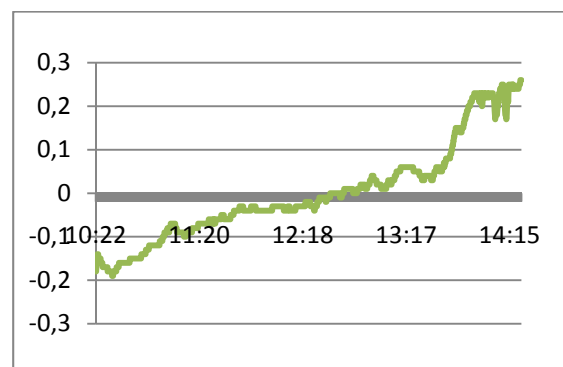
GRÁFICA V.18. Intensidad de turbulencia (%), Q10.



GRÁFICA V.19. PPI (%), Q10.



GRÁFICA V.20. VMP, Q10.



2. NUEVO HOSPITAL.

Consultar planos y fotografías del anexo B.2.

En las siguientes tablas se muestra la media y desviación típica de las temperaturas en °C (TABLA V.3) y velocidad del aire en m/s junto con humedad, corrientes de aire e intensidad de turbulencia en % (TABLA V.4) del conjunto de las zonas de estudio, los quirófanos del nuevo hospital, para el periodo de tiempo estudiado.

TABLA V.3. Datos procesados: temperatura (°C), quirófanos del nuevo HURH.

RECINTO	T ^a DEL AIRE		T ^a OPERATIVA		T ^a EQUIVALENTE		T ^a EFECTIVA	
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT
QUIRÓFANO 4	23,44	0,41	19,71	0,31	20,70	0,33	20,40	0,08
QUIRÓFANO 10	24,48	0,63	20,17	0,27	21,84	0,21	24,14	0,28
QUIRÓFANO 12	21,83	0,21	20,79	0,66	22,14	0,44	22,19	0,04

TABLA V.4. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), quirófanos del nuevo HURH.

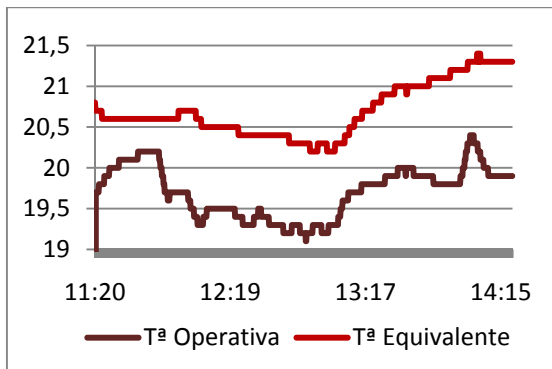
RECINTO	LOW AIR VELOCITY		HUMEDAD RELATIVA		DRAUGHT RATE		ÍNCIDE DE TURBULENCIA
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	
QUIRÓFANO 4	0,23	0,20	37,68	4,66	50,77	40,65	86,96
QUIRÓFANO 10	0,12	0,02	28,17	1,06	34,89	8,08	16,67
QUIRÓFANO 12	0,13	0,04	21,94	0,83	37,54	16,45	30,77

2.1. QUIRÓFANO N4 (TOH).

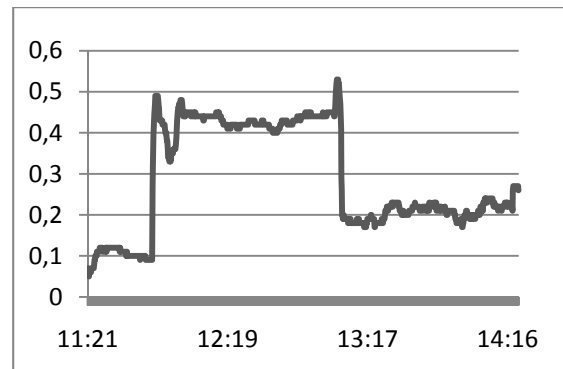
La observación de estos datos muestra una temperatura operativa un poco baja, una temperatura efectiva más estable, estando la temperatura operativa entre los valores de 19°C llegando a los 20,5°C. La temperatura equivalente tiene una media de 20,70°C. Las velocidades del aire son bajas en los primeros momentos para ascender hasta valores de 0,6m/s para luego volver a disminuir esta velocidad. La humedad relativa es constante al principio, con un valor aproximado de 40% y descendiendo hasta llegar a un valor de 30%. Se detectan corrientes de aire al inicio de valor muy alto y este se mantiene constante hasta llegar a un momento en el que se produce un descenso brusco para mantenerse en ese valor. El Porcentaje de Personas Insatisfechas baja de 8% al 5% para volver a aumentar y el Voto Medio Previsto aumenta de -0,5 a 0,2.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.21), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.22), humedad relativa en % (GRÁFICA V.23), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.24) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.25), así como el PPI en % (GRÁFICA V.26) y VMP (GRÁFICA V.27) del N4.

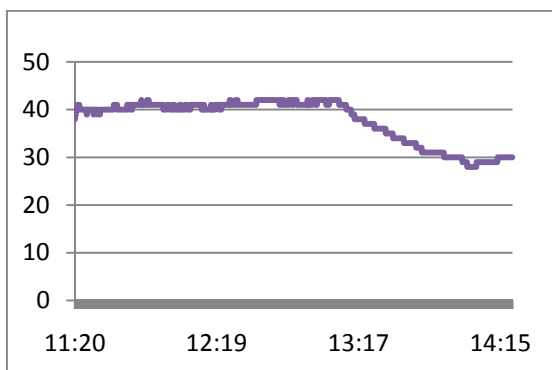
GRÁFICA V.21. Temperatura (°C), N4.



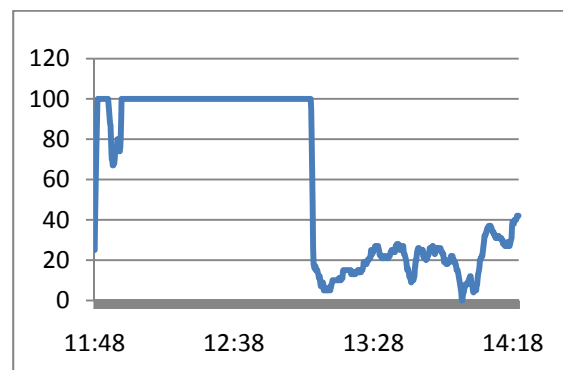
GRÁFICA V.22. Velocidad aire (m/s), N4.



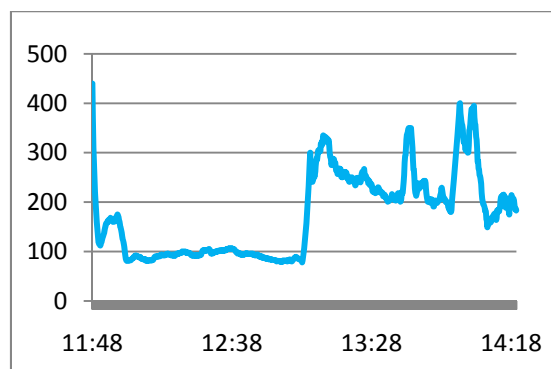
GRÁFICA V.23. Humedad relativa (%), N4.



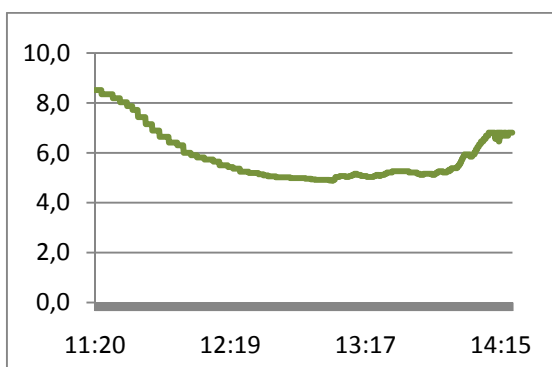
GRÁFICA V.24. Corriente de aire (%), N4.



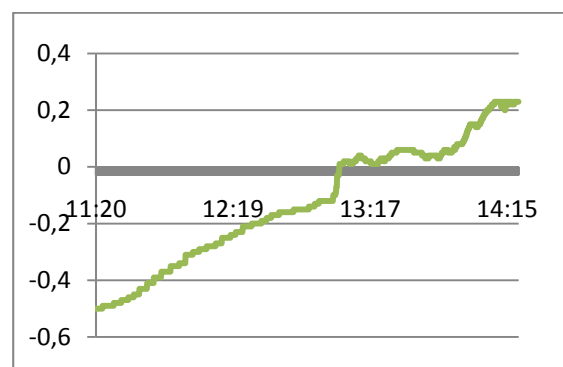
GRÁFICA V.25. Intensidad de turbulencia (%), N4.



GRÁFICA V.26. PPI (%), N4.



GRÁFICA V.27. VMP, N4.

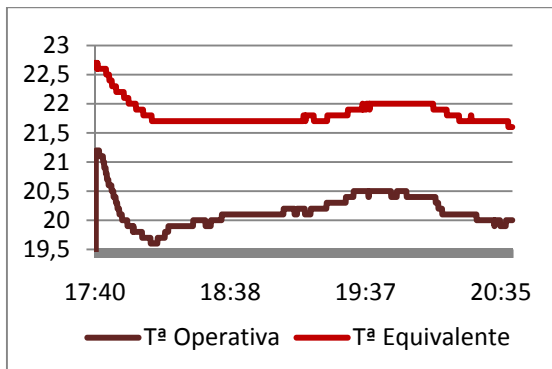


2.2. QUIRÓFANO N10 (NEUROCIROUGÍA).

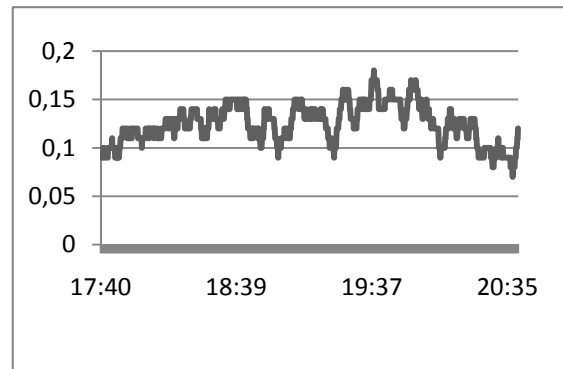
La observación de estos datos nos dice que la temperatura operativa tiene una media de 20,17°C, siendo bastante estable, y la temperatura equivalente disminuye en 1°C llegando a los 21,5°C. La velocidad del aire se encuentra por encima de 0,1m/s. La humedad relativa está en 28% produciéndose una subida puntual a 32%, para después disminuir y llegar otra vez al 28%, siendo estos valores bajos. La corriente de aire se encuentra entre el 25% y 50%. El Porcentaje de Personas Insatisfechas aumenta de 5% al 8% y el VMP aumenta desde -0,1 a -0,3.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.28), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.29), humedad relativa en % (GRÁFICA V.30), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.31) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.32), así como el PPI en % (GRÁFICA V.33) y VMP (GRÁFICA V.34) del N10.

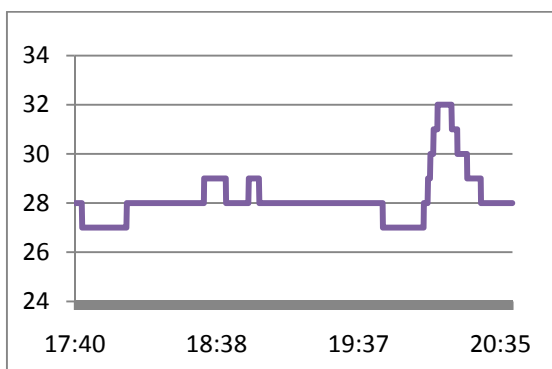
GRÁFICA V.28. Temperatura (°C), N10.



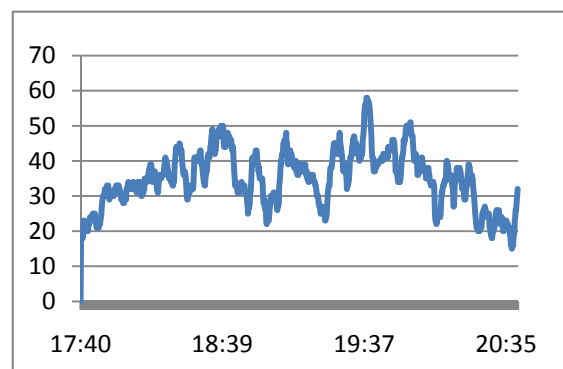
GRÁFICA V.29. Velocidad aire (m/s), N10.



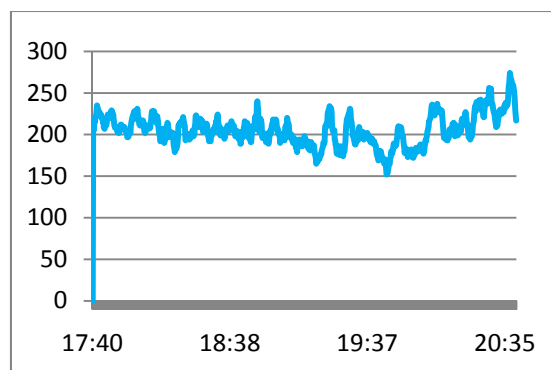
GRÁFICA V.30. Humedad relativa (%), N10.



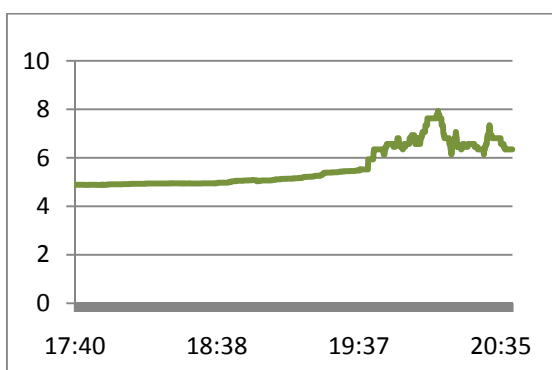
GRÁFICA V.31. Corriente de aire (%), N10.



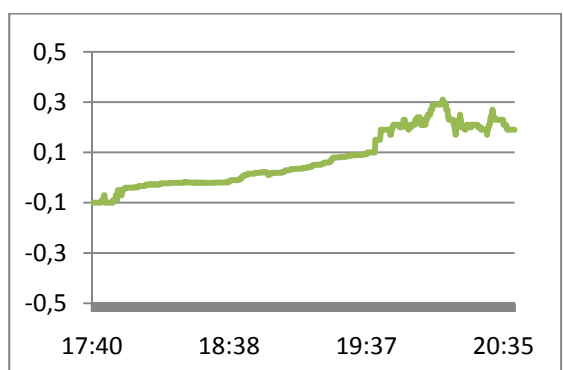
GRÁFICA V.32. Intensidad de turbulencia (%), N10.



GRÁFICA V.33. PPI (%), N10.



GRÁFICA V.34. VMP, N10.

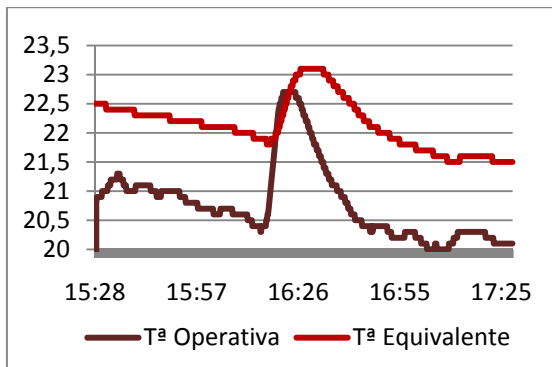


2.3. QUIRÓFANO N12 (TRAUMATOLOGÍA).

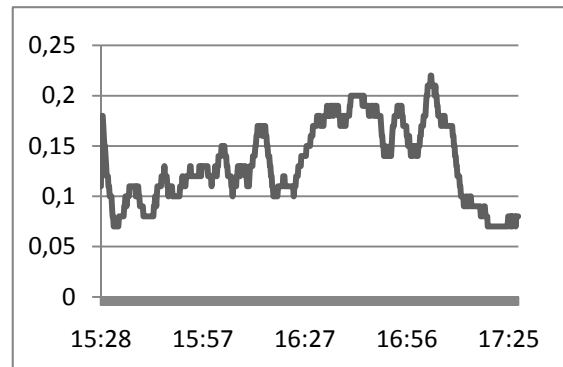
La observación de estos datos muestra una temperatura operativa que desciende en 20,5°C, para aumentar 22,5°C y volver a descender y la temperatura equivalente la misma variación que la operativa estabilizándose pero con 1°C más. La velocidad del aire se encuentra en 0,1m/s y asciende a 0,20m/s. La humedad relativa está en 22% produciéndose subidas y descensos puntuales del 1% o 2%. La corriente de aire se encuentra entre el 15% y 65%, siendo alta. El Porcentaje de Personas Insatisfechas aumenta de 4% al 8% y el VMP desciende de -0,2 a -0,5, para aumentar finalmente hasta 0.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.35), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.36), humedad relativa en % (GRÁFICA V.37), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.38) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.39), así como el PPI en % (GRÁFICA V.40) y VMP (GRÁFICA V.41) del N12.

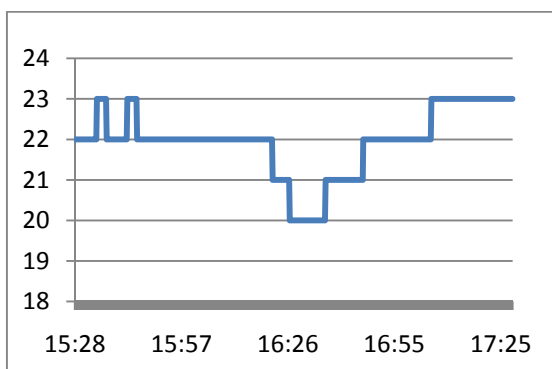
GRÁFICA V.35. Temperatura (°C), N12.



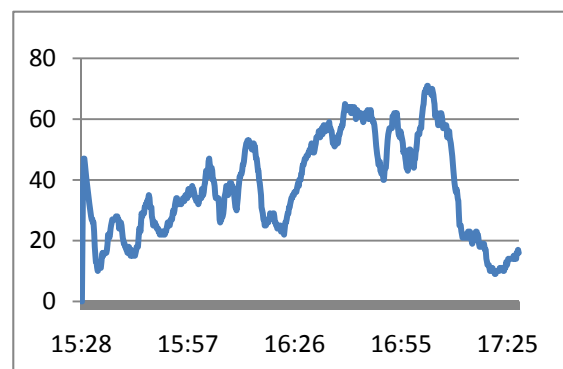
GRÁFICA V.36. Velocidad aire (m/s), N12.



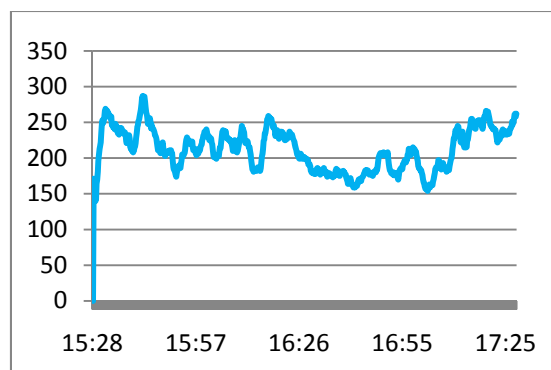
GRÁFICA V.37. Humedad relativa (%), N12.



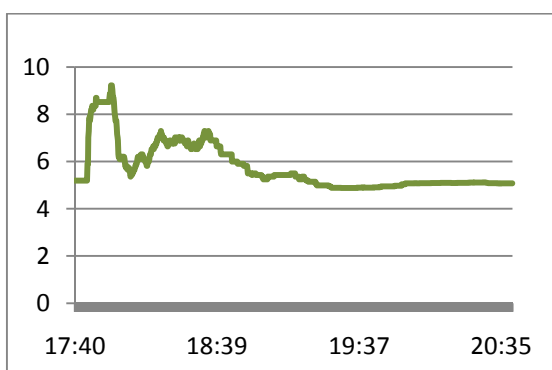
GRÁFICA V.38. Corriente de aire (%), N12.



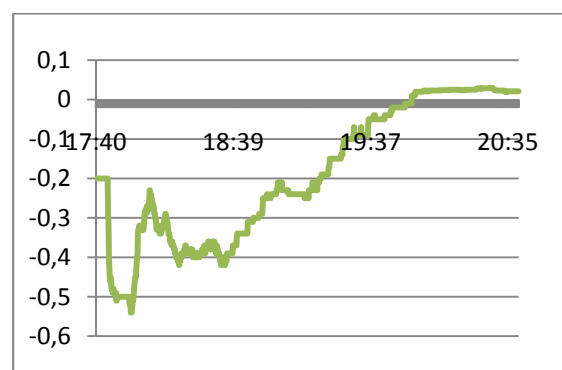
GRÁFICA V.39. Intensidad de turbulencia (%), N12.



GRÁFICA V.40. PPI (%), N12.



GRÁFICA V.41. VMP, N12.



V.1.B. TRASPLANTADOS DE MÉDULA ÓSEA (T.A.M.O.).

1. ANTIGUO HOSPITAL.

Consultar planos y fotografías del anexo A.3.

En las siguientes tablas se muestra la media y desviación típica de las temperaturas en °C (TABLA V.5) y velocidad del aire en m/s junto con humedad, corrientes de aire e intensidad de turbulencia en % (TABLA V.6) del conjunto de las zonas de estudio, las habitaciones de TAMO del antiguo hospital.

TABLA V.5. Datos procesados: temperatura (°C), TAMO del antiguo HURH.

RECINTO	T ^a DEL AIRE		T ^a OPERATIVA		T ^a EQUIVALENTE		T ^a EFECTIVA	
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT
HABITACIÓN 514	20,12	0,38	20,06	0,20	19,62	0,27	19,89	0,22
HABITACIÓN 516	23,14	0,88	22,64	0,85	22,13	0,83	22,46	0,81
HABITACIÓN 518	20,28	0,17	20,04	0,23	20,32	0,09	20,14	0,20
HABITACIÓN 520	25,74	0,26	25,70	0,21	25,52	0,24	24,69	0,16

TABLA V.6. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), TAMO del antiguo HURH.

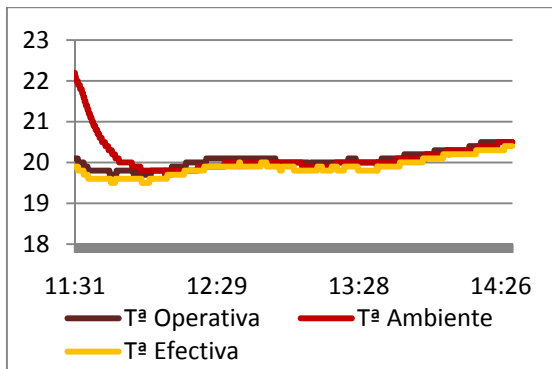
RECINTO	LOW AIR VELOCITY		HUMEDAD RELATIVA		DRAUGHT RATE		ÍNCIDE DE TURBULENCIA
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	
HABITACIÓN 514	0,07	0,01	31,20	1,44	13,49	4,59	14,29
HABITACIÓN 516	0,08	0,01	41,53	0,69	14,39	5,02	12,50
HABITACIÓN 518	0,04	0,01	37,53	1,59	0,02	0,49	25,00
HABITACIÓN 520	0,04	0,01	23,33	0,77	0,06	0,44	25,00

1.1. HABITACIÓN H514.

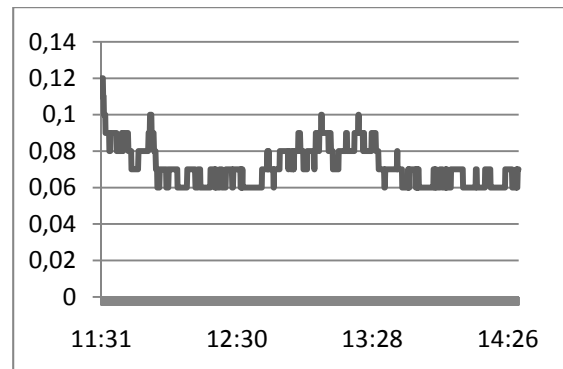
A la vista de todo, se puede observar que la temperatura del aire disminuye de 22°C a 20°C, con una temperatura operativa que permanece entre los valores de 19,7°C y 20,5°C y una temperatura efectiva que sigue la misma tendencia. La velocidad de aire está entre 0,1m/s y 0,06m/s. La humedad relativa asciende de 28% a 34%, por lo tanto está por debajo de los límites de bienestar. La corriente de aire oscila entre 5% y 25%. Y por último, el Porcentaje de Personas Insatisfechas disminuye de 20% a 15% con el Voto Medio Previsto que asciende de -0,8 a -0,6.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.42), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.43), humedad relativa en % (GRÁFICA V.44), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.45) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.46), así como el PPI en % (GRÁFICA V.47) y VMP (GRÁFICA V.48) del H514.

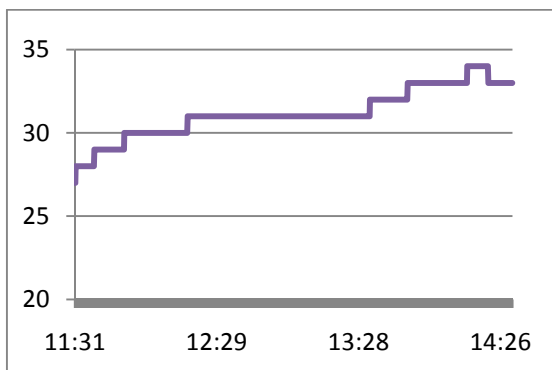
GRÁFICA V.42. Temperatura (°C), H514.



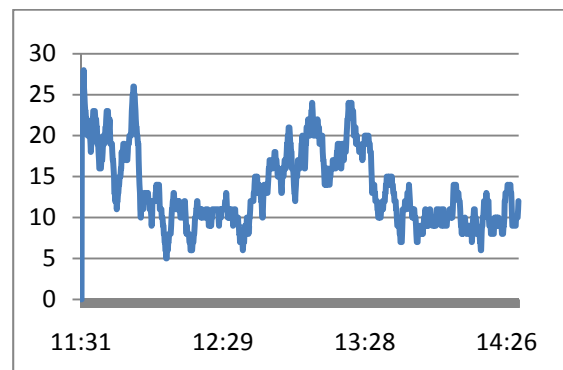
GRÁFICA V.43. Velocidad aire (m/s), H514.



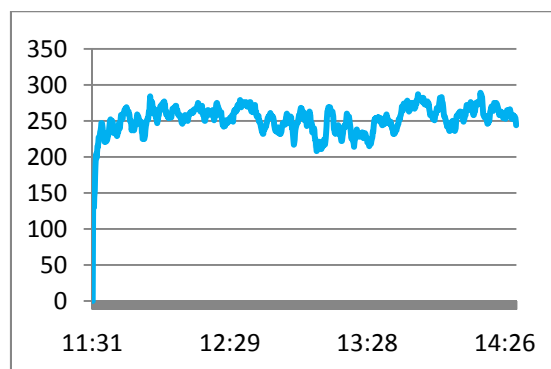
GRÁFICA V.44. Humedad relativa (%), H514.



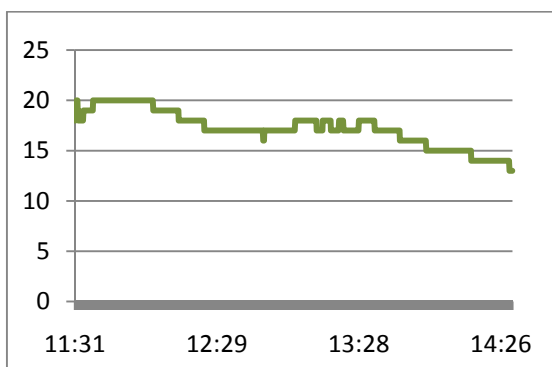
GRÁFICA V.45. Corriente de aire (%), H514.



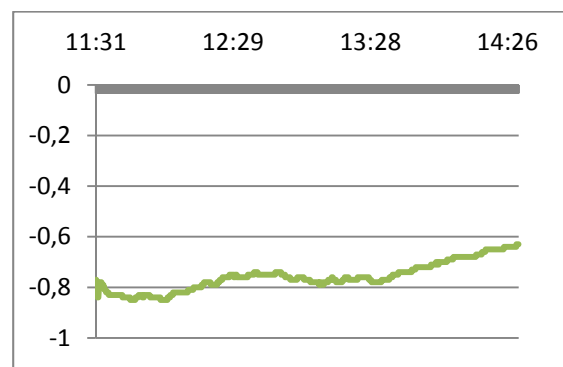
GRÁFICA V.46. Intensidad de turbulencia (%), H514.



GRÁFICA V.47. PPI (%), H514.



GRÁFICA V.48. VMP, H514.

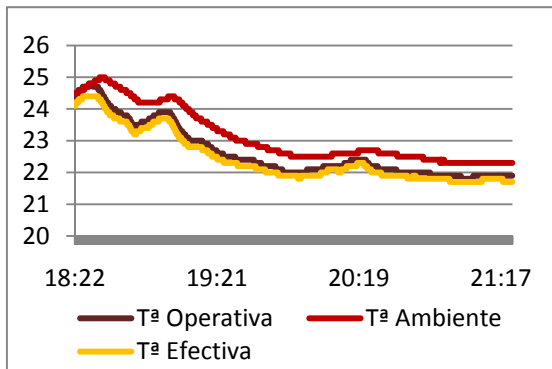


1.2. HABITACIÓN H516.

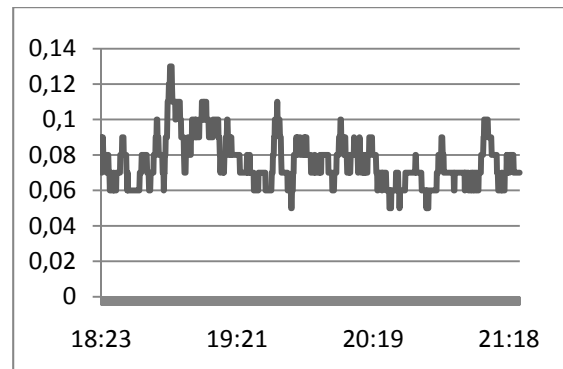
La temperatura del aire tiene la misma variación que la temperatura operativa va descendiendo desde 24°C hasta 22°C; del mismo modo ocurre con la temperatura efectiva que tiene igual tendencia. La velocidad del aire está por debajo de 0,1m/s. La humedad relativa es del 41,5%. La corriente de aire es variable desde valores de 5% a picos del 30%. De todo ello, se obtiene que el Porcentaje de Personas Insatisfechas se estabiliza entre 5% y 6% y el Voto Medio Previsto desciende desde 0,4 hasta -0,2.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.49), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.50), humedad relativa en % (GRÁFICA V.51), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.52) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.53), así como el PPI en % (GRÁFICA V.54) y VMP (GRÁFICA V.55) del H516.

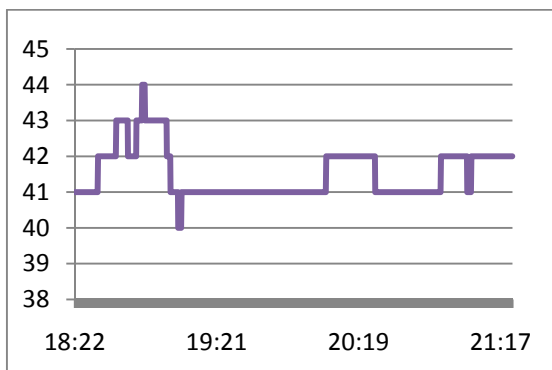
GRÁFICA V.49. Temperatura (°C), H516.



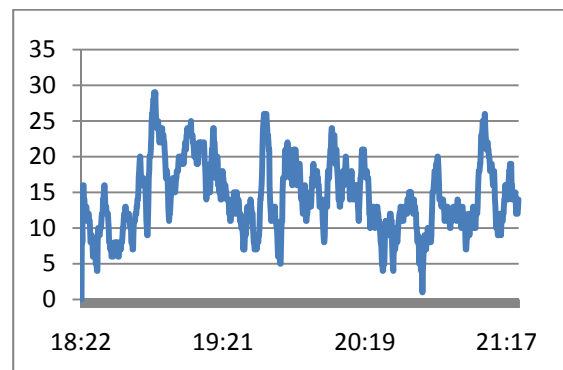
GRÁFICA V.50. Velocidad aire (m/s), H516.



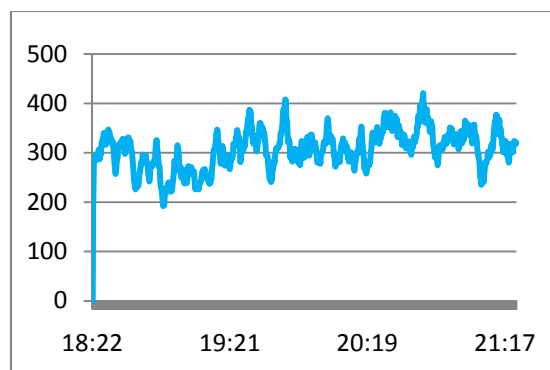
GRÁFICA V.51. Humedad relativa (%), H516.



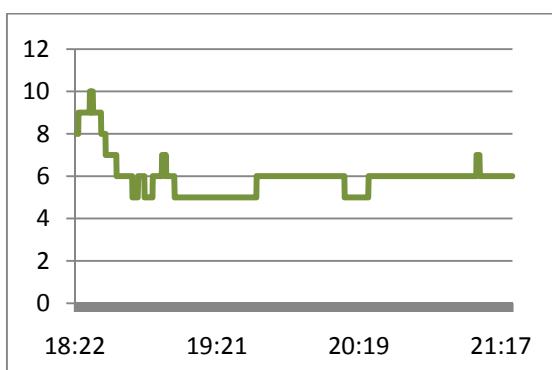
GRÁFICA V.52. Corriente de aire (%), H516.



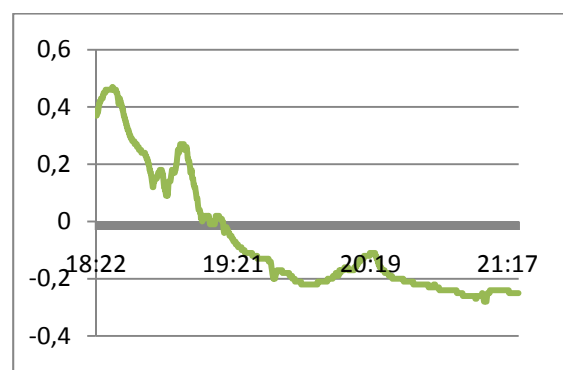
GRÁFICA V.53. Intensidad de turbulencia (%), H516.



GRÁFICA V.54. PPI (%), H516.



GRÁFICA V.55. VMP, H516.

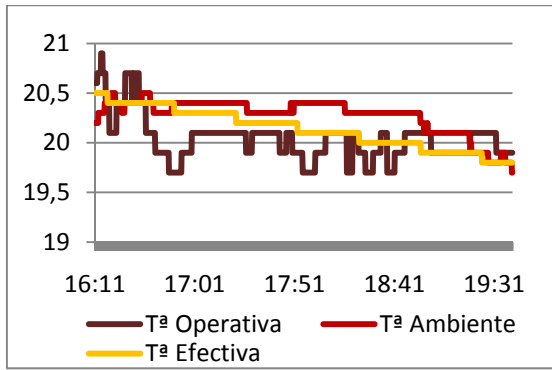


1.3. HABITACIÓN H518.

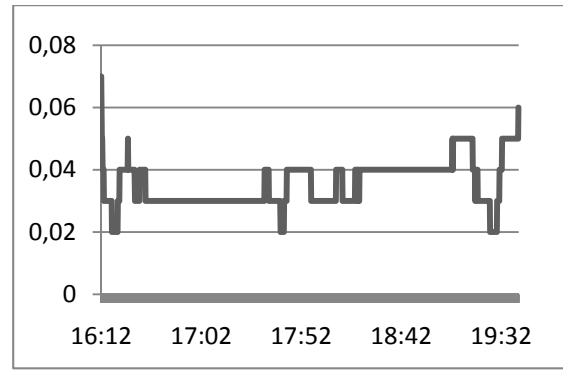
Se observa en las gráficas que la temperatura ambiente es muy baja y permanece casi todo el tiempo en torno a 20,3°C, así como que la temperatura operativa desciende desde 20,7°C hasta 19,5°C y la temperatura efectiva va disminuyendo produciéndose la misma tendencia que la operativa. La velocidad del aire esta en todo momento por debajo de 0,05m/s. La humedad relativa aumenta progresivamente desde 34% hasta 40%. El grado de corrientes de aire es nulo a lo largo del tiempo y, por este motivo, no se ha representado. El Porcentaje de Personas Insatisfechas aumenta de 13% a 17% y el Voto Medio Previsto disminuye de -0,6 a -0,7.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.56), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.57), humedad relativa en % (GRÁFICA V.58) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.59), así como el PPI en % (GRÁFICA V.60) y VMP (GRÁFICA V.61) del H518.

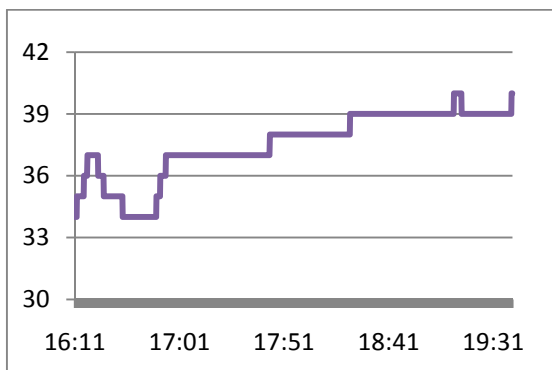
GRÁFICA V.56. Temperatura (°C), H518.



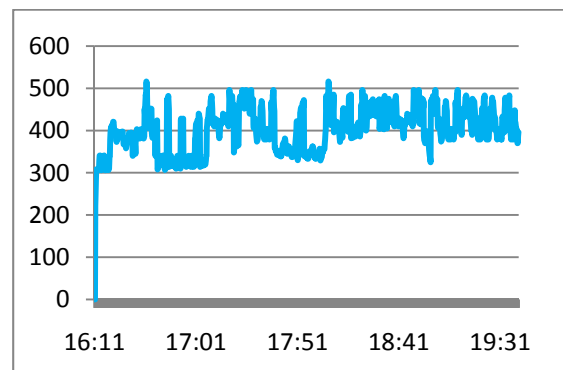
GRÁFICA V.57. Velocidad aire (m/s), H518.



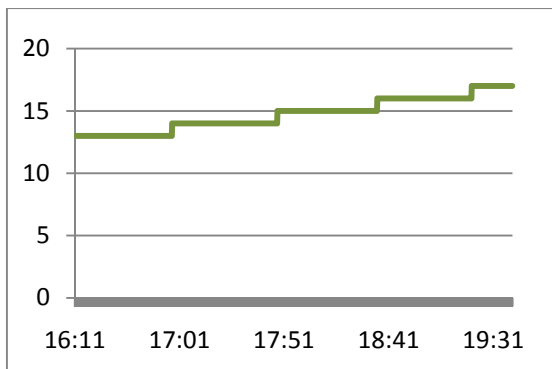
GRÁFICA V.58. Humedad relativa (%), H518.



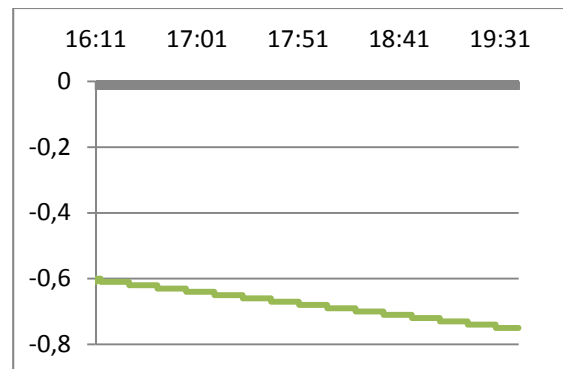
GRÁFICA V.59. Intensidad de turbulencia (%), H518.



GRÁFICA V.60. PPI (%), H518.



GRÁFICA V.61. VMP, H518.

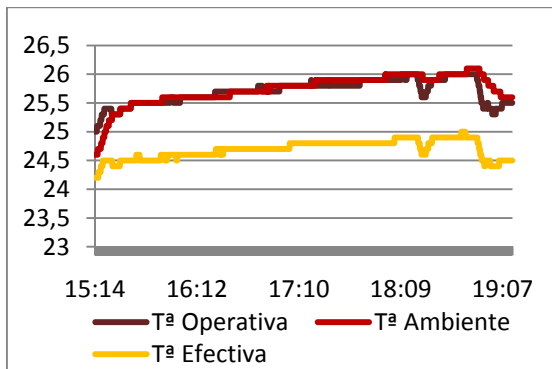


1.4. HABITACIÓN H520.

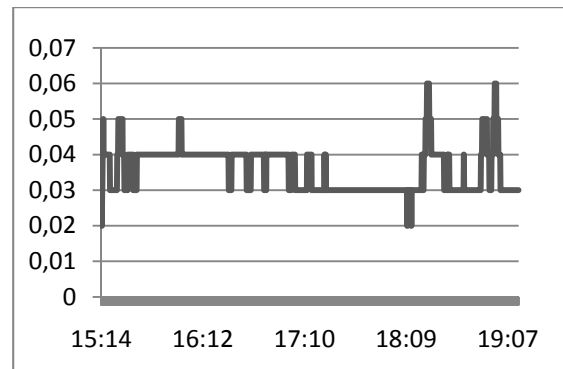
La temperatura operativa aumenta progresivamente desde 25°C hasta 26°C, produciendo una variación de 1°C para disminuir después hasta 25,5°C. La temperatura efectiva sufre la misma variación que la operativa con 1°C menos y la temperatura ambiente sigue también la misma tendencia que la temperatura operativa, aumentando desde 24,5°C hasta 26°C para después disminuir a 25,5°C. La velocidad del aire está por debajo de 0,05m/s. La humedad relativa es muy baja disminuyendo desde 26% al principio hasta un valor de 23%. La corriente de aire es nula; por este motivo no se ha representado (lo que concuerda con el hecho de las bajísimas velocidades del aire). El Porcentaje de Personas Insatisfechas es relativamente elevado incrementándose de 10% a 14% y el Voto Medio Previsto se observa que se incrementa de 0,4 a 0,6 siendo alto.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.62), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.63), humedad relativa en % (GRÁFICA V.64) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.65), así como el PPI en % (GRÁFICA V.66) y VMP (GRÁFICA V.67) del H520.

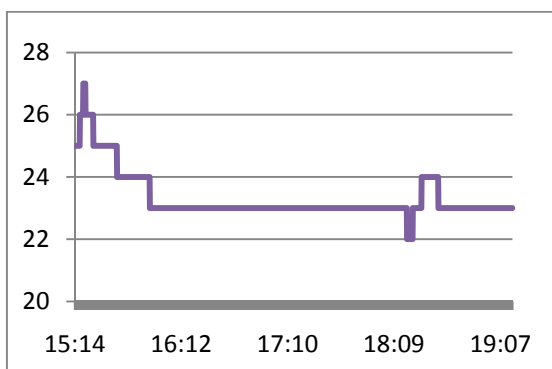
GRÁFICA V.62. Temperatura (°C), H520.



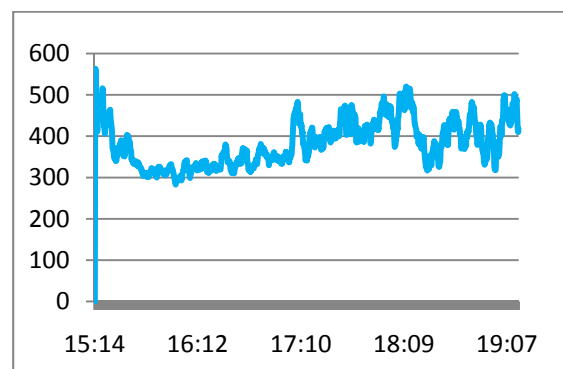
GRÁFICA V.63. Velocidad aire (m/s), H520.



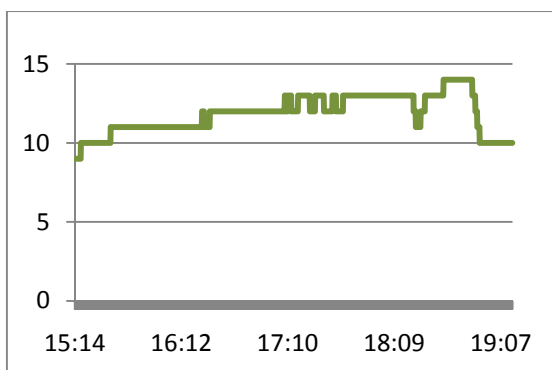
GRÁFICA V.64. Humedad relativa (%), H520.



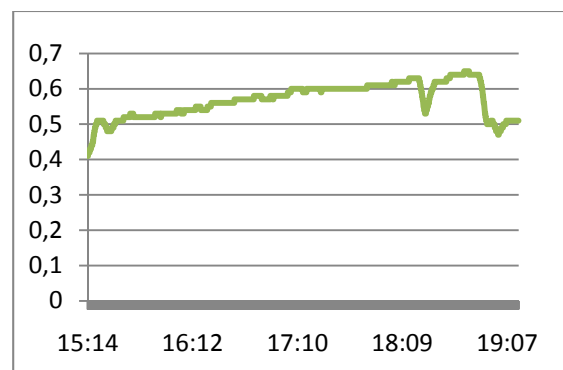
GRÁFICA V.65. Intensidad de turbulencia (%), H520.



GRÁFICA V.66. PPI (%), H520.



GRÁFICA V.67. VMP, H520.



2. NUEVO HOSPITAL.

Consultar planos y fotografías del anexo B.3.

En las siguientes tablas se muestra la media y desviación típica de las temperaturas en °C (TABLA V.7) y velocidad del aire en m/s junto con humedad, corrientes de aire e intensidad de turbulencia en % (TABLA V.8) del conjunto de las zonas de estudio, las habitaciones de TAMO del nuevo hospital, para el periodo de tiempo estudiado.

TABLA V.7. Datos procesados: temperatura (°C), TAMO del nuevo HURH.

RECINTO	T ^a DEL AIRE		T ^a OPERATIVA		T ^a EQUIVALENTE		T ^a EFECTIVA	
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT
HABITACIÓN 5001	23,79	0,33	22,70	0,18	23,79	0,33	22,82	0,28
HABITACIÓN 5002	21,25	0,32	20,02	0,22	21,26	0,32	21,08	0,15
HABITACIÓN 5004	22,83	0,14	22,83	0,14	23,93	0,07	24,84	0,41
HABITACIÓN 5006	24,00	0,36	22,94	0,18	24,00	0,36	19,62	0,27

TABLA V.8. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), TAMO del nuevo HURH.

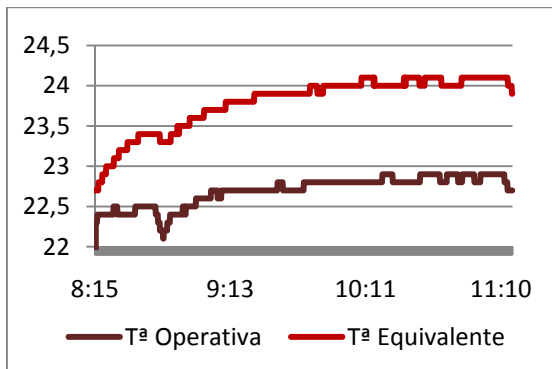
RECINTO	LOW AIR VELOCITY		HUMEDAD RELATIVA		DRAUGHT RATE		ÍNCIDE DE TURBULENCIA
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	
HABITACIÓN 5001	0,09	0,02	21,95	0,70	16,55	6,05	22,22
HABITACIÓN 5002	0,08	0,01	28,53	0,78	16,59	3,15	12,50
HABITACIÓN 5004	0,08	0,01	25,33	0,74	13,05	3,66	12,50
HABITACIÓN 5006	0,06	0,03	25,81	1,30	6,96	9,36	50,00

2.1. HABITACIÓN H5001.

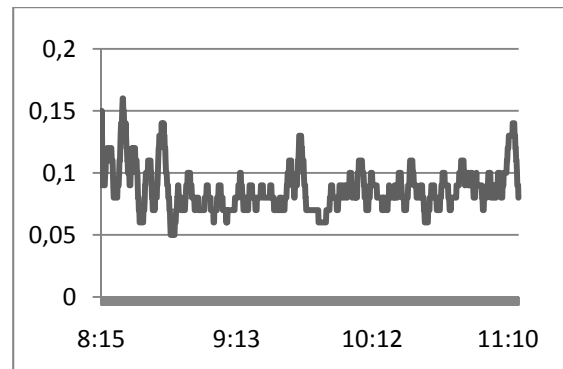
Observando las gráficas, se resume que la temperatura operativa muestra una oscilación muy pequeña de valor de 0,5°C en total siendo la media de 22,7°C, así como que la temperatura equivalente presenta un ascenso igual que la operativa llegando hasta un valor de 24,2°C. La velocidad media del aire se encuentra cercana a 0,1m/s. La humedad relativa desciende hasta 21% para después aumentar a 22% y mantenerse estable. La corriente de aire está entre 10% y 20% con picos puntuales, valores que son aceptables. El Porcentaje de Personas Insatisfechas disminuye hasta estabilizarse en el 8% y el Voto Medio Previsto desciende desde 0,5 a 0,3, los cuales son altos.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.68), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.69), humedad relativa en % (GRÁFICA V.70), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.71) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.72), así como el PPI en % (GRÁFICA V.73) y VMP (GRÁFICA V.74) del H5001.

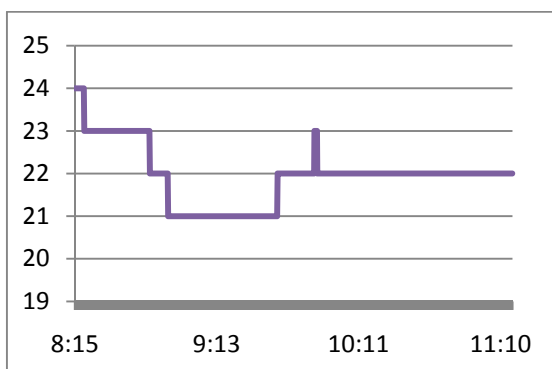
GRÁFICA V.68. Temperatura (°C), H5001.



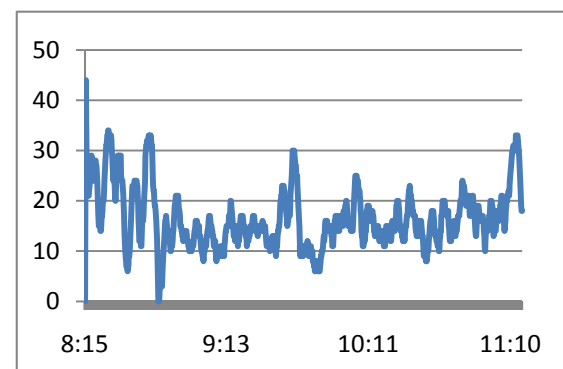
GRÁFICA V.69. Velocidad aire (m/s), H5001.



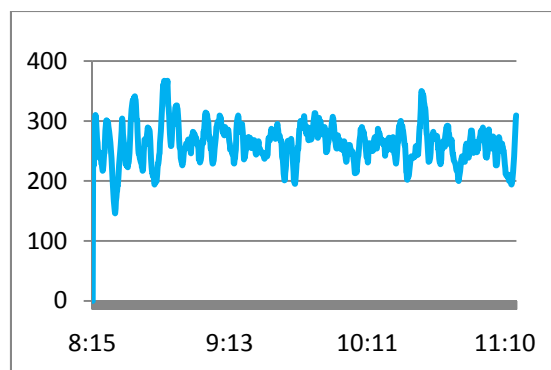
GRÁFICA V.70. Humedad relativa (%), H5001.



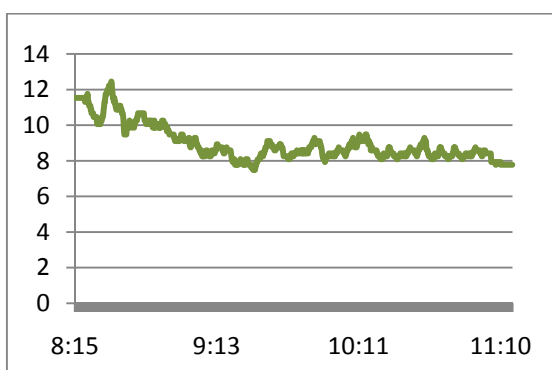
GRÁFICA V.71. Corriente de aire (%), H5001.



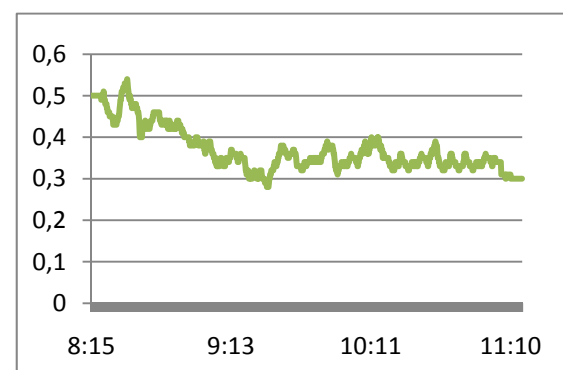
GRÁFICA V.72. Intensidad de turbulencia (%), H5001.



GRÁFICA V.73. PPI (%), H5001.



GRÁFICA V.74. VMP, H5001.

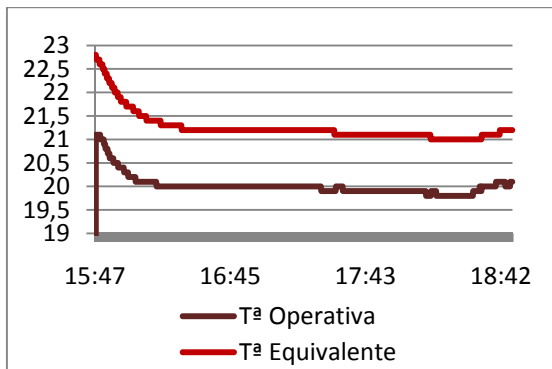


2.2. HABITACIÓN H5002.

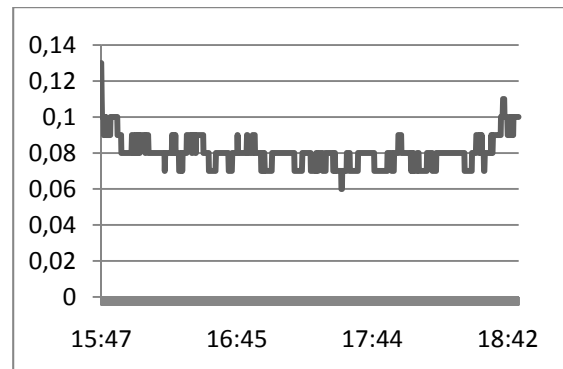
A la vista de los datos y gráficas, observamos que la temperatura operativa se mantiene en la media, cercana a los 20°C, y la temperatura equivalente presenta la misma tendencia pero con valores cercanos a la media de 21,3°C. La velocidad media del aire se encuentra próxima a 0,08m/s. La humedad relativa asciende progresivamente de 26% hasta 30%. La corriente de aire tiene un valor de 16%, valor aceptable. El Porcentaje de Personas Insatisfechas disminuye hasta estabilizarse en 5% y el Voto Medio Previsto asciende desde -0,4 hasta -0,15.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.75), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.76), humedad relativa en % (GRÁFICA V.77), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.78) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.79), así como el PPI en % (GRÁFICA V.80) y VMP (GRÁFICA V.81) del H5002.

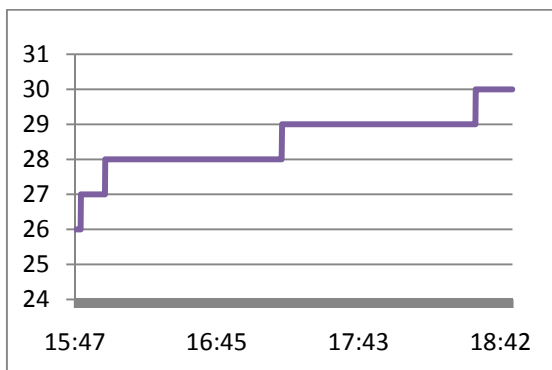
GRÁFICA V.75. Temperatura (°C), H5002.



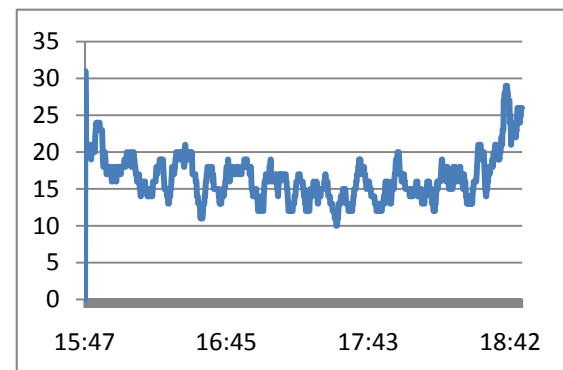
GRÁFICA V.76. Velocidad aire (m/s), H5002.



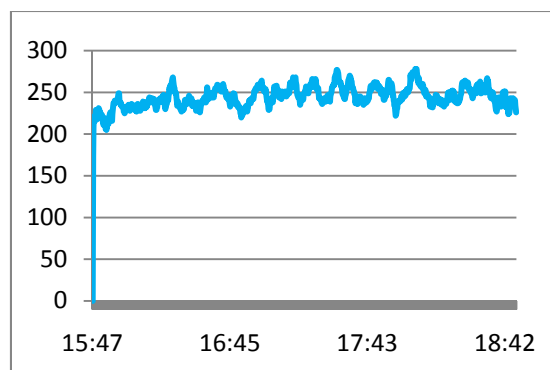
GRÁFICA V.77. Humedad relativa (%), H5002.



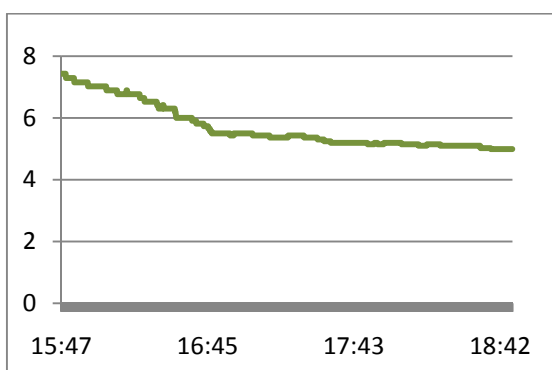
GRÁFICA V.78. Corriente de aire (%), H5002.



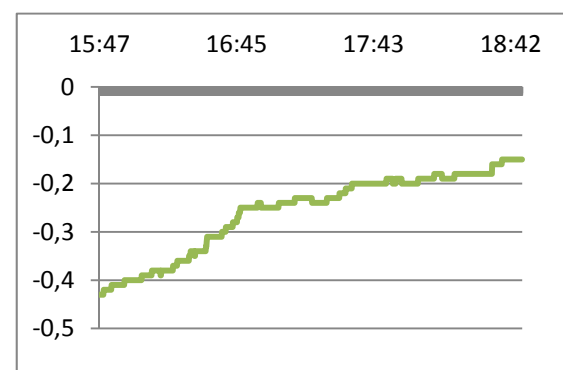
GRÁFICA V.79. Intensidad de turbulencia (%), H5002.



GRÁFICA V.80. PPI (%), H5002.



GRÁFICA V.81. PVMP, H5002.

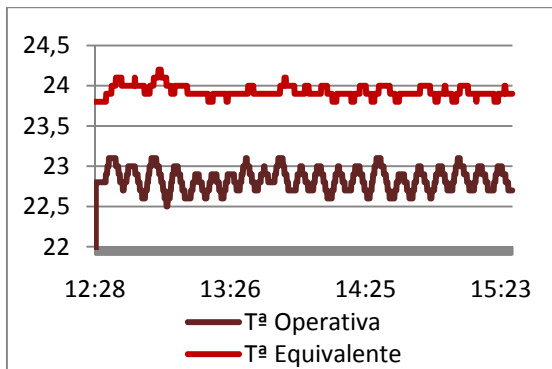


2.3. HABITACIÓN H5004.

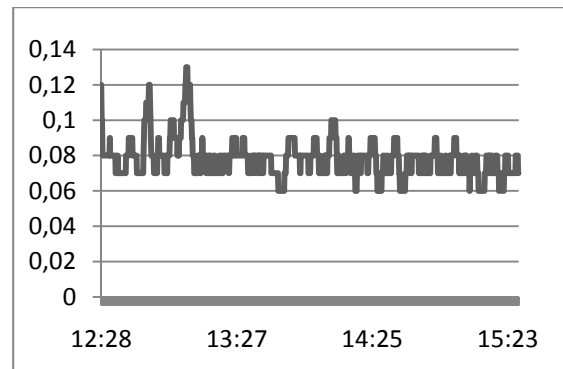
Se puede observar en las gráficas que la temperatura operativa fluctúa constantemente entre valores de 22,5°C y 23°C y la temperatura equivalente se mantiene estable en torno a valores de 24°C. Del mismo modo, se aprecia que la velocidad del aire está entre 0,06m/s y 0,12m/s. La humedad relativa desciende hasta llegar al 24%, lo cual es un valor bastante bajo. La corriente de aire se encuentra alrededor del 13%, que es un valor bajo. Por último, comentar que el Porcentaje de Personas Insatisfechas se encuentra entre el 10% y 12% y el Voto Medio Previsto es de media 0,5, valor alto.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.82), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.83), humedad relativa en % (GRÁFICA V.84), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.85) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.86), así como el PPI en % (GRÁFICA V.87) y VMP (GRÁFICA V.88) del H5004.

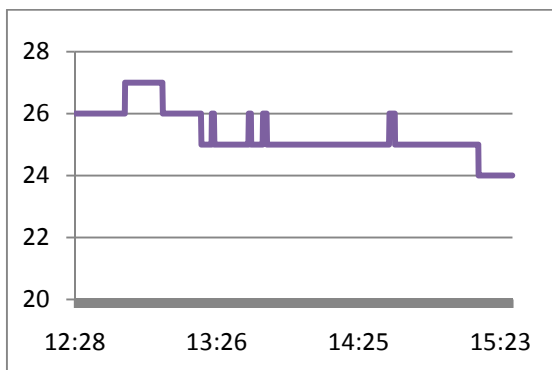
GRÁFICA V.82. Temperatura (°C), H5004.



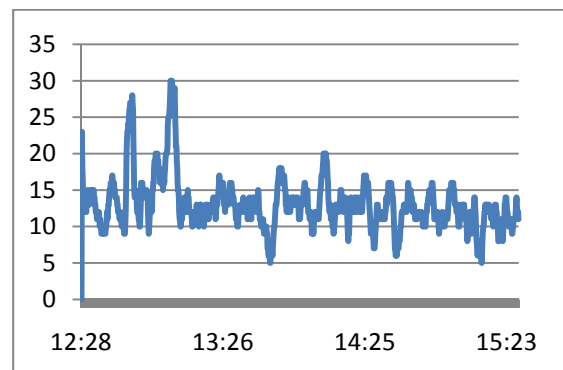
GRÁFICA V.83. Velocidad aire (m/s), H5004.



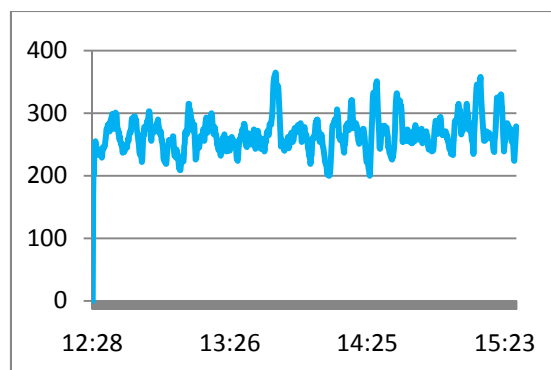
GRÁFICA V.84. Humedad relativa (%), H5004.



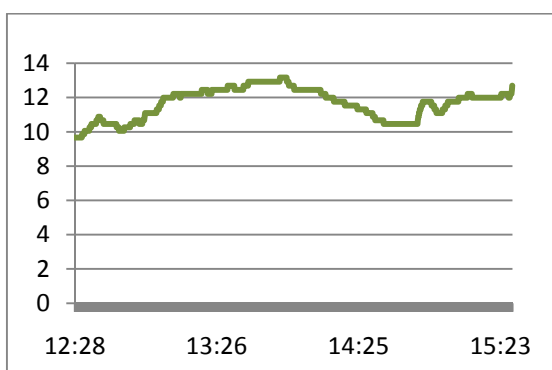
GRÁFICA V.85. Corriente de aire (%), H5004.



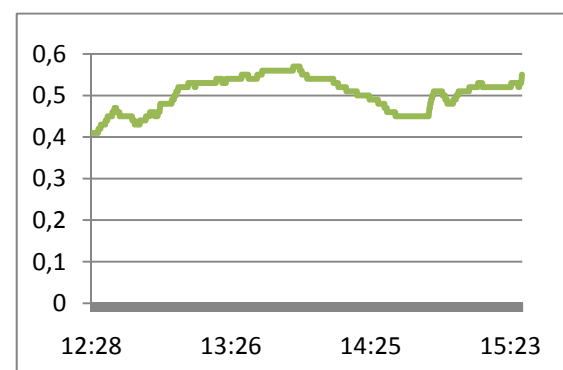
GRÁFICA V.86. Intensidad de turbulencia (%), H5004.



GRÁFICA V.87. PPI (%), H5004.



GRÁFICA V.88. VMP, H5004.

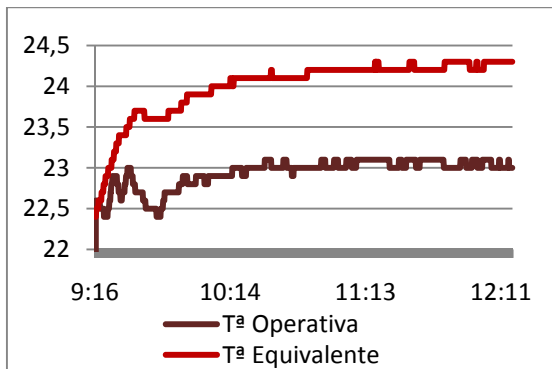


2.4. HABITACIÓN H5006.

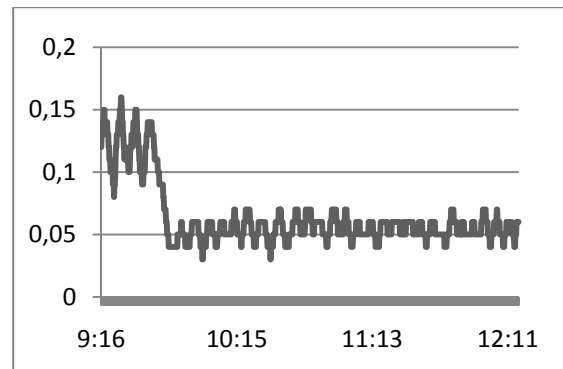
La temperatura operativa se mantiene más o menos constante en torno a los 23°C, y la temperatura equivalente asciende manteniéndose constante en un valor superior a los 24°C e inferior a los 24,5°C. La velocidad media del aire se encuentra en 0,05m/s la mayor parte del tiempo. La humedad relativa disminuye hasta llegar a 25% y siendo estable. La corriente de aire se encuentra alrededor del 7%. El Porcentaje de Personas Insatisfechas aumenta de 6% hasta el 8% y el Voto Medio Previsto aumenta desde 0,1 hasta 0,3.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.89), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.90), humedad relativa en % (GRÁFICA V.91), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.92) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.93), así como el PPI en % (GRÁFICA V.94) y VMP (GRÁFICA V.95) del H5006.

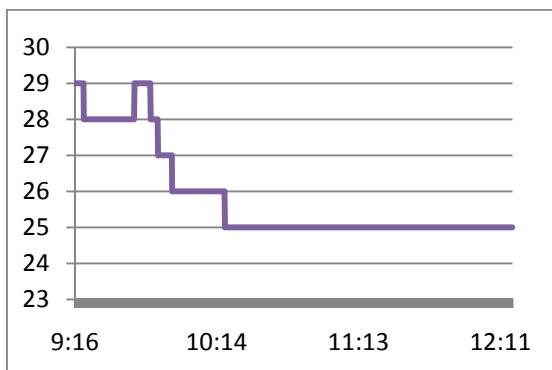
GRÁFICA V.89. Temperatura (°C), H5006.



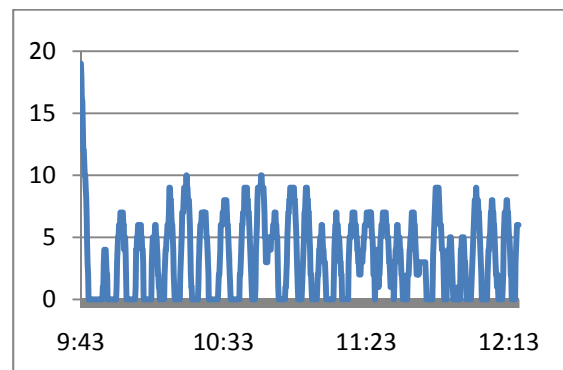
GRÁFICA V.90. Velocidad aire (m/s), H5006.



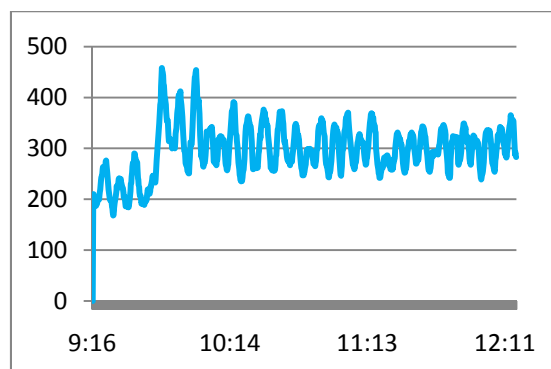
GRÁFICA V.91. Humedad relativa (%), H5006.



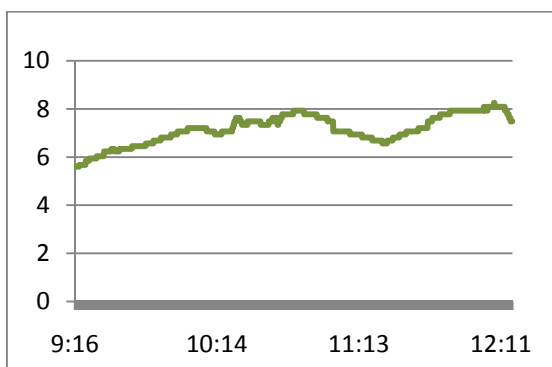
GRÁFICA V.92. Corriente de aire (%), H5006.



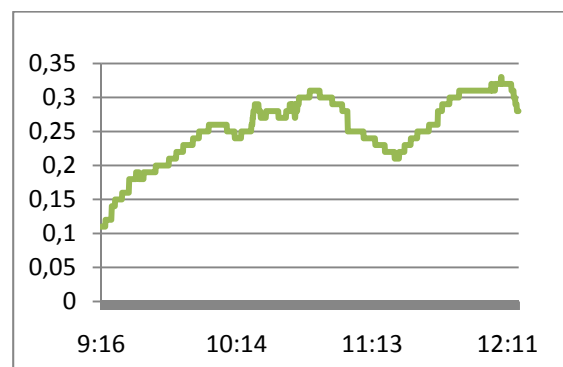
GRÁFICA V.93. Intensidad de turbulencia (%), H5006.



GRÁFICA V.94. PPI (%), H5006.



GRÁFICA V.95. VMP, H5006.



V.1.C. TRASPLANTADOS HEPÁTICOS (T.O.H.).

1. ANTIGUO HOSPITAL.

Consultar planos y fotografías del anexo A.4

En las siguientes tablas se muestra la media y desviación típica de las temperaturas en °C (TABLA V.9) y velocidad del aire en m/s junto con humedad, corrientes de aire e intensidad de turbulencia en % (TABLA V.10) del conjunto de las zonas de estudio, TOH del antiguo hospital.

TABLA V.9. Datos procesados: temperatura (°C), TOH del antiguo HURH.

RECINTO	T ^a DEL AIRE		T ^a OPERATIVA		T ^a EQUIVALENTE		T ^a EFECTIVA	
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT
ENFERMERÍA	25,55	0,16	25,32	0,21	24,57	0,24	24,42	0,18
HABITACIÓN 229	24,90	0,24	24,57	0,19	24,11	0,24	23,83	0,15
HABITACIÓN 233	25,57	0,22	26,41	0,30	25,83	1,61	25,32	0,23

TABLA V.10. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), TOH del antiguo HURH.

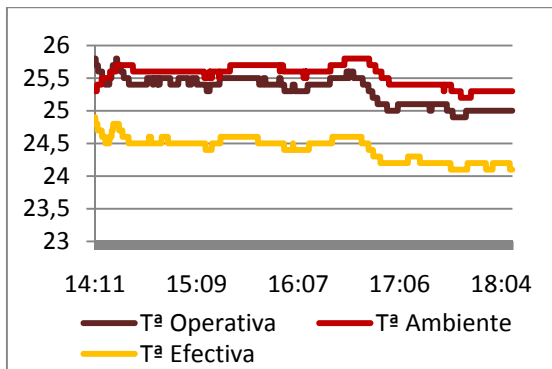
RECINTO	LOW AIR VELOCITY		HUMEDAD RELATIVA		DRAUGHT RATE		ÍNCIDE DE TURBULENCIA
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	
ENFERMERÍA	0,11	0,01	24,67	0,53	19,69	3,16	9,09
HABITACIÓN 229	0,07	0,01	26,39	1,11	8,83	4,11	14,29
HABITACIÓN 233	0,08	0,02	24,58	1,09	9,40	5,48	25,00

1.1. CONTROL DE ENFERMERÍA, TOH-A.

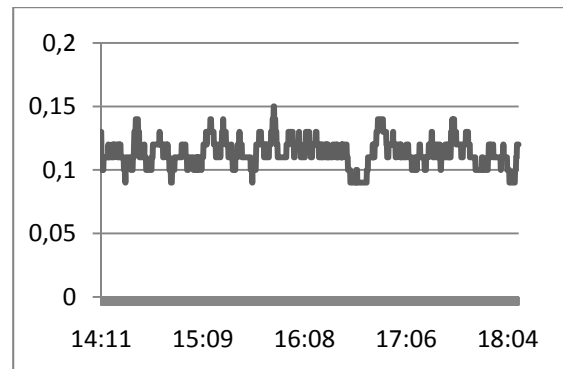
Este recinto se considera como zona no crítica, pero por encontrarse físicamente en el interior de la zona de trasplantados hepáticos, se cita y describe en este apartado. Se puede, por tanto, observar que la temperatura del aire tiene igual variación que la temperatura operativa permaneciendo constante en 25,5°C y descendiendo a 25°C, siendo la operativa la que se encuentra entre 25°C y 25,5°C, y la temperatura efectiva se ve que disminuye de 24,8°C a 24°C. La velocidad del aire permanece constante en 0,11m/s en todo el tiempo. La humedad relativa es muy baja se encuentra entre 24% y 26%. La corriente de aire es del 20%. En último lugar, destacar el Porcentaje de Personas Insatisfechas que alcanza los 10% y 8%, disminuyendo a lo último al 7%; siendo estos valores altos, y el Voto Medio Previsto oscila entre el 0,3 y 0,5 siendo valores un poco altos.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.96), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.97), humedad relativa en % (GRÁFICA V.98), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.99) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.100), así como el PPI en % (GRÁFICA V.101) y VMP (GRÁFICA V.102) del control de enfermería, TOH-A.

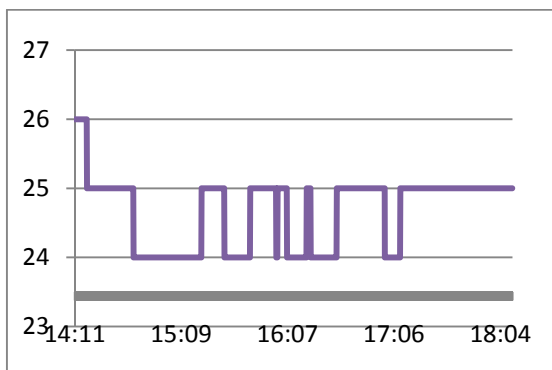
GRÁFICA V.96. Temperatura (°C), TOH-A.



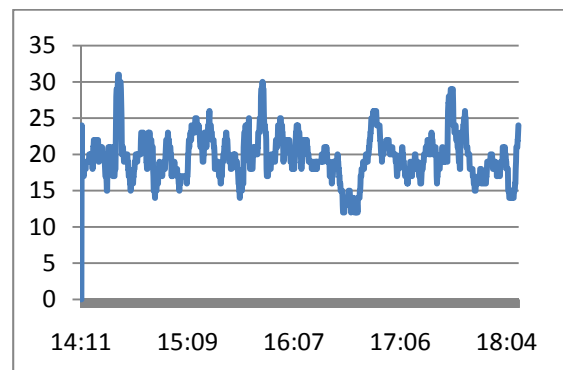
GRÁFICA V.97. Velocidad aire (m/s), TOH-A.



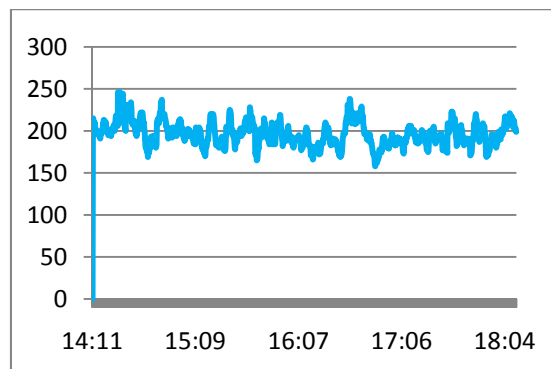
GRÁFICA V.98. Humedad relativa (%), TOH-A.



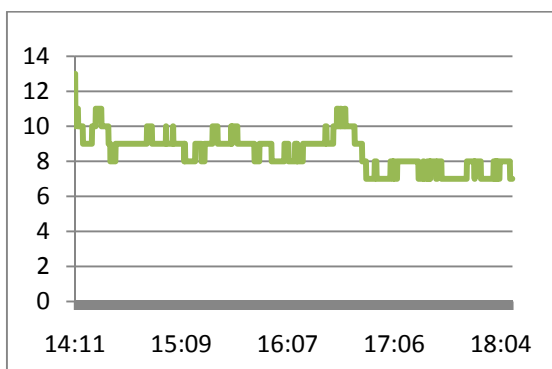
GRÁFICA V.99. Corriente de aire (%), TOH-A.



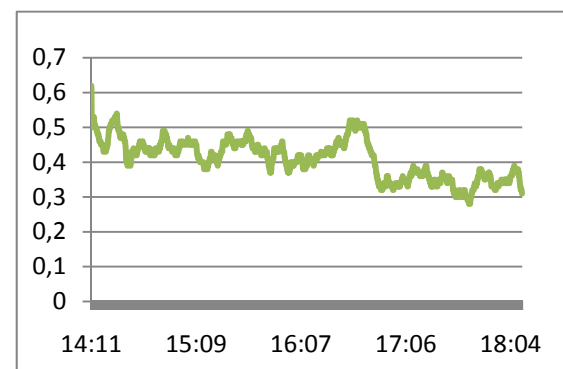
GRÁFICA V.100. Intensidad de turbulencia (%), TOH-A.



GRÁFICA V.101. PPI (%), TOH-A.



GRÁFICA V.102. VMP, TOH-A.

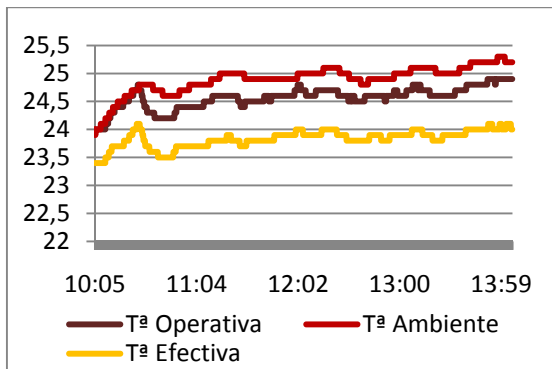


1.2. HABITACIÓN H229.

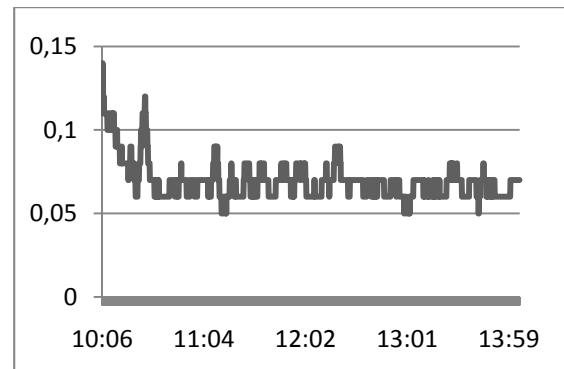
Se observa que la temperatura del aire es de 24,90°C, oscilando entre 24 y 25,5°C, la temperatura operativa es de 24,57°C, con una oscilación entre 24 y 25°C y la temperatura efectiva sigue la misma evolución que la temperatura operativa con una minoración de casi 1°C. La velocidad del aire se encuentra entre 0,1m/s y 0,05m/s. La humedad relativa comienza en 29% y va descendiendo hasta 25%, siendo bastante baja. La corriente de aire al principio es algo elevada disminuyendo hasta alrededor del 10%. Para concluir, el Porcentaje de Personas Insatisfechas oscila entre valores del 6% a 8% y el Voto Medio Previsto aumenta de 0,1 hasta casi 0,4.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.103), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.104), humedad relativa en % (GRÁFICA V.105), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.106) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.107), así como el PPI en % (GRÁFICA V.108) y VMP (GRÁFICA V.109) de H229.

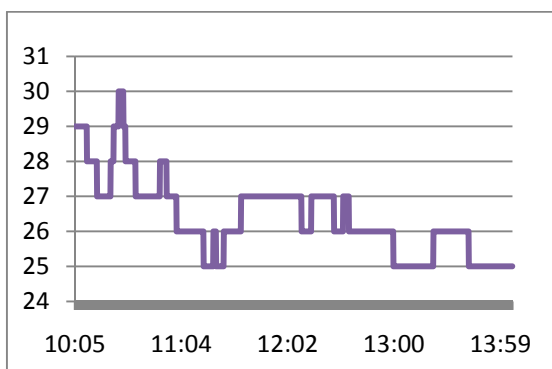
GRÁFICA V.103. Temperatura (°C), H229.



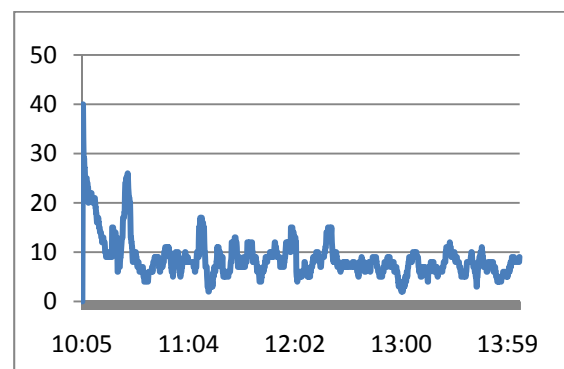
GRÁFICA V.104. Velocidad aire (m/s), H229.



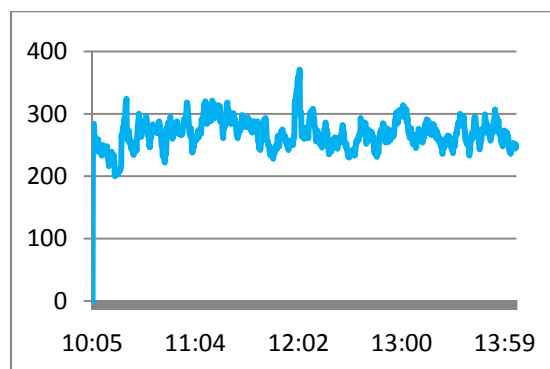
GRÁFICA V.105. Humedad relativa (%), H229.



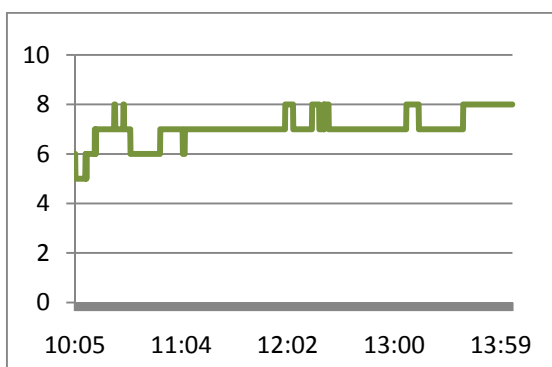
GRÁFICA V.106. Corriente de aire (%), H229.



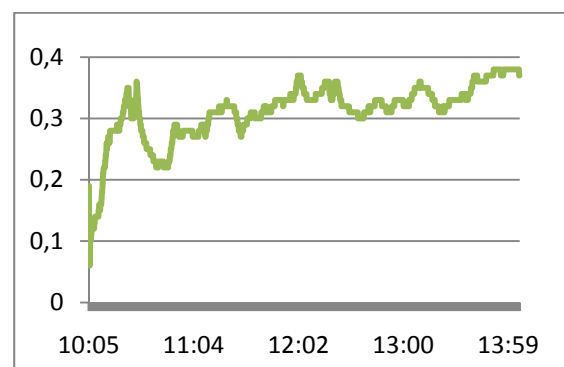
GRÁFICA V.107. Intensidad de turbulencia (%), H229.



GRÁFICA V.108. PPI (%), H229.



GRÁFICA V.109. VMP, H229.

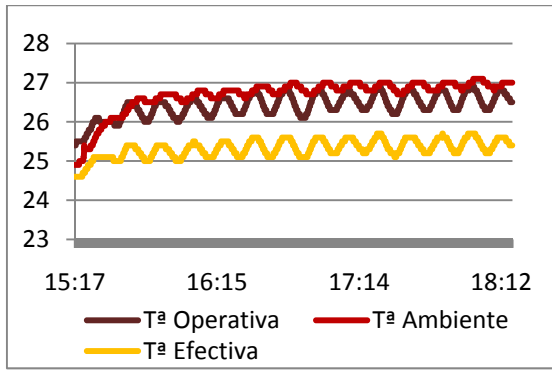


1.3. HABITACIÓN H233.

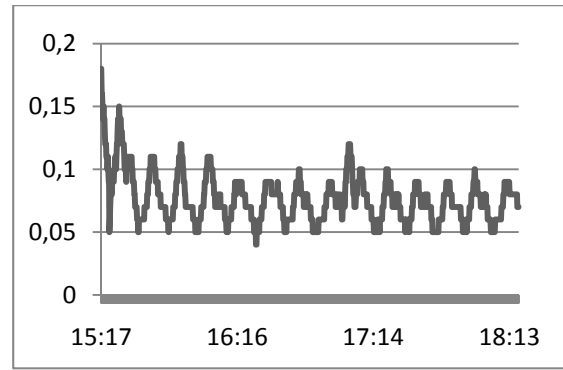
La temperatura del aire es de 25,57°C, la temperatura operativa es de 26,41°C y la temperatura efectiva de 25,32°C, observando en todas ellas fluctuaciones de 0,5°C de modo constante a lo largo del tiempo. La velocidad del aire está entre 0,1m/s y 0,05m/s. La humedad relativa va descendiendo desde 29% hasta llegar a 24%. La corriente de aire va oscilando continuamente entre valores del 0% hasta el 15%, con algún pico del 25%. En último lugar, el Porcentaje de Personas Insatisfechas oscila entre el 8% y 20% y el Voto Medio Previsto aumenta progresivamente desde 0,4 hasta 0,8, siendo ambos elevados.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.110), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.111), humedad relativa en % (GRÁFICA V.112), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.113) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.114), así como el PPI en % (GRÁFICA V.115) y VMP (GRÁFICA V.116) de H233.

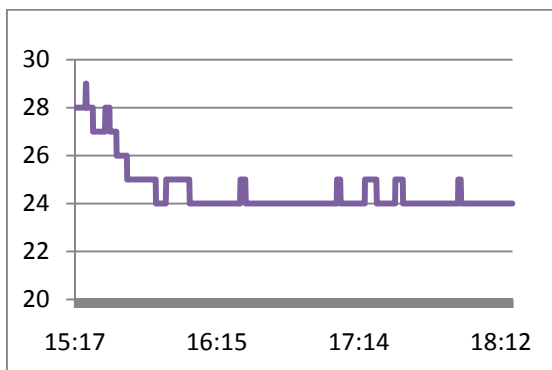
GRÁFICA V.110. Temperatura (°C), H233.



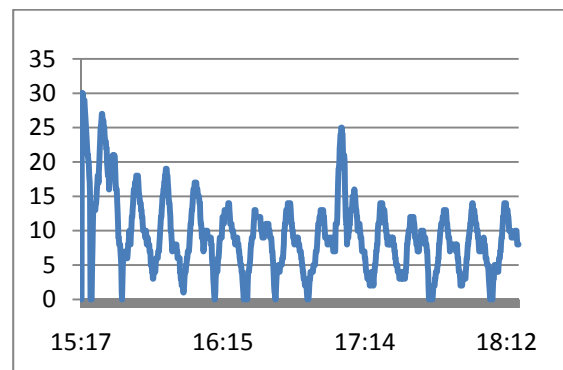
GRÁFICA V.111. Velocidad aire (m/s), H233.



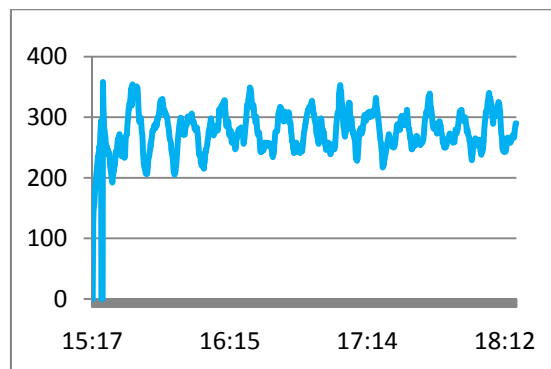
GRÁFICA V.112. Humedad relativa (%), H233.



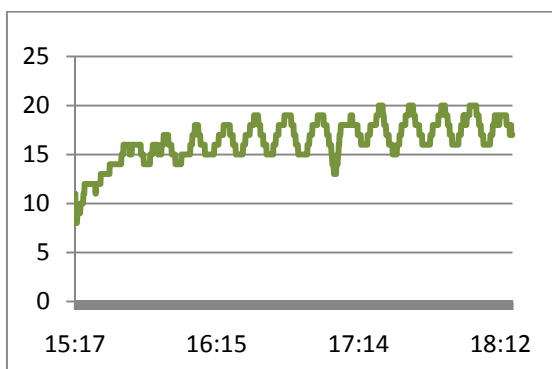
GRÁFICA V.113. Corriente de aire (%), H233.



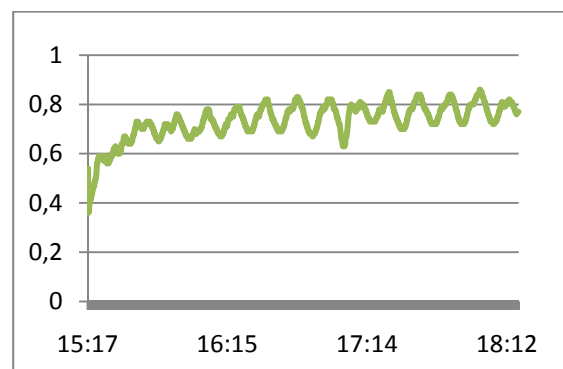
GRÁFICA V.114. Intensidad de turbulencia (%), H233.



GRÁFICA V.115. PPI (%), H233.



GRÁFICA V.116. VMP, H233.



2. NUEVO HOSPITAL.

Consultar planos y fotografías del anexo B.4.

En las siguientes tablas se muestra la media y desviación típica de las temperaturas en °C (TABLA V.11) y velocidad del aire en m/s junto con humedad, corrientes de aire e intensidad de turbulencia en % (TABLA V.12) del conjunto de las zonas de estudio, TOH del nuevo hospital.

TABLA V.11. Datos procesados: temperatura (°C), TOH del nuevo HURH.

RECINTO	T ^a DEL AIRE		T ^a OPERATIVA		T ^a EQUIVALENTE		T ^a EFECTIVA	
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT
ENFERMERÍA	25,07	0,24	23,63	0,13	25,07	0,24	26,67	0,46
HABITACIÓN 2205	23,26	1,10	22,28	1,00	23,26	0,24	19,63	0,27
HABITACIÓN 2206	20,42	0,16	19,12	0,20	20,42	1,61	21,30	0,29

TABLA V.12. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), TOH del nuevo HURH.

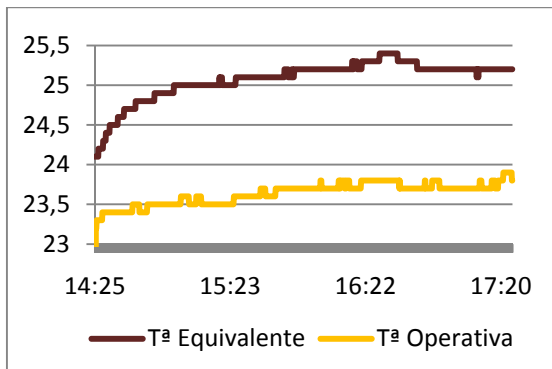
RECINTO	LOW AIR VELOCITY		HUMEDAD RELATIVA		DRAUGHT RATE		ÍNCIDE DE TURBULENCIA
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	
ENFERMERÍA	0,06	0,01	23,27	0,50	5,50	3,64	16,67
HABITACIÓN 2205	0,09	0,02	26,36	1,48	17,21	7,07	22,22
HABITACIÓN 2206	0,17	0,02	27,57	1,24	53,64	7,72	11,76

2.1. CONTROL DE ENFERMERÍA, TOH-N.

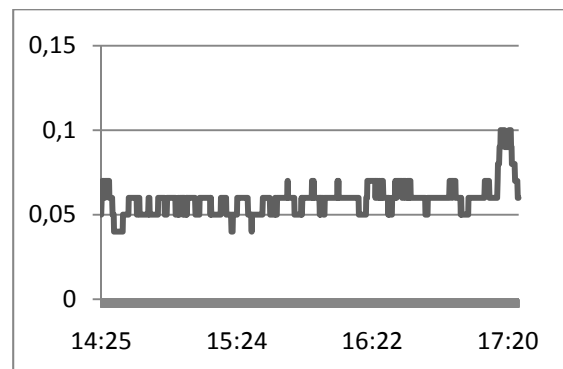
Este recinto se considera como zona no crítica, pero por encontrarse físicamente en el interior de la unidad de trasplantados hepáticos, se cita y describe en este apartado. La temperatura operativa es más o menos estable en valores cercanos a la media de 23,63°C y de igual manera la temperatura equivalente es estable a lo largo del tiempo, pero con valores mayores en 1,5°C y valor medio de 25,07°C. La velocidad del aire es prácticamente constante manteniéndose por debajo de 0,08m/s. La humedad relativa desciende desde 25% hasta 23%. En la corriente de aire se observan pequeñas pero continuas fluctuaciones, entre valores del 0 y 10%. En último lugar, el Porcentaje de Persona Insatisfechas está en torno al 15% y el Voto Medio Previsto se halla cerca de -0,8.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.117), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.118), humedad relativa en % (GRÁFICA V.119), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.120) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.121), así como el PPI en % (GRÁFICA V.122) y VMP (GRÁFICA V.123) del control de enfermería, TOH-N.

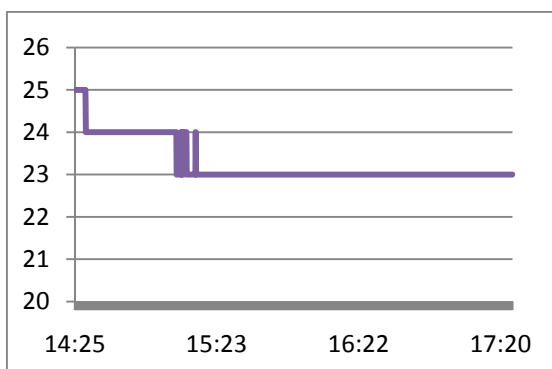
GRÁFICA V.117. Temperatura (°C), TOH-N.



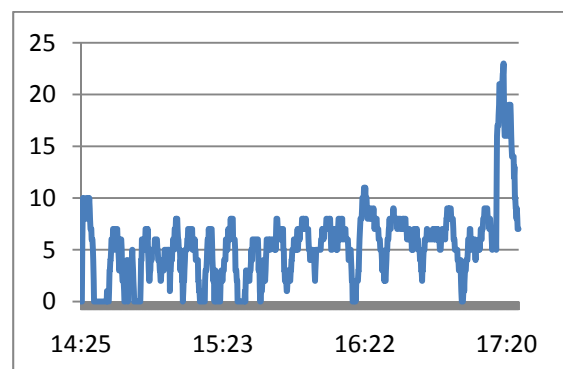
GRÁFICA V.118. Velocidad aire (m/s), TOH-N.



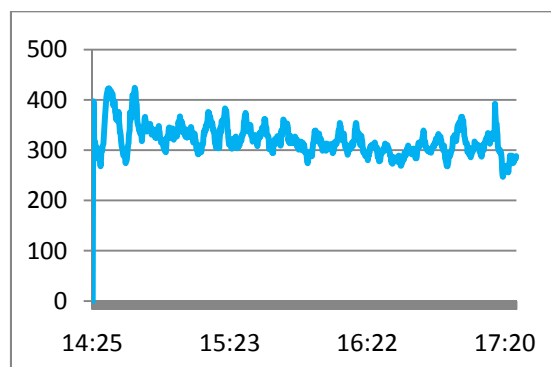
GRÁFICA V.119. Humedad relativa (%), TOH-N.



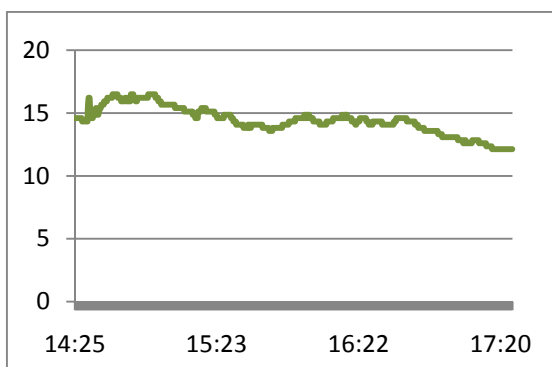
GRÁFICA V.120. Corriente de aire (%), TOH-N.



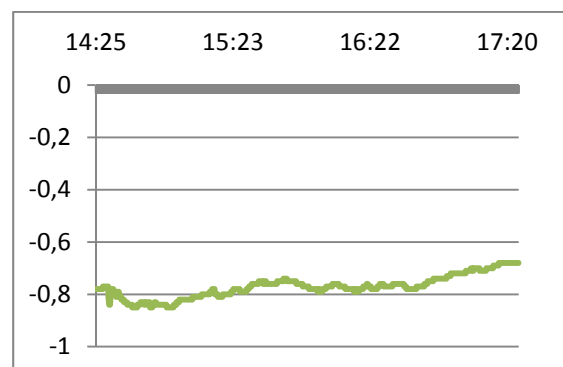
GRÁFICA V.121. Intensidad de turbulencia (%), TOH-N.



GRÁFICA V.122. PPI (%), TOH-N.



GRÁFICA V.123. VMP, TOH-N.

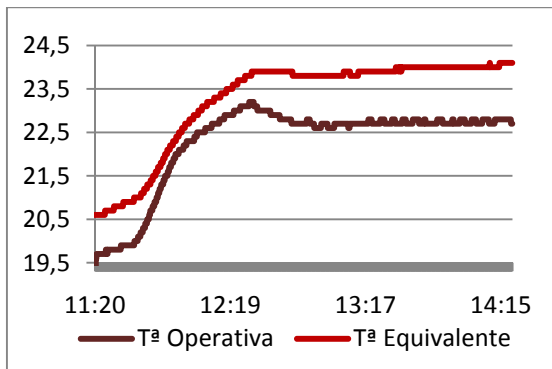


2.2. HABITACIÓN H2205.

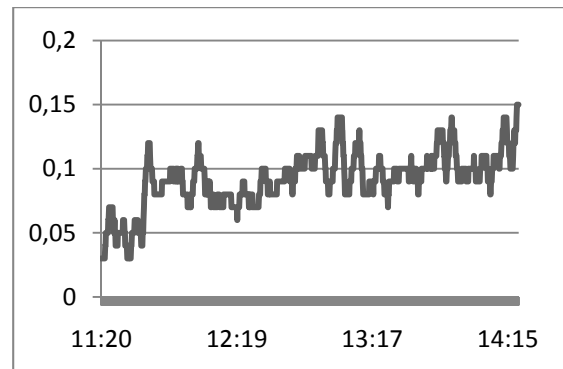
La temperatura operativa aumenta de 20,5°C a 24°C donde permanece constante y la temperatura equivalente semeja a la operativa, pero con una diferencia de un grado. La velocidad media del aire empieza en valores de 0,05m/s subiendo luego a valores entre 0,1 y 0,15m/s. La humedad relativa se encuentra entre 30% y 25% donde permanece finalmente estable. La corriente de aire media esta oscilando en torno al 20% con variaciones 10% por encima y debajo. Para terminar, observamos que el Porcentaje de Personas Insatisfechas aumenta progresivamente de 6% a 9% y el Voto Medio Previsto asciende de 0,1 a pasar a valores que se encuentran por encima de 0,3.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.124), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.125), humedad relativa en % (GRÁFICA V.126), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.127) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.128), así como el PPI en % (GRÁFICA V.129) y VMP (GRÁFICA V.130) de H2205.

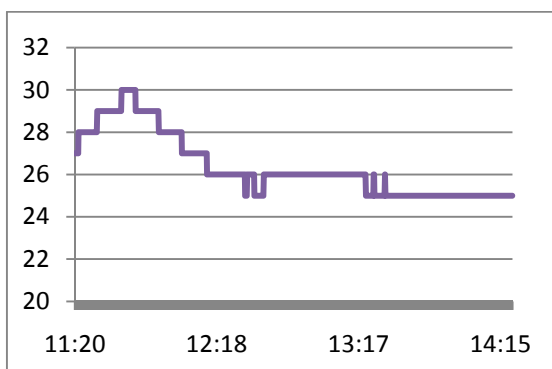
GRÁFICA V.124. Temperatura (°C), H2205.



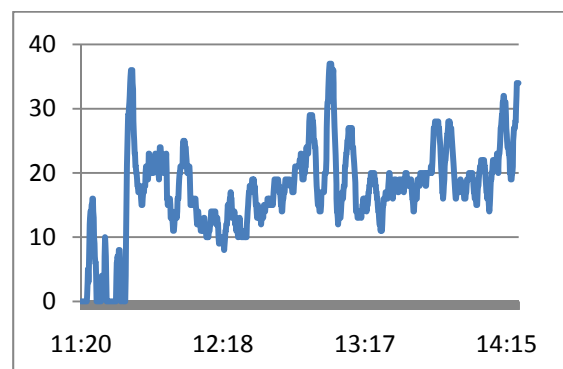
GRÁFICA V.125. Velocidad aire (m/s), H2205.



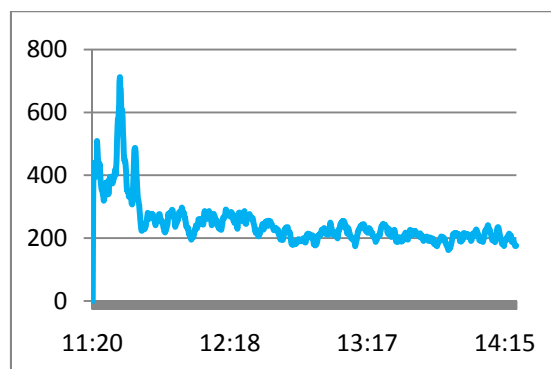
GRÁFICA V.126. Humedad relativa (%), H2205.



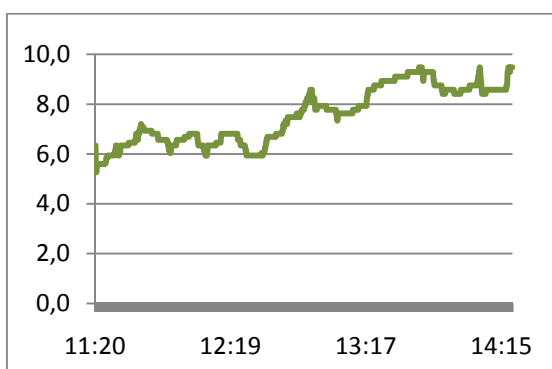
GRÁFICA V.127. Corriente de aire (%), H2205.



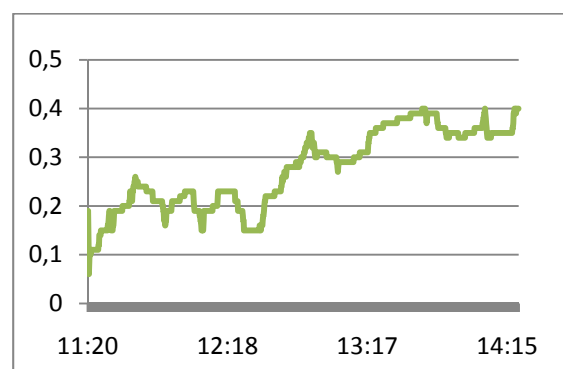
GRÁFICA V.128. Intensidad de turbulencia (%), H2205.



GRÁFICA V.129. PPI (%), H2205.



GRÁFICA V.130. VMP, H2205.

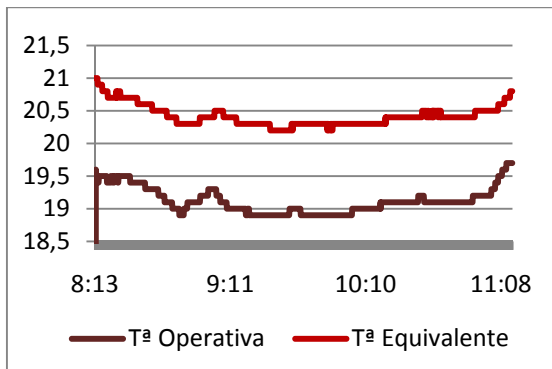


2.3. HABITACIÓN H2206.

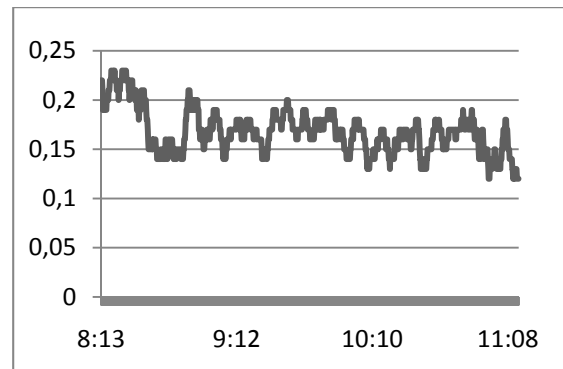
Viendo las gráficas y los datos, se deduce que la temperatura operativa tiene una variación de 0,4°C, alrededor de los 19°C y la temperatura equivalente sigue la misma tendencia que la operativa con 1,3°C más. La velocidad media del aire está en 0,17m/s. La humedad relativa asciende progresivamente desde 25% hasta 29%. La corriente de aire es elevada alcanza valores que están en torno a 54%. Se concluye con el Porcentaje de Personas Insatisfechas que disminuye de 10% hasta 5%, y el Voto Medio Previsto que aumenta de -0,6 a -0,2.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.131), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.132), humedad relativa en % (GRÁFICA V.133), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.134) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.135), así como el PPI en % (GRÁFICA V.136) y VMP (GRÁFICA V.137) de H2206.

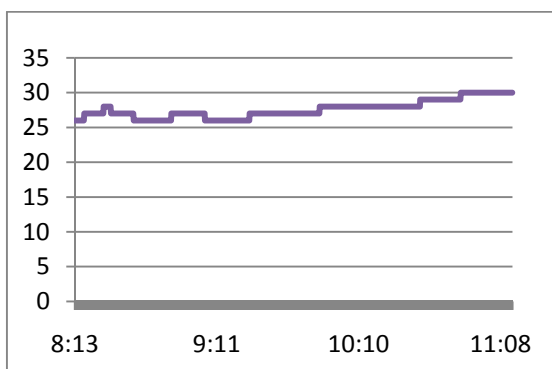
GRÁFICA V.131. Temperatura (°C), H2206.



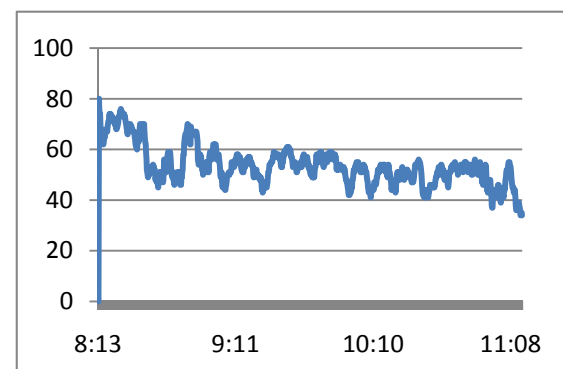
GRÁFICA V.132. Velocidad aire (m/s), H2206.



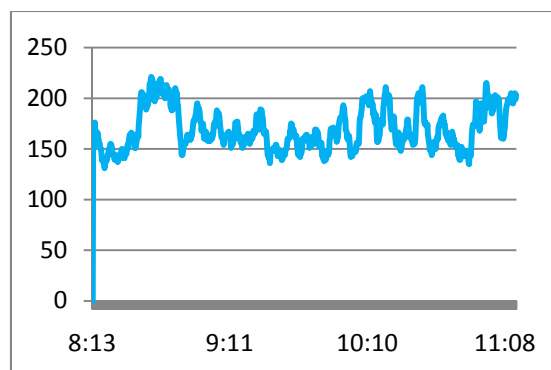
GRÁFICA V.133. Humedad relativa (%), H2206.



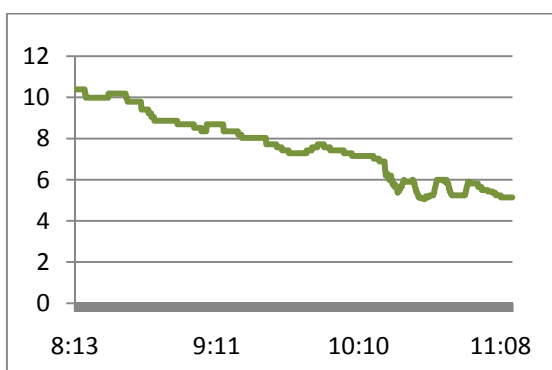
GRÁFICA V.134. Corriente de aire (%), H2206.



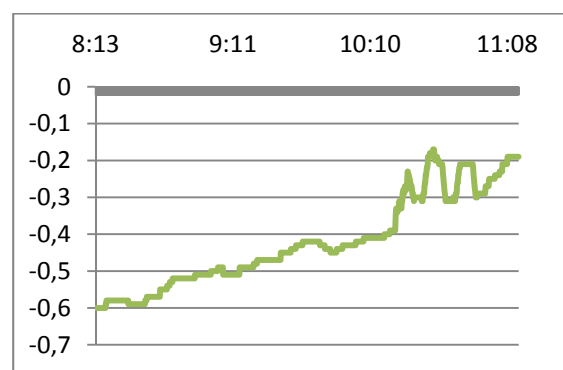
GRÁFICA V.135. Intensidad de turbulencia (%), H2206.



GRÁFICA V.136. PPI (%), H2206.



GRÁFICA V.137. VMP, H2206.



V.1.D. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (U.V.I.).

1. ANTIGUO HOSPITAL.

Consultar planos y fotografías del anexo A.5.

En las siguientes tablas se muestra la media y desviación típica de las temperaturas en °C (TABLA V.13) y velocidad del aire en m/s junto con humedad, corrientes de aire e intensidad de turbulencia en % (TABLA V.14) del conjunto de las zonas de estudio, UVI del antiguo hospital, para el periodo de tiempo estudiado.

TABLA V.13. Datos procesados: temperatura (°C), UVI del antiguo HURH.

RECINTO	T ^a DEL AIRE		T ^a OPERATIVA		T ^a EQUIVALENTE		T ^a EFECTIVA	
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT
ENFERMERÍA	24,58	0,46	24,15	0,41	23,68	0,40	23,55	0,35
BOX 1	24,86	0,13	24,62	0,10	23,76	0,15	23,94	0,09
BOX 8	25,38	0,17	25,17	0,21	24,43	1,07	24,41	0,18

TABLA V.14. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), UVI del antiguo HURH.

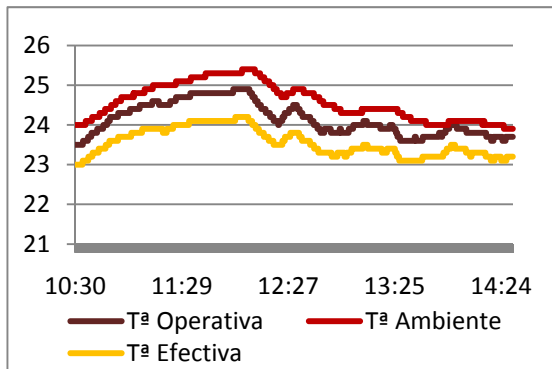
RECINTO	LOW AIR VELOCITY		HUMEDAD RELATIVA		DRAUGHT RATE		ÍNCIDE DE TURBULENCIA
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	
ENFERMERÍA	0,07	0,02	29,57	1,02	10,08	7,80	28,57
BOX 1	0,13	0,01	28,54	0,56	23,35	2,71	7,69
BOX 8	0,10	0,03	28,48	1,31	20,15	7,37	30,00

1.1. CONTROL DE ENFERMERÍA, UVI-A.

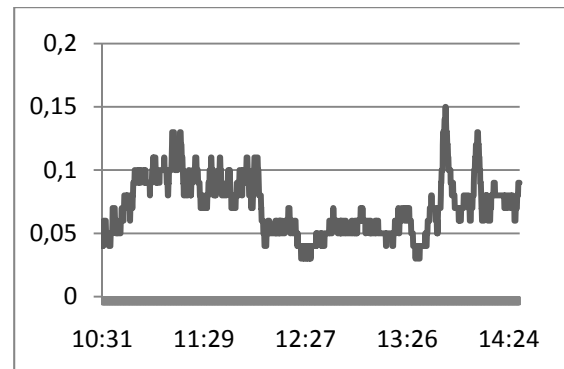
Este recinto, al igual que el control de enfermería visto en la zona de TOH en el punto anterior -se describe en este punto V.1.C-, se considera no crítico, pero por hallarse físicamente en la zona de UVI. Se verá posteriormente, en el punto V.1.F dentro de los parámetros comparativos de las mencionadas zonas no críticas. Se puede observar que la temperatura del aire se encuentra entre los valores de 24,5°C y 25°C, con una media de 24,58°C, la temperatura operativa es similar, pero con medio grado por debajo, y la temperatura efectiva con un grado por debajo. La velocidad del aire está entre 0,05m/s y 0,15m/s. La humedad relativa está entre 28% y 32%. La corriente de aire tiene grandes oscilaciones, debido al uso del recinto. Por último, mencionar que el Porcentaje de Personas Insatisfechas está entre el 5% y 9% y el Voto Medio Previsto varía entre 0 y 0,40.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.138), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.139), humedad relativa en % (GRÁFICA V.140), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.141) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.142), así como el PPI en % (GRÁFICA V.143) y VMP (GRÁFICA V.144) del control de enfermería, UVI-A.

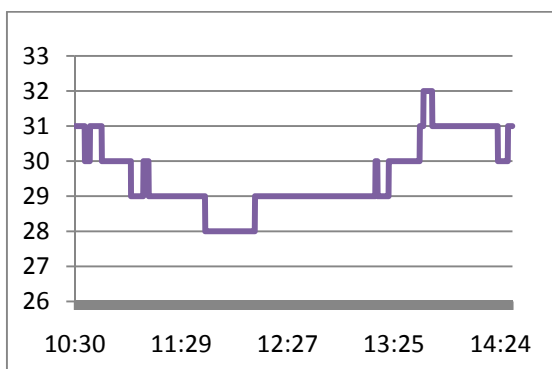
GRÁFICA V.138. Temperatura (°C), UVI-A.



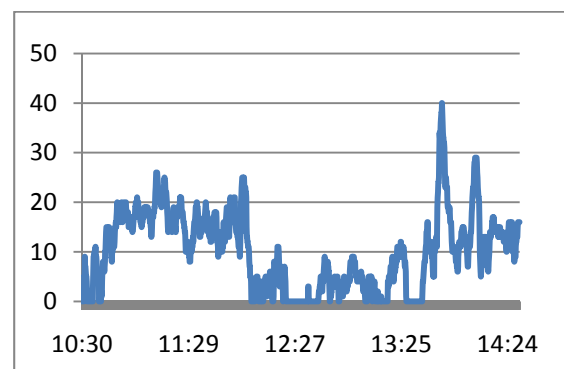
GRÁFICA V.139. Velocidad aire (m/s), UVI-A.



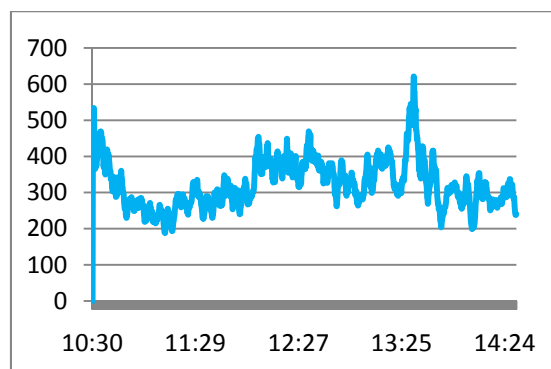
GRÁFICA V.140. Humedad relativa (%), UVI-A.



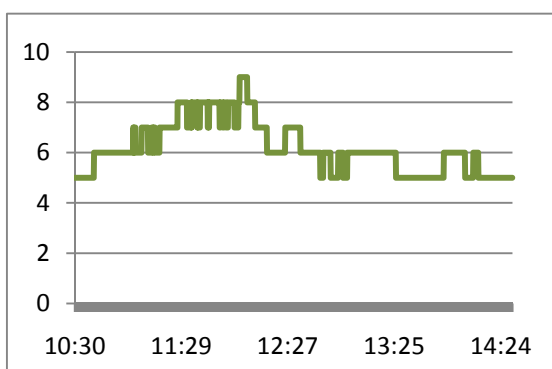
GRÁFICA V.141. Corriente de aire (%), UVI-A.



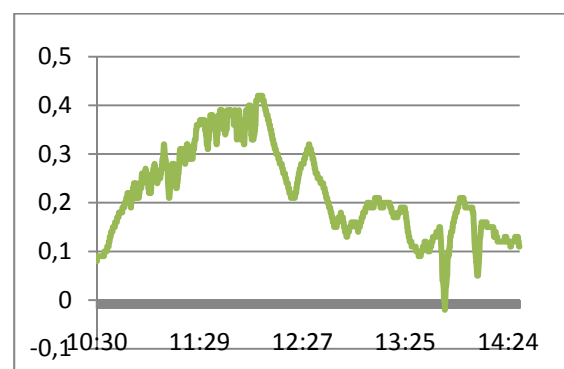
GRÁFICA V.142. Intensidad de turbulencia (%), UVI-A.



GRÁFICA V.143. PPI (%), UVI-A.



GRÁFICA V.144. VMP, UVI-A.

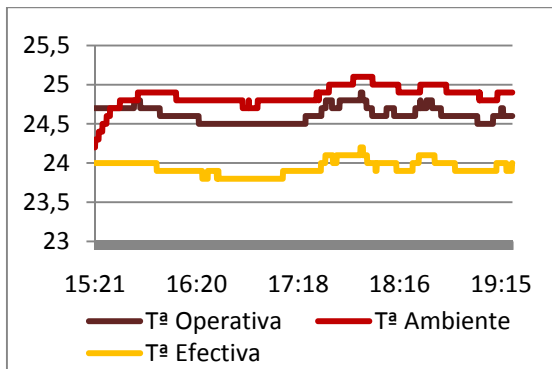


1.2. BOX 1.

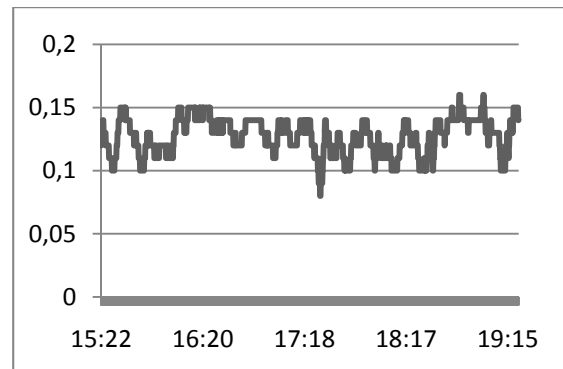
La temperatura del aire asciende de 24,3°C a 25°C, la temperatura operativa está en torno a los 24,5°C, similar a la temperatura efectiva que oscila alrededor de los 24°C, siendo bastante estable todas ellas. La velocidad del aire está entre 0,1m/s y 0,15m/s. La humedad relativa está entre 28% y 30%. La corriente de aire está entre 15% y 30%. Se concluye con que el Porcentaje de Personas Insatisfechas está entre el 6% y 7% y el Voto Medio Previsto varía entre 0,18 y 0,35.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.145), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.146), humedad relativa en % (GRÁFICA V.147), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.148) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.149), así como el PPI en % (GRÁFICA V.150) y VMP (GRÁFICA V.151) del BOX 1.

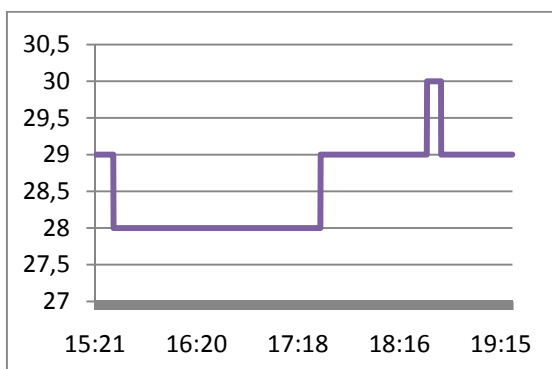
GRÁFICA V.145. Temperatura (°C), BOX1.



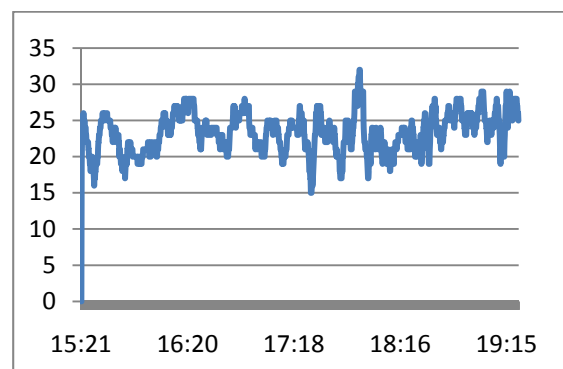
GRÁFICA V.146. Velocidad aire (m/s), BOX1.



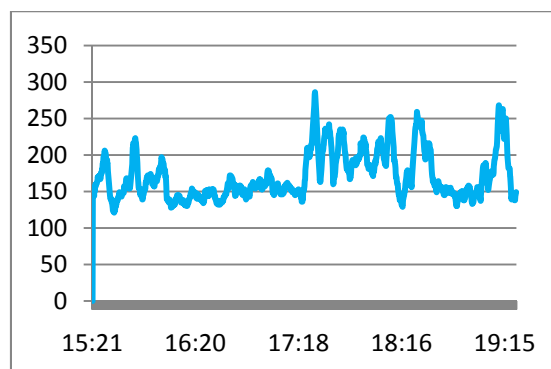
GRÁFICA V.147. Humedad relativa (%), BOX1.



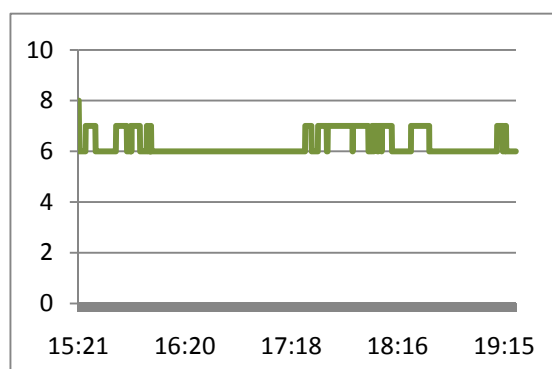
GRÁFICA V.148. Corriente de aire (%), BOX1.



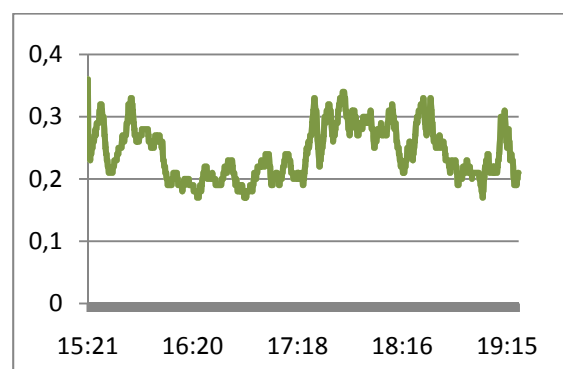
GRÁFICA V.149. Intensidad de turbulencia (%), BOX1.



GRÁFICA V.150. PPI (%), BOX1.



GRÁFICA V.151. VMP, BOX1.

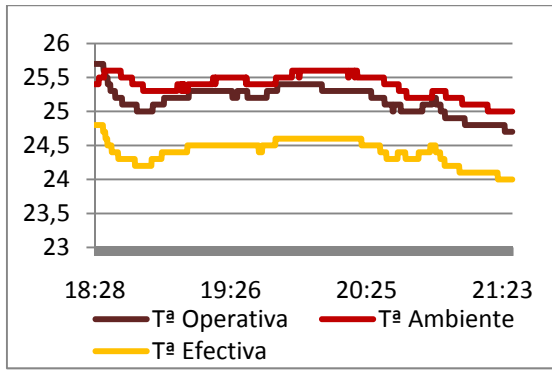


1.3. BOX 8.

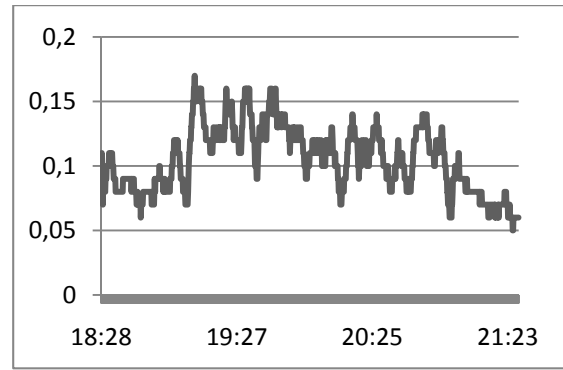
Lo más destacable es que la temperatura del aire está entre 25°C y poco más de 25,5°C, la temperatura operativa tiene una parecida oscilación pero con una evolución temporal similar a la temperatura efectiva con una diferencia de 1°C entre ellas. La velocidad del aire está entre 0,06m/s y algo más de 0,15m/s. La humedad relativa está entre 26% y algo más de 30%. La corriente de aire esta 0% y 40%. El Porcentaje de Personas Insatisfechas está entre el 7% y 13% y el Voto Medio Previsto disminuye de 0,6 a 0,4 manteniéndose debajo de este valor.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.152), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.153), humedad relativa en % (GRÁFICA V.154), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.155) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.156), así como el PPI en % (GRÁFICA V.157) y VMP (GRÁFICA V.158) del BOX 8.

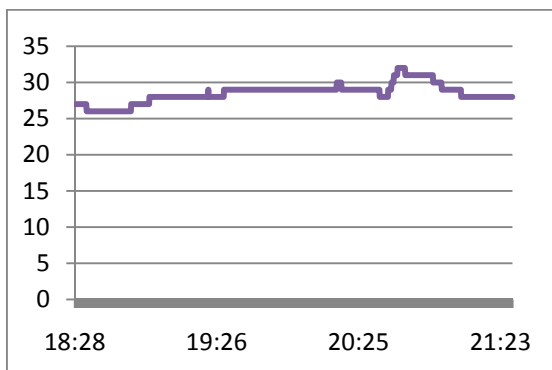
GRÁFICA V.152. Temperatura (°C), BOX8.



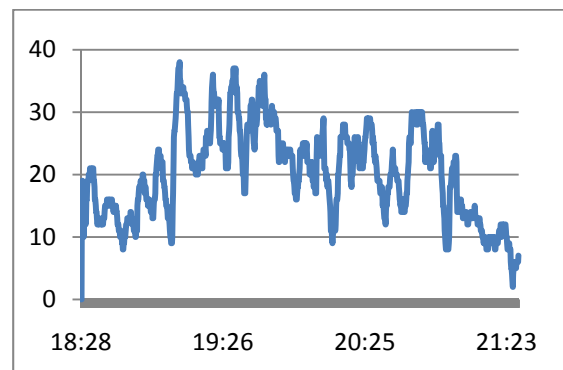
GRÁFICA V.153. Velocidad aire (m/s), BOX8.



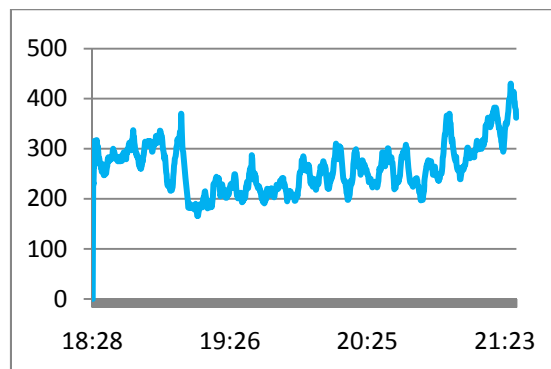
GRÁFICA V.154. Humedad relativa (%), BOX8.



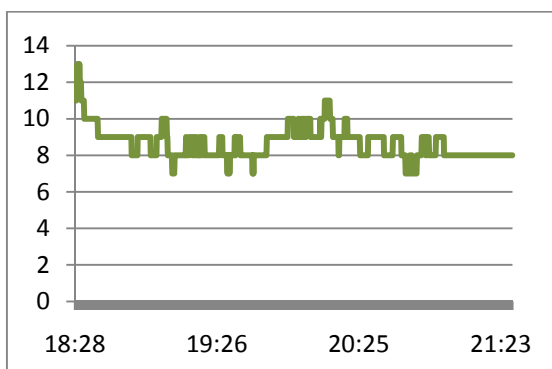
GRÁFICA V.155. Corriente de aire (%), BOX8.



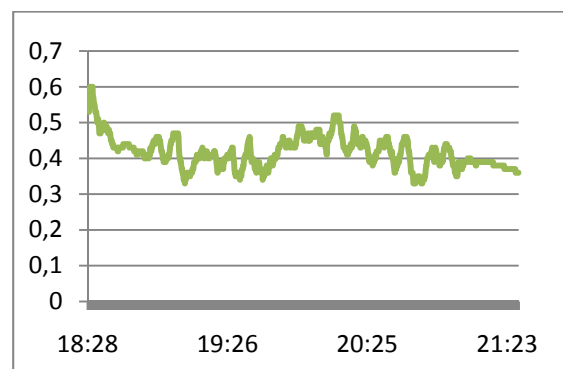
GRÁFICA V.156. Intensidad de turbulencia (%), BOX8.



GRÁFICA V.157. PPI (%), BOX8.



GRÁFICA V.158. VMP, BOX8.



2. NUEVO HOSPITAL.

Consultar planos y fotografías del anexo B.5.

En las siguientes tablas se muestra la media y desviación típica de las temperaturas en °C (TABLA V.15) y velocidad del aire en m/s junto con humedad, corrientes de aire e intensidad de turbulencia en % (TABLA V.16) del conjunto de las zonas de estudio, UVI del nuevo hospital, para el periodo de tiempo estudiado.

TABLA V.15. Datos procesados: temperatura (°C), UVI del nuevo HURH.

RECINTO	T ^a DEL AIRE		T ^a OPERATIVA		T ^a EQUIVALENTE		T ^a EFECTIVA	
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT
ENFERMERÍA	20,78	0,66	23,88	0,57	24,76	0,40	22,86	0,60
BOX 21	24,07	0,35	24,07	0,35	25,55	0,24	25,36	0,19
BOX 22	24,32	0,16	24,33	0,16	25,74	0,16	22,90	0,33

TABLA V.16. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), UVI del nuevo HURH.

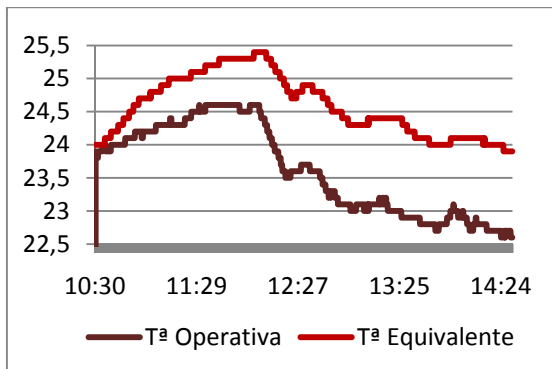
RECINTO	LOW AIR VELOCITY		HUMEDAD RELATIVA		DRAUGHT RATE		ÍNCIDE DE TURBULENCIA
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	
ENFERMERÍA	0,07	0,02	29,15	0,75	10,06	7,81	28,57
BOX 21	0,06	0,01	17,08	1,50	4,20	4,47	16,67
BOX 22	0,07	0,02	21,27	0,68	9,18	6,22	28,57

2.1. CONTROL DE ENFERMERÍA, UVI-N.

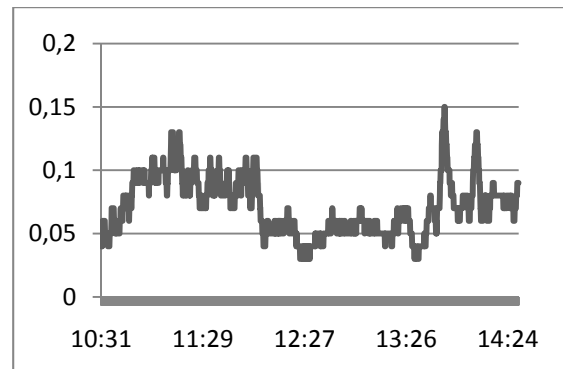
Comentar lo mismo que en el control de enfermería del antiguo hospital: se trata de un recinto no crítico, pero se señala aquí por hallarse físicamente en la zona de UVI. Se verá posteriormente, en el punto V.1.F entre los parámetros comparativos de las mencionadas zonas no críticas. La observación de estos datos muestra que la temperatura operativa comienza con 24°C, alcanzando los 24,5°C y finalmente descendiendo a 22,5°C, evaluación parecida a la temperatura equivalente que encuentra su media en 24,76°C, con valores en torno a los 24°C con un aumento que llega a los 25,5°C, para volver a descender. La velocidad del aire oscila entre valores cercanos a los 0,05m/s y 0,10m/s, con algún pico. La humedad relativa está en torno a valores de 28% y 32%. La corriente de aire también tiene oscilaciones, coincidentes con la velocidad del aire. En último lugar, hay que comentar que el Porcentaje de Personas Insatisfechas esta en torno al 15% y el Voto Medio Previsto alcanza los -0,75 y -0,85.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.159), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.160), humedad relativa en % (GRÁFICA V.161), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.162) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.163), así como el PPI en % (GRÁFICA V.164) y VMP (GRÁFICA V.165) del control de enfermería, UVI-N.

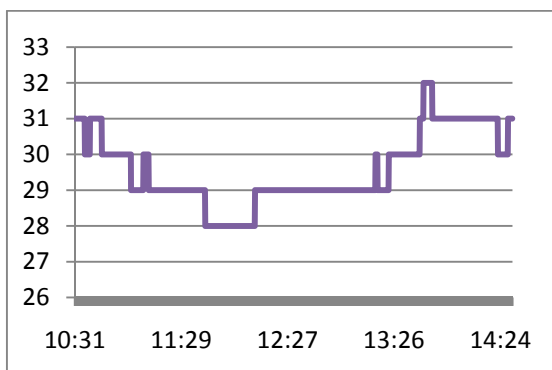
GRÁFICA V.159. Temperatura (°C). UVI-N.



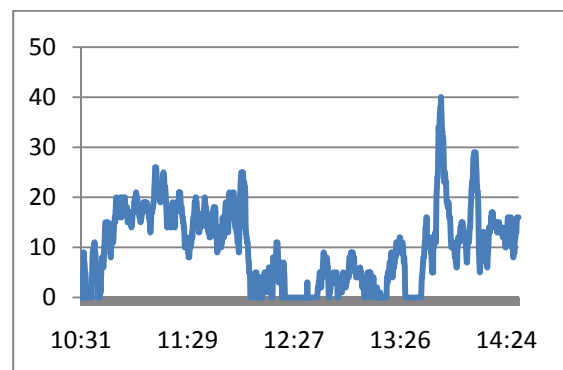
GRÁFICA V.160. Velocidad aire (m/s), UVI-N.



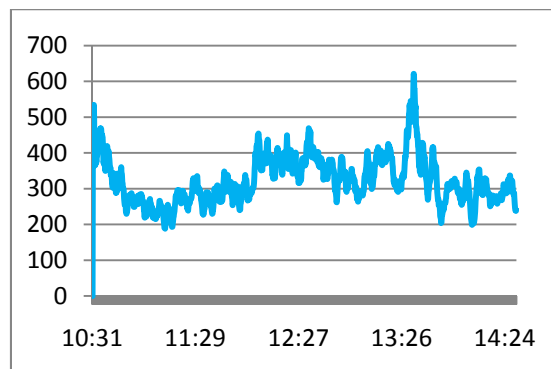
GRÁFICA V.161. Humedad relativa (%), UVI-N.



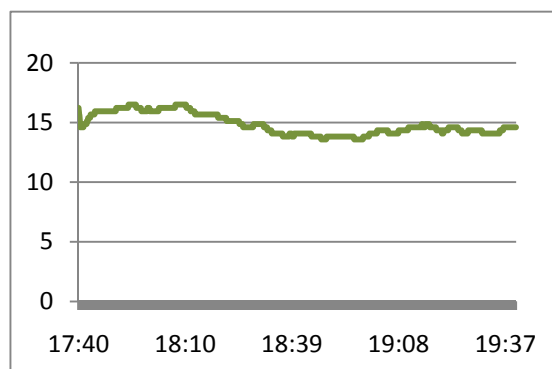
GRÁFICA V.162. Corriente de aire (%), UVI-N.



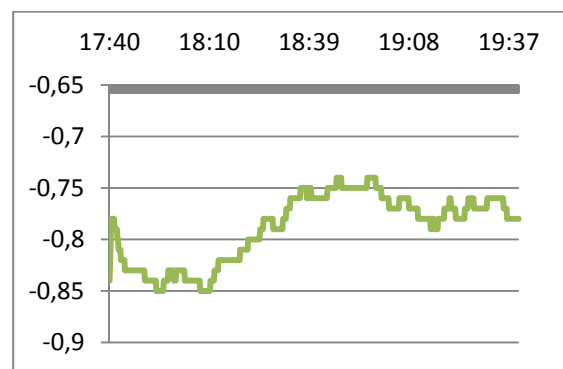
GRÁFICA V.163. Intensidad de turbulencia (%), UVI-N.



GRÁFICA V.164. PPI (%), UVI-N.



GRÁFICA V.165. VMP, UVI-N.

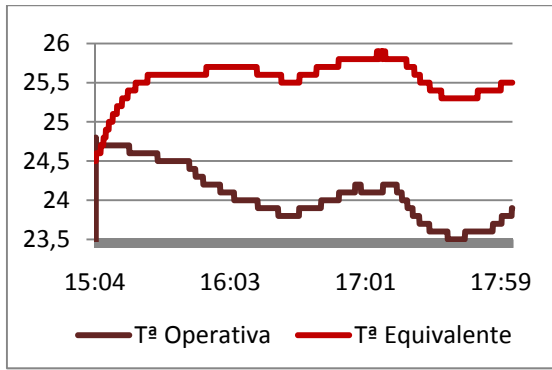


2.2. BOX 21.

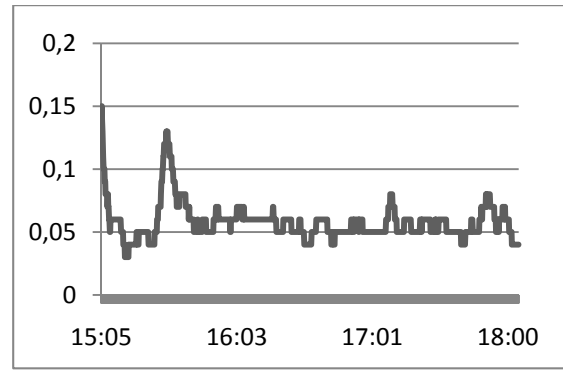
La temperatura operativa permanece entre valores comprendidos entre los 23,5°C y 24,5°C y la temperatura equivalente con diferente tendencia, sus valores se hallan entre los 24,5°C y 26°C. La velocidad del aire está en torno a los 0,06m/s. La humedad relativa desciende de 20% a 15%, siendo valores bajos. La corriente de aire está alrededor de 5%, valor bajo. El Porcentaje de Personas Insatisfechas se encuentra en 15% y el Voto Medio Previsto aumenta de 0,8 a 1.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.166), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.167), humedad relativa en % (GRÁFICA V.168), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.169) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.170), así como el PPI en % (GRÁFICA V.171) y VMP (GRÁFICA V.172) del BOX 21.

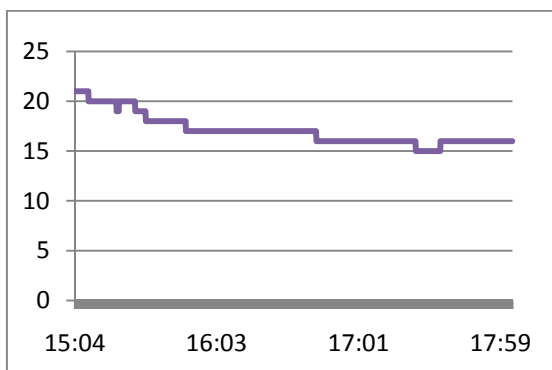
GRÁFICA V.166. Temperatura (°C), BOX21.



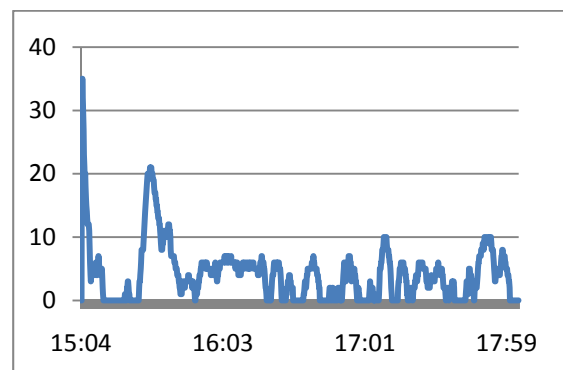
GRÁFICA V.167. Velocidad aire (m/s), BOX21.



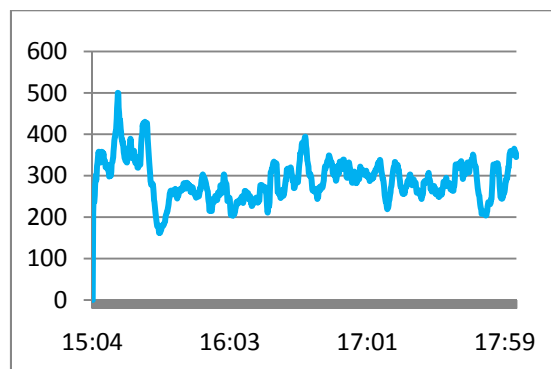
GRÁFICA V.168. Humedad relativa (%), BOX21.



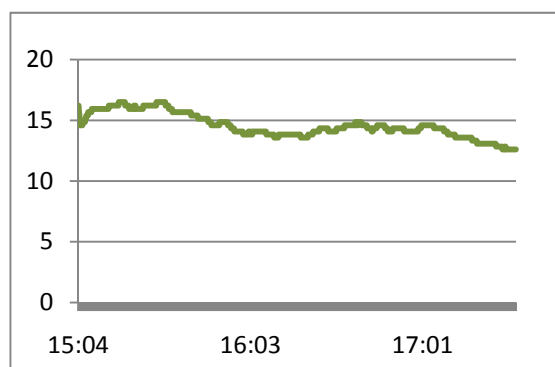
GRÁFICA V.169. Corriente de aire (%), BOX 21.



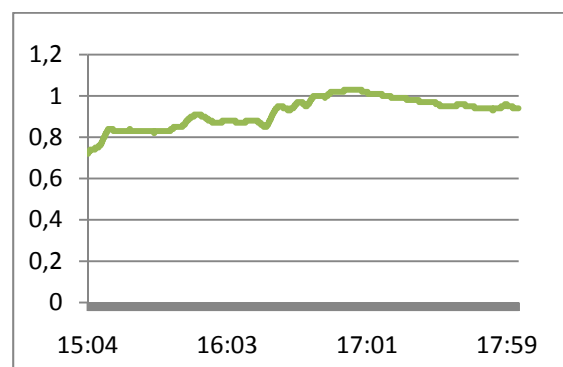
GRÁFICA V.170. Intensidad de turbulencia (%), BOX21.



GRÁFICA V.171. PPI (%), BOX21.



GRÁFICA V.172. VMP, BOX21.

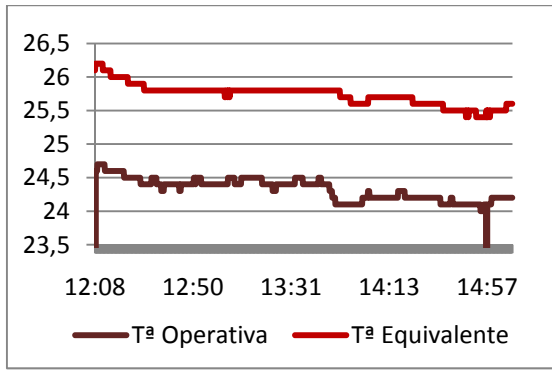


2.3. BOX 22.

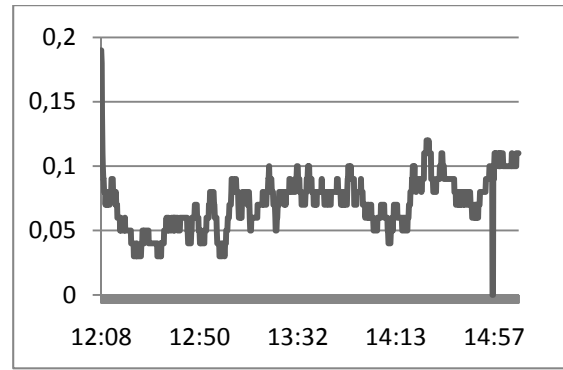
Se observa en este último recinto de estudio de UVI que la temperatura operativa está en torno a 24°C y 24,5°C y la temperatura equivalente tiene igual tendencia que la operativa, pero con algo menos de 1,5°C por encima. La velocidad de aire está entre valores cercanos a 0,05m/s y 0,1m/s. La humedad relativa se encuentra en 20% y 23%. La corriente de aire tiene notables variaciones. Y concluyendo, el Porcentaje de Personas Insatisfechas se encuentra en torno al 15% y el Voto Medio Previsto asciende de -0,85 a -0,75.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.173), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.174), humedad relativa en % (GRÁFICA V.175), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.176) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.177), así como el PPI en % (GRÁFICA V.178) y VMP (GRÁFICA V.179) del BOX 22.

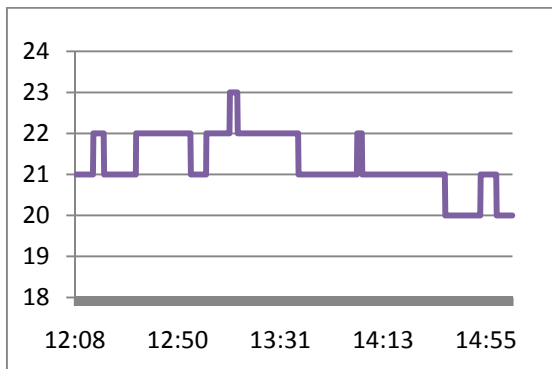
GRÁFICA V.173. Temperatura (°C), BOX22.



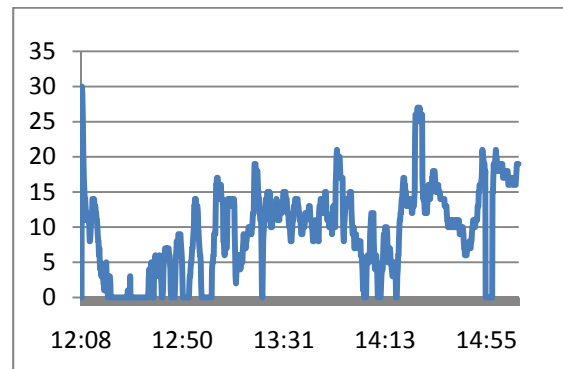
GRÁFICA V.174. Velocidad aire (m/s), BOX22.



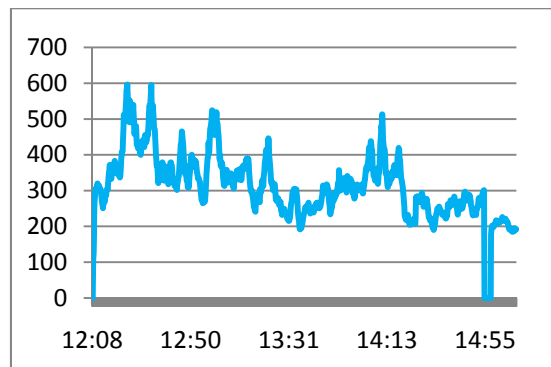
GRÁFICA V.175. Humedad relativa (%), BOX22.



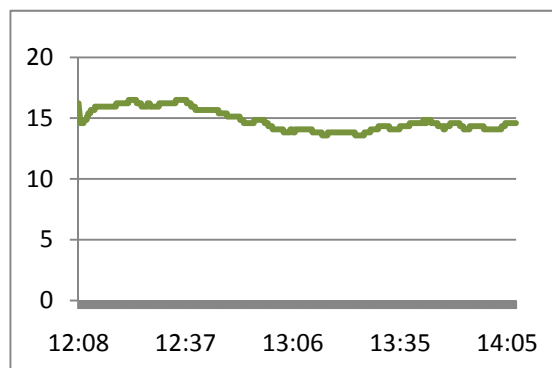
GRÁFICA V.176. Corriente de aire (%), BOX22.



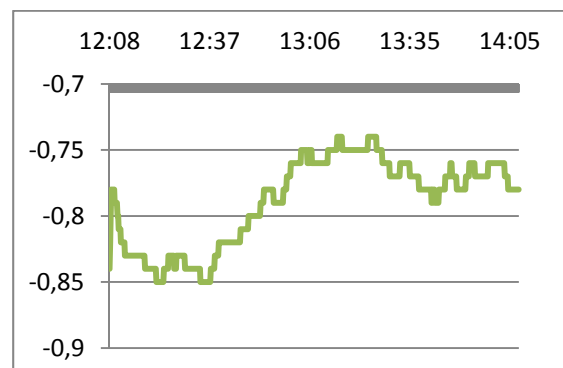
GRÁFICA V.177. Intensidad de turbulencia (%), BOX22.



GRÁFICA V.178. PPI (%), BOX22.



GRÁFICA V.179. VMP, BOX22.



V.1.E. ZONAS NO CRÍTICAS.

1. ANTIGUO HOSPITAL.

Consultar planos y fotografías del anexo A.6.

Las zonas incluidas como no críticas son un despacho y urgencias, junto con los controles de enfermería de TOH (APARTADO V.1.C) y de UVI (APARTADO V.1.D) definidos anteriormente, por ser espacios semejantes. Por tanto, en las siguientes tablas se muestra la media y desviación típica de las temperaturas en °C (TABLA V.17) y velocidad del aire en m/s junto con humedad, corrientes de aire e intensidad de turbulencia en % (TABLA V.18).

TABLA V.17. Datos procesados: temperatura (°C), zonas no críticas del antiguo HURH.

RECINTO	T ^a DEL AIRE		T ^a OPERATIVA		T ^a EQUIVALENTE		T ^a EFECTIVA	
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT
URGENCIAS	24,91	0,45	24,77	0,36	24,59	0,31	24,14	0,28
DESPACHO	27,06	0,52	26,98	0,33	26,78	0,33	25,93	0,25
ENFERMERÍA TOH	25,55	0,16	25,32	0,21	24,57	0,24	24,42	0,18
ENFERMERÍA UVI	24,58	0,46	24,15	0,41	23,68	0,40	23,55	0,35

TABLA V.18. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), zonas no críticas del antiguo HURH.

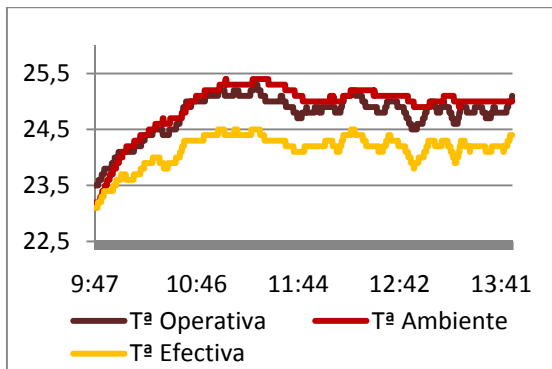
RECINTO	LOW AIR VELOCITY		HUMEDAD RELATIVA		DRAUGHT RATE		ÍNCIDE DE TURBULENCIA
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	
URGENCIAS	0,04	0,01	31,27	1,54	0,50	0,99	25,00
DESPACHO	0,04	0,01	28,09	1,30	0,19	1,49	25,00
ENFERMERÍA TOH	0,11	0,01	24,67	0,53	19,69	3,16	9,10
ENFERMERÍA UVI	0,07	0,02	29,57	1,02	10,08	7,80	28,57

1.1. URGENCIAS URG-A.

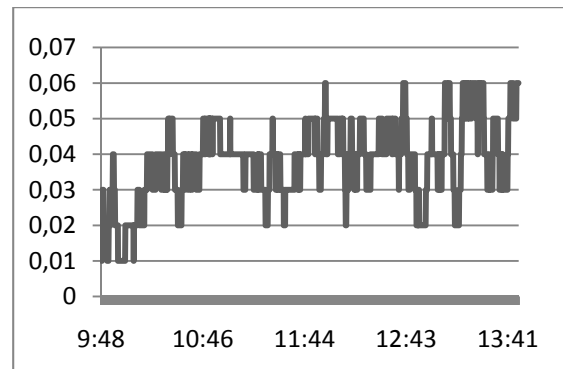
Las tres temperaturas tienen la misma tendencia, empezando todas ellas en 23,5°C, y ascendiendo cada una de ellas a valores diferentes, temperatura del aire y operativa entre los límites de 24,5°C y 25,5°C y la temperatura efectiva entre los límites de 23,5°C y 24,5°C. La velocidad del aire está por debajo de 0,05m/s, lo cual es aceptable. La humedad relativa disminuye de 35% a 30%, lo cual es baja. La corriente de aire es prácticamente nula a lo largo del tiempo. Y por último, el Porcentaje de Personas Insatisfechas asciende de 5% a 10%. El Voto Medio Previsto aumenta de 0,1 a 0,5, siendo un valor elevado.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.180), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.181), humedad relativa en % (GRÁFICA V.182) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.183), así como el PPI en % (GRÁFICA V.184) y VMP (GRÁFICA V.185) de urgencias, URG-A.

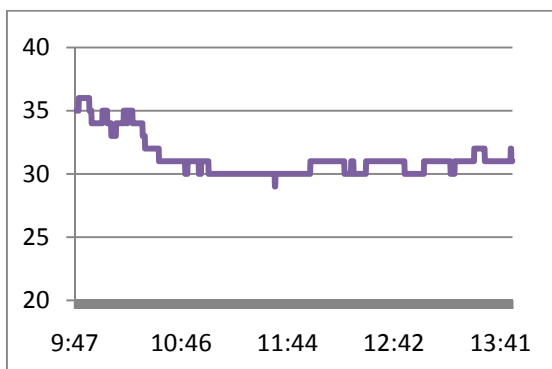
GRÁFICA V.180. Temperatura (°C), URG-A.



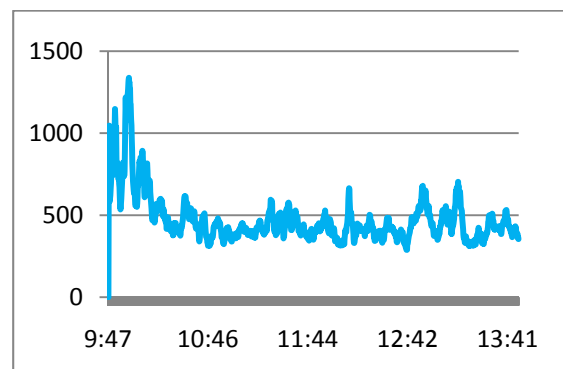
GRÁFICA V.181. Velocidad aire (m/s), URG-A.



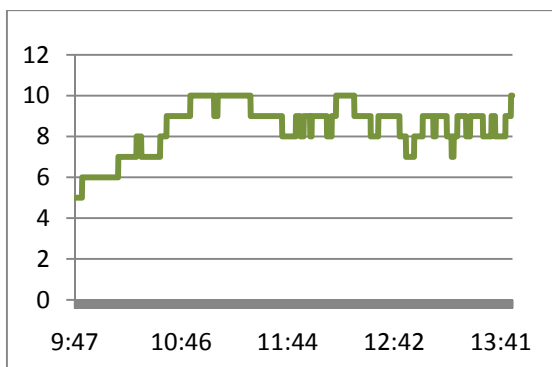
GRÁFICA V.182. Humedad relativa (%), URG-A.



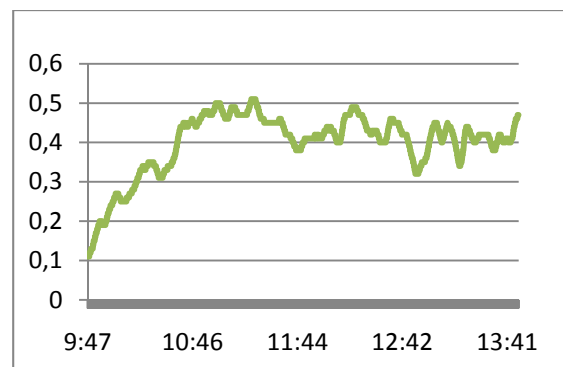
GRÁFICA V.183. Intensidad de turbulencia (%), URG-A.



GRÁFICA V.184. PPI (%), URG-A.



GRÁFICA V.185. VMP (%), URG-A.

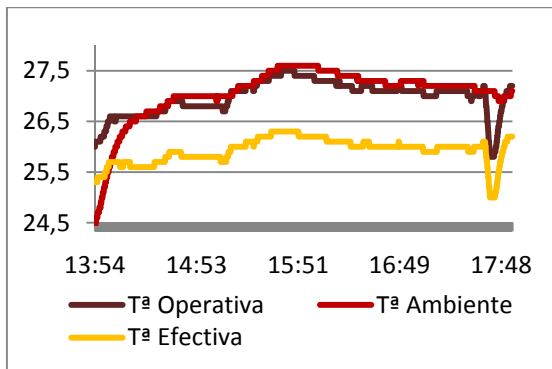


1.2. DESPACHO, DES-A.

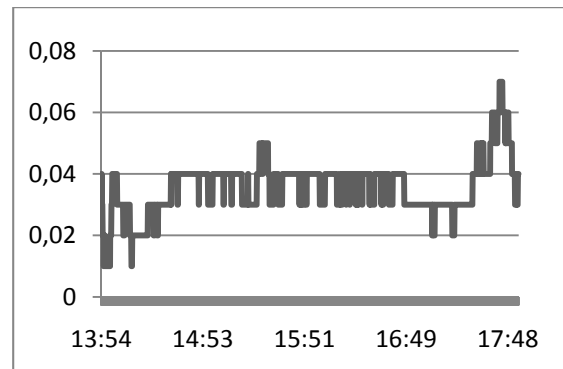
Se observa que la temperatura del aire asciende de 24,5°C a más de 27°C , y la temperatura operativa y efectiva tiene el mismo desarrollo temporal con una diferencia de 1°C, estando la operativa en torno a valores comprendidos de 26,5°C y 27,5°C, y la temperatura efectiva entre 25,5°C a 26,5°C. La velocidad del aire es baja en todo momento encontrándose en 0,04m/s. La humedad relativa desciende progresivamente desde 31% hasta el 27% para comenzar a aumentar hasta llegar al valor inicial; estos valores son bajos. La corriente de aire es prácticamente nula a lo largo del tiempo, lo que concuerda con el hecho de la bajísima velocidad del aire. El Porcentaje de Personas Insatisfechas es muy elevado alcanzando el 25% y el Voto Medio Previsto está en 0,9 siendo un valor muy elevado. Este despacho, en suma, disponía de muy malas condiciones de confort térmico en un ambiente de calor seco.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.186), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.187), humedad relativa en % (GRÁFICA V.188) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.189), así como el PPI en % (GRÁFICA V.190) y VMP (GRÁFICA V.191) del despacho, DES-A.

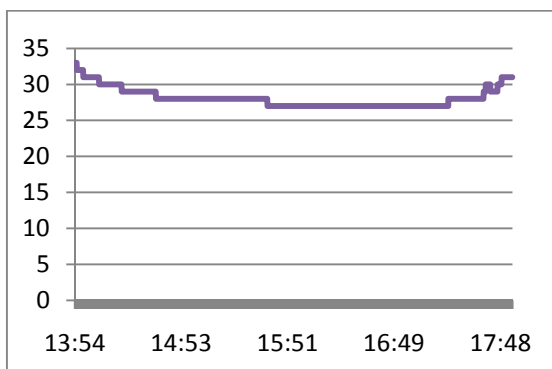
GRÁFICA V.186. Temperatura (°C), DES-A.



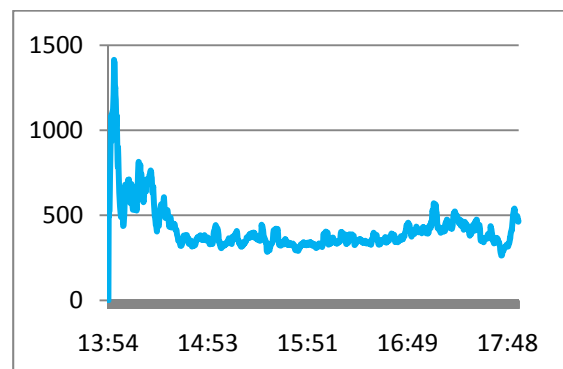
GRÁFICA V.187. Velocidad aire (m/s), DES-A.



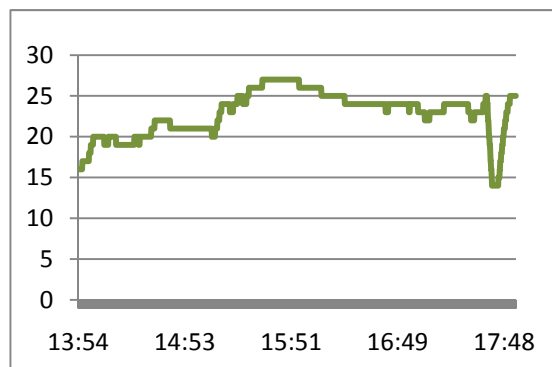
GRÁFICA V.188. Humedad relativa (%), DES-A.



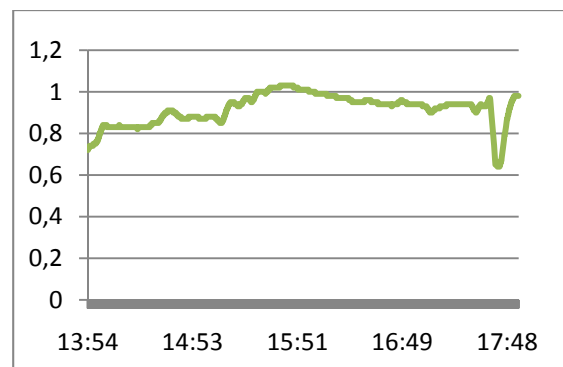
GRÁFICA V.189. Intensidad de turbulencia (%), DES-A.



GRÁFICA V.190. PPI (%), DES-A.



GRÁFICA V.191. VMP, DES-A.



2. NUEVO HOSPITAL.

Consultar planos y fotografías del anexo B.6.

Las zonas incluidas como no críticas son un despacho y urgencias, junto con los controles de enfermería de TOH (APARTADO V.1.C) y de UVI (APARTADO V.1.D) definidos anteriormente, por ser espacios semejantes. En las siguientes tablas se muestra la media y desviación típica de las temperaturas en °C (TABLA V.19) y velocidad del aire en m/s junto con humedad, corrientes de aire e intensidad de turbulencia en % (TABLA V.20) del conjunto de las zonas no críticas de estudio.

TABLA V.19. Datos procesados: temperatura (°C), zonas no críticas del nuevo HURH.

RECINTO	Tª OPERATIVA		Tª EQUIVALENTE	
	MEDIA	DT	MEDIA	DT
URGENCIAS	24,74	0,23	25,75	0,37
DESPACHO	23,74	0,29	24,47	0,35
<i>ENFERMERÍA TOH</i>	23,63	0,13	25,07	0,24
<i>ENFERMERÍA UVI</i>	23,88	0,57	24,76	0,40

TABLA V.20. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e intensidad de turbulencia (%), zonas no críticas del nuevo HURH.

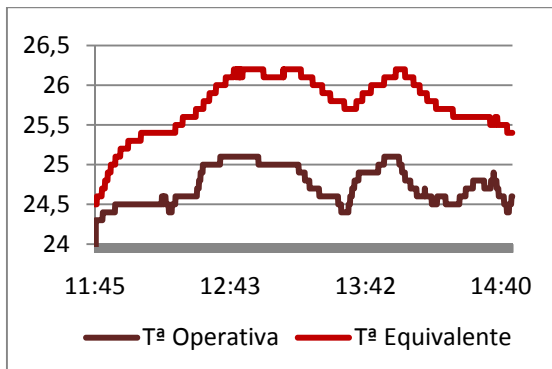
RECINTO	LOW AIR VELOCITY		HUMEDAD RELATIVA		DRAUGHT RATE		ÍNCIDE DE TURBULENCIA
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	
URGENCIAS	0,15	0,03	23,04	0,72	29,84	5,85	6,00
DESPACHO	0,02	0,01	20,37	1,15	0,00	0,00	50,00
<i>ENFERMERÍA TOH</i>	0,06	0,01	23,27	0,50	5,50	3,64	16,67
<i>ENFERMERÍA UVI</i>	0,07	0,02	29,15	0,75	10,06	7,81	28,57

2.1. URGENCIAS, URG-N.

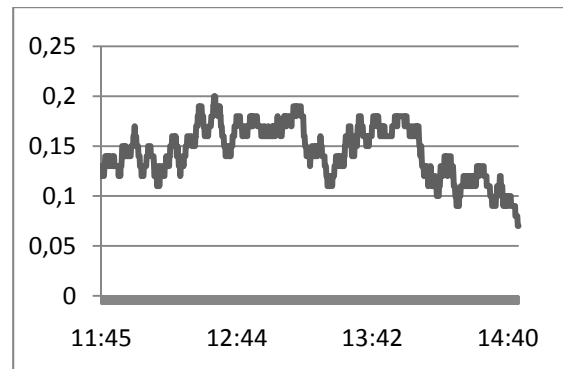
La observación de estos datos desprende que la temperatura operativa aumenta hasta alcanzar los 25°C, y la temperatura equivalente tiene igual tendencia a la operativa pero con más de 1°C de diferencia. La velocidad del aire está en torno a 0,15m/s. La humedad relativa aumenta de 22% a 24%. La corriente de aire se encuentra entre 10% y 40%. Y por último, el Porcentaje de Persona Insatisfechas aumenta progresivamente alcanzando valores de 14%, siendo bastante elevado y el Voto Medio Previsto aumenta progresivamente alcanzando valores de 0,6, siendo elevado.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.192), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.193), humedad relativa en % (GRÁFICA V.194), corrientes de aire en % (GRÁFICA V.195) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.196), así como el PPI en % (GRÁFICA V.197) y VMP (GRÁFICA V.198) de urgencias, URG-N.

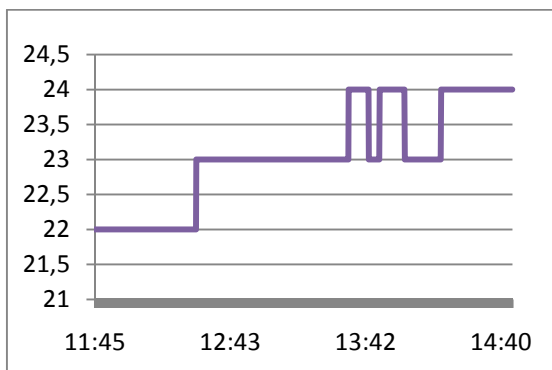
GRÁFICA V.192. Temperatura (°C), URG-N.



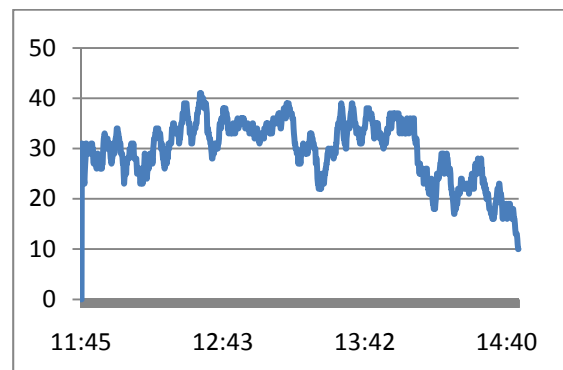
GRÁFICA V.193. Velocidad aire (m/s), URG-N.



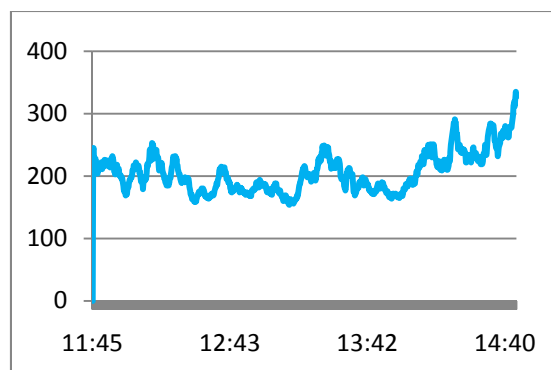
GRÁFICA V.194. Humedad relativa (%), URG-N.



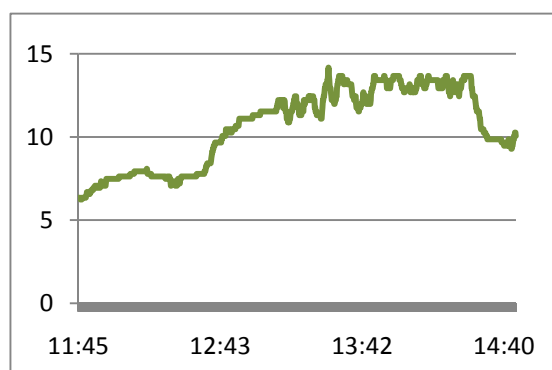
GRÁFICA V.195. Corriente de aire (%), URG-N.



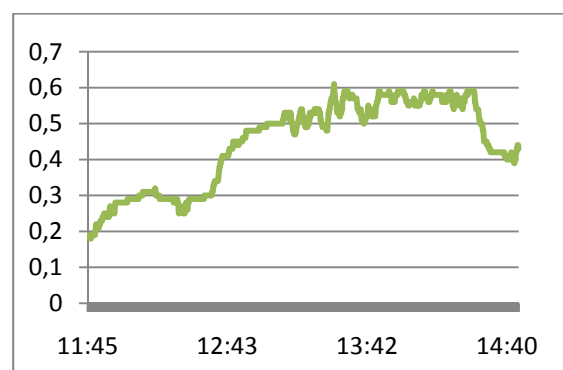
GRÁFICA V.196. Intensidad de turbulencia (%), URG-N.



GRÁFICA V.197. PPI (%), URG-N.



GRÁFICA V.198. VMP, URG-N.

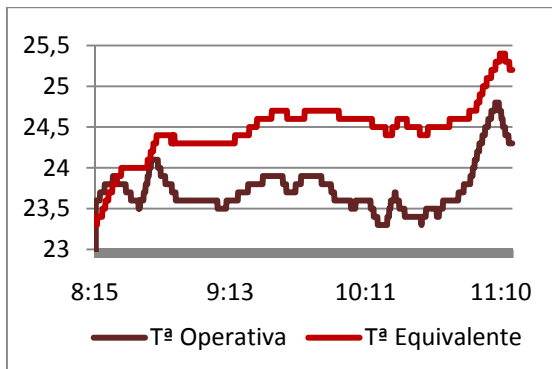


2.2. DESPACHO, DES-N.

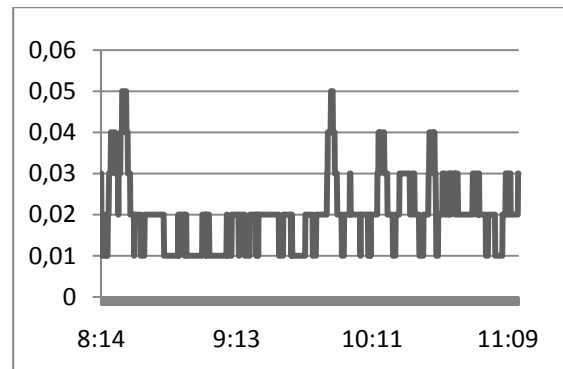
La temperatura operativa asciende de 23,5°C a 25°C y la temperatura equivalente tiene una tendencia parecida a la operativa, pero con temperaturas mayores. La velocidad del aire está por debajo en todo momento a 0,05m/s, y en mucho margen de tiempo comprendido en valores de 0,01 y 0,02 m/s, valores muy bajos. La humedad relativa se observa que se encuentra alrededor de 20% siendo este valor muy bajo. La corriente de aire es nula a lo largo del tiempo, lo que concuerda con el hecho de las bajísimas velocidades del aire. El Porcentaje de Persona Insatisfechas desciende progresivamente alcanzando valor estable de 8% y el Voto Medio Previsto se encuentra entre 0,4 y 0,5.

Las siguientes gráficas nos muestran los datos referentes a las diferentes temperaturas en °C (GRÁFICA V.199), velocidad del aire en m/s (GRÁFICA V.200), humedad relativa en % (GRÁFICA V.201) e intensidad de turbulencia en % (GRÁFICA V.202), así como el PPI en % (GRÁFICA V.203) y VMP (GRÁFICA V.204) del despacho.

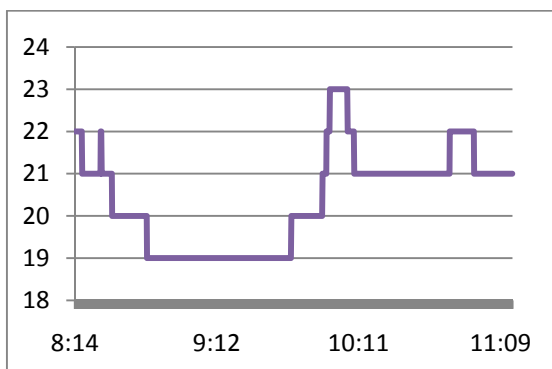
GRÁFICA V.199. Temperatura (°C), DES-N.



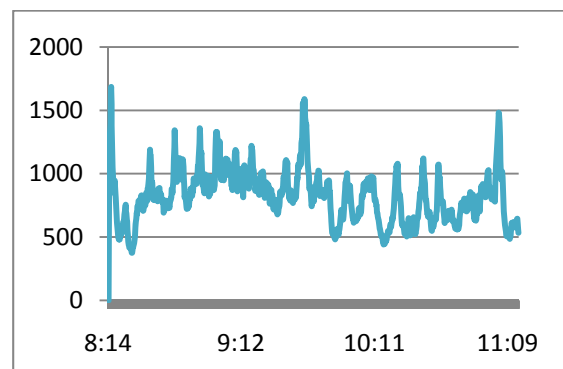
GRÁFICA V.200. Velocidad aire (m/s), DES-N.



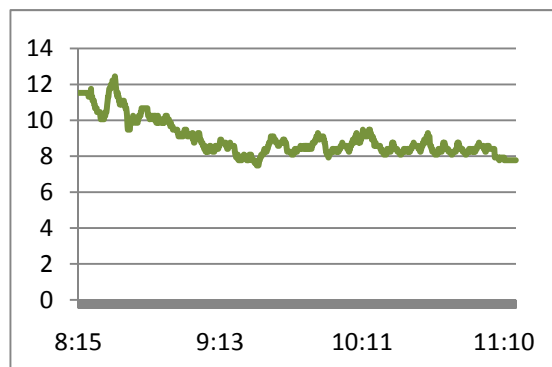
GRÁFICA V.201. Humedad relativa (%), DES-N.



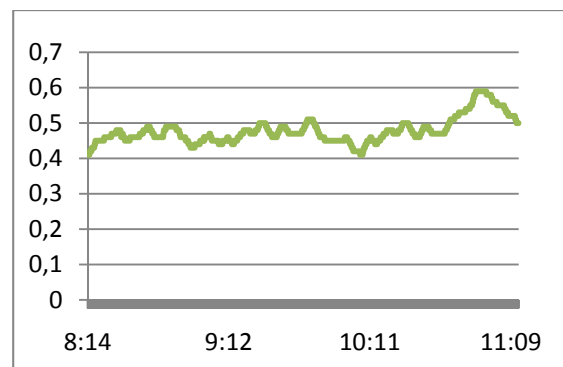
GRÁFICA V.202. Intensidad de turbulencia (%), DES-N.



GRÁFICA V.203. PPI (%), DES-N.



GRÁFICA V.204. VMP, DES-N.



V.1.F. TABLAS COMPARATIVAS DE LOS RECINTOS DEL ANTIGUO Y NUEVO HOSPITAL.

1. TABLAS COMPARATIVAS POR ZONAS O RECINTOS.

A lo largo de las siguientes tablas, se pueden observar los datos de las diferentes zonas de los hospitales, separadas entre sí, pero reunidas entre dichas zonas de ambos hospitales.

Es decir se puede observar como las temperaturas de los quirófanos del antiguo hospital son levemente superiores con respecto a las del nuevo hospital. O como la velocidad del aire, la humedad relativa y las corrientes de aire son mayores en el nuevo con respecto del antiguo; y por tanto, se puede estudiar cada zona por separado, comparándolas y sirviéndonos de apoyo para las conclusiones, al quedar diferenciadas las zonas de quirófanos, TAMO, TOH, UVI y zonas no críticas, agrupadas cada una de ellas en tablas que comprenden el antiguo y nuevo hospital.

1.1. QUIRÓFANOS.

TABLA V.21. Datos procesados: temperatura (°C), quirófanos del antiguo y nuevo HURH.

RECINTO	T ^a DEL AIRE		T ^a OPERATIVA		T ^a EQUIVALENTE		T ^a EFECTIVA	
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT
Q1	22,62	0,04	22,50	0,12	21,33	0,30	22,11	0,11
Q4	*	*	24,57	0,19	24,07	0,24	23,83	0,15
Q10	23,44	0,41	23,32	0,43	22,93	1,12	22,73	0,40
ANTIGUO HURH	23,29	0,49	23,80	0,80	23,30	1,16	23,17	0,69
N4	23,44	0,41	19,71	0,31	20,70	0,33	20,40	0,08
N10	24,48	0,63	20,17	0,27	21,84	0,21	24,14	0,28
N12	21,83	0,21	20,79	0,66	22,14	0,44	22,19	0,04
NUEVO HURH	23,43	1,25	20,15	0,56	21,49	0,35	22,25	0,25

TABLA V.22. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e índice de turbulencia (%), quirófanos del antiguo y nuevo HURH.

RECINTO	LOW AIR VELOCITY		HUMEDAD RELATIVA		DRAUGHT RATE		ÍNCIDE DE TURBULENCIA
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	
Q1	0,16	0,04	27,76	0,43	46,36	14,28	25,00
Q4	0,07	0,02	*	*	8,82	4,13	28,57
Q10	0,06	0,01	24,62	1,91	5,58	5,38	16,67
ANTIGUO HURH	0,07	0,03	25,19	2,12	11,05	13,37	18,65
N4	0,23	0,20	37,68	4,66	50,77	40,65	86,96
N10	0,12	0,02	28,17	1,06	34,89	8,08	16,67
N12	0,13	0,04	21,94	0,83	37,54	16,45	30,77
NUEVO HURH	0,16	0,19	31,18	2,39	41,51	23,79	46,55

(*) No registrado.

1.2. TRASPLANTADOS DE MÉDULA ÓSEA (T.A.M.O.).

TABLA V.23. Datos procesados: temperatura (°C), TAMO del antiguo y nuevo HURH.

RECINTO	T ^a DEL AIRE		T ^a OPERATIVA		T ^a EQUIVALENTE		T ^a EFECTIVA	
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT
H514	20,12	0,38	20,06	0,20	19,62	0,27	19,89	0,22
H516	23,14	0,88	22,64	0,85	22,13	0,83	22,46	0,81
H518	20,28	0,17	20,04	0,23	20,32	0,09	20,14	0,20
H520	25,74	0,26	25,70	0,21	25,52	0,24	24,69	0,16
ANTIGUO HURH	22,50	2,44	22,30	2,47	22,11	2,42	21,95	2,06
H5001	23,79	0,33	22,70	0,18	23,79	0,33	22,82	0,28
H5002	21,25	0,32	20,02	0,22	21,26	0,32	21,08	0,15
H5004	22,83	0,14	22,83	0,14	23,93	0,07	24,84	0,41
H5006	24,00	0,36	22,94	0,18	24,00	0,36	19,62	0,27
NUEVO HURH	22,97	0,29	22,12	0,18	23,25	0,27	20,09	0,28

TABLA V.24. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e índice de turbulencia (%), TAMO del antiguo y nuevo HURH.

RECINTO	LOW AIR VELOCITY		HUMEDAD RELATIVA		DRAUGHT RATE		ÍNCIDE DE TURBULENCIA
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	
H514	0,07	0,01	31,20	1,44	13,49	4,59	14,29
H516	0,08	0,01	41,53	0,69	14,39	5,02	12,50
H518	0,04	0,01	37,53	1,59	0,02	0,49	25,00
H520	0,04	0,01	23,33	0,77	0,06	0,44	25,00
ANTIGUO HURH	0,05	0,02	32,80	7,16	6,99	2,64	19,80
H5001	0,09	0,02	21,95	0,70	16,55	6,05	22,22
H5002	0,08	0,01	28,53	0,78	16,59	3,15	12,50
H5004	0,08	0,01	25,33	0,74	13,05	3,66	12,50
H5006	0,06	0,03	25,81	1,30	6,96	9,36	50,00
NUEVO HURH	0,08	0,02	25,40	2,51	13,29	7,23	24,31

1.3. TRASPLANTADOS HEPÁTICOS (T.O.H.).

TABLA V.25. Datos procesados: temperatura (°C), TOH del antiguo y nuevo HURH.

RECINTO	T ^a DEL AIRE		T ^a OPERATIVA		T ^a EQUIVALENTE		T ^a EFECTIVA	
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT
<i>ENFERMERÍA</i>	25,55	0,16	25,32	0,21	24,57	0,24	24,42	0,18
H229	24,90	0,24	24,57	0,19	24,11	0,24	23,83	0,15
H233	25,57	0,22	26,41	0,30	25,83	1,61	25,32	0,23
HABITACIONES ANTIGUO HURH	25,19	0,41	25,36	0,95	24,85	1,37	24,47	0,76
<i>ENFERMERÍA</i>	25,07	0,24	23,63	0,13	25,07	0,33	26,67	0,46
H2205	23,26	1,10	22,28	1,00	23,26	0,21	19,63	0,27
H2206	20,42	0,16	19,12	0,20	20,42	0,44	21,30	0,29
HABITACIONES NUEVO HURH	21,84	1,13	20,70	1,74	21,84	1,62	20,47	0,28

TABLA V.26. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e índice de turbulencia (%), TOH del antiguo y nuevo HURH.

RECINTO	LOW AIR VELOCITY		HUMEDAD RELATIVA		DRAUGHT RATE		ÍNCIDE DE TURBULENCIA
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	
<i>ENFERMERÍA</i>	0,11	0,01	24,67	0,53	19,69	3,16	9,09
H229	0,07	0,01	26,39	1,11	8,83	4,11	14,29
H233	0,08	0,02	24,58	1,09	9,40	5,48	25,00
HABITACIONES ANTIGUO HURH	0,07	0,02	25,62	1,42	9,07	4,76	18,88
<i>ENFERMERÍA</i>	0,06	0,01	23,27	0,50	5,50	3,64	16,67
H2205	0,09	0,02	26,36	1,48	17,21	7,07	22,22
H2206	0,17	0,02	27,57	1,24	53,64	7,72	11,76
HABITACIONES NUEVO HURH	0,13	0,04	26,96	1,49	35,43	19,66	16,99

1.4. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (U.V.I.).

TABLA V.27. Datos procesados: temperatura (°C), UVI del antiguo y nuevo HURH.

RECINTO	T ^a DEL AIRE		T ^a OPERATIVA		T ^a EQUIVALENTE		T ^a EFECTIVA	
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT
ENFERMERÍA	24,58	0,46	24,15	0,41	23,68	0,40	23,55	0,35
BOX 1	24,86	0,13	24,62	0,10	23,76	0,15	23,94	0,09
BOX 8	25,38	0,17	25,17	0,21	24,43	1,07	24,41	0,18
BOXES ANTIGUO HURH	24,86	0,13	24,85	0,31	24,14	0,27	24,14	0,27
ENFERMERÍA	20,78	0,66	23,88	0,57	24,76	0,40	22,86	0,60
BOX 21	24,07	0,35	24,07	0,35	25,55	0,24	25,36	0,19
BOX 22	24,32	0,16	24,33	0,16	25,74	0,16	22,90	0,33
BOXES NUEVO HURH	24,19	0,26	24,20	0,30	25,64	0,22	24,20	0,26

TABLA V.28. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e índice de turbulencia (%), UVI del antiguo y nuevo HURH.

RECINTO	LOW AIR VELOCITY		HUMEDAD RELATIVA		DRAUGHT RATE		ÍNCIDE DE TURBULENCIA
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	
ENFERMERÍA	0,07	0,02	29,57	1,02	10,08	7,80	28,57
BOX 1	0,13	0,01	28,54	0,56	23,35	2,71	7,69
BOX 8	0,10	0,03	28,48	1,31	20,15	7,37	30,00
BOXES ANTIGUO HURH	0,12	0,02	28,52	0,96	22,00	5,44	17,25
ENFERMERÍA	0,07	0,02	29,15	0,75	10,06	7,81	28,57
BOX 21	0,06	0,01	17,08	1,50	4,20	4,47	16,67
BOX 22	0,07	0,02	21,27	0,68	9,18	6,22	28,57
BOXES NUEVO HURH	0,06	0,02	19,16	2,40	6,67	5,95	22,58

1.5. ZONAS NO CRÍTICAS.

TABLA V.29. Datos procesados: temperatura (°C), zonas no críticas del antiguo y nuevo HURH.

RECINTO	T ^a DEL AIRE		T ^a OPERATIVA		T ^a EQUIVALENTE		T ^a EFECTIVA	
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT
URGENCIAS	24,91	0,45	24,77	0,36	24,59	0,31	24,14	0,28
DESPACHO	27,06	0,52	26,98	0,33	26,78	0,33	25,93	0,25
ENFERMERÍA TOH	25,55	0,16	25,32	0,21	24,57	0,24	24,42	0,18
ENFERMERÍA UVI	24,58	0,46	24,15	0,41	23,68	0,40	23,55	0,35
ANTIGUO HURH	25,53	1,04	25,30	1,11	24,91	1,19	24,51	0,92
URGENCIAS	*	*	24,74	0,23	25,75	0,37	*	*
DESPACHO	*	*	23,74	0,29	24,47	0,35	*	*
ENFERMERÍA TOH	25,07	0,24	23,63	0,13	25,07	0,24	26,67	0,46
ENFERMERÍA UVI	20,78	0,66	23,88	0,57	24,76	0,40	22,86	0,60
NUEVO HURH	22,93	0,45	24,00	0,56	25,00	0,59	13,64	0,53

(*)No registrado.

TABLA V.30. Datos procesados: velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e índice de turbulencia (%), zonas no críticas del antiguo y nuevo HURH.

RECINTO	LOW AIR VELOCITY		HUMEDAD RELATIVA		DRAUGHT RATE		ÍNCIDE DE TURBULENCIA
	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	
URGENCIAS	0,04	0,01	31,27	1,54	0,50	0,99	25,00
DESPACHO	0,04	0,01	28,09	1,30	0,19	1,49	25,00
ENFERMERÍA TOH	0,11	0,01	24,67	0,53	19,69	3,16	9,10
ENFERMERÍA UVI	0,07	0,02	29,57	1,02	10,08	7,80	28,57
ANTIGUO HURH	0,06	0,03	28,40	2,69	7,62	9,11	21,92
URGENCIAS	0,15	0,03	23,04	0,72	29,84	5,85	6,00
DESPACHO	0,02	0,01	20,37	1,15	0,00	0,00	50,00
ENFERMERÍA TOH	0,06	0,01	23,27	0,50	5,50	3,64	16,67
ENFERMERÍA UVI	0,07	0,02	29,15	0,75	10,06	7,81	28,57
NUEVO HURH	0,07	0,05	23,96	3,3	11,35	4,33	25,56

2. TABLAS COMPARATIVAS POR HOSPITALES.

Todos los valores T (*T de Student*) tienen una significación estadística a nivel de $p=0$, salvo quirófanos/TOH en low air velocity ($p=0,103$) y TOH/no críticos para temperatura operativa ($p=0,037$), temperatura equivalente ($p=0,043$) y temperatura efectiva ($p=0,056$) en el antiguo hospital y quirófanos (10 y 12)/TOH en low air velocity ($p=0,131$), DR ($p=0,328$) e índice de turbulencia ($p=0,792$) en el nuevo hospital. La gran cantidad de datos registrados para cada parámetro hace que el efecto estadístico sea muy próximo al de comparar dos cifras absolutas, o sea una evidente diferencia. El signo positivo o negativo no indica un valor más o menos acomodado a norma, sino matemáticamente superior o inferior.

2.1. ANTIGUO HOSPITAL

TABLA V.31. Comparación de temperatura (°C) entre tipos de recintos, antiguo HURH.

RECINTOS	T ^a DEL AIRE	T ^a OPERATIVA	T ^a EQUIVALENTE	T ^a EFECTIVA
QUIRÓFANOS TAMO	13,51	33,28	25,93	32,22
QUIRÓFANOS TOH	-137,37	-67,40	-46,17	-67,72
QUIRÓFANOS UVI	-148,50	-62,52	-31,70	-66,81
QUIRÓFANOS NO CRÍTICOS	-87,19	-67,59	-61,79	-72,28
TAMO TOH	-54,78	-59,91	-52,50	-59,33
TAMO UVI	-52,96	-51,72	-40,24	-53,14
TAMO NO CRÍTICOS	-85,39	-82,99	-77,26	-84,85
TOH UVI	10,00	25,35	27,52	20,45
TOH NO CRÍTICOS	-15,94	2,08	-2,03	-1,91
UVI NO CRÍTICOS	-20,97	-20,06	-34,71	-19,81

TABLA V.32. Comparación de velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e índice de turbulencia (%) entre tipos de recintos, antiguo HURH.

RECINTOS	LOW AIR VELOCITY	HUMEDAD RELATIVA	DRAUGHT RATE
QUIRÓFANOS TAMO	33,90	-43,28	-9,63
QUIRÓFANOS TOH	1,63	-7,89	7,07
QUIRÓFANOS UVI	-54,28	-69,25	-38,64
QUIRÓFANOS NO CRÍTICOS	-12,08	-45,85	14,37
TAMO TOH	-41,62	49,81	34,63
TAMO UVI	-120,78	29,88	-53,15
TAMO NO CRÍTICOS	-21,97	43,10	30,68
TOH UVI	-81,42	-84,87	-89,71
TOH NO CRÍTICOS	11,15	-49,01	7,59
UVI NO CRÍTICOS	70,29	2,05	73,69

2.2. NUEVO HOSPITAL

TABLA V.33. Datos procesados de temperatura (°C) entre tipos de recintos, nuevo HURH.

RECINTOS	Tª OPERATIVA	Tª EQUIVALENTE
QUIRÓFANOS TAMO	-56,36	-45,15
QUIRÓFANOS TOH	-6,64	3,05
QUIRÓFANOS UVI	-268,63	-397,81
QUIRÓFANOS NO CRÍTICOS	-228,72	-206,16
TAMO TOH	37,99	39,52
TAMO UVI	-76,68	-92,56
TAMO NO CRÍTICOS	-91,13	-87,78
TOH UVI	-91,77	-107,33
TOH NO CRÍTICOS	-113,65	-114,37
UVI NO CRÍTICOS	15,25	47,74

TABLA V.34. Datos procesados de velocidad del aire (m/s), humedad (%), corrientes de aire (%) e índice de turbulencia (%) entre tipos de recintos, nuevo HURH.

RECINTOS	LOW AIR VELOCITY	HUMEDAD RELATIVA	DRAUGHT RATE
QUIRÓFANOS TAMO	79,43	3,60	89,82
QUIRÓFANOS TOH	-1,51	-16,58	098
QUIRÓFANOS UVI	80,91	72,94	97,92
QUIRÓFANOS NO CRÍTICOS	43,47	18,70	45,00
TAMO TOH	-66,72	-26,59	-65,58
TAMO UVI	25,15	95,50	36,63
TAMO NO CRÍTICOS	4,47	22,86	-17,34
TOH UVI	62,83	127,99	64,74
TOH NO CRÍTICOS	44,85	40,12	34,85
UVI no críticos	-8,27	-59,72	35,38

APARTADO 2. CONTAMINANTES QUÍMICOS.

Dentro de gran variedad de contaminantes químicos que pueden afectar el aire interior de los edificios se han elegido tres indicativos de condiciones diferentes: el monóxido de carbono, producido principalmente por combustiones incompletas, el dióxido de carbono, generado por combustión y, sobre todo, por la emisión humana sin debida ventilación, y compuestos orgánicos volátiles, producido por variados elementos interiores, constructivos o de mobiliario y otros equipos.

V.2.A. MONÓXIDO DE CARBONO.

En las sucesivas tablas se muestran las concentraciones promedio de monóxido de carbono, enppm (partes por millón), según tipos de recintos en uno y otro hospital. Los promedios de los mismos tipos de recintos tienen por objeto poder efectuar comparaciones de conjunto en ambos hospitales. Son ponderados en relación al tiempo de exposición, no exactamente igual en todas las salas, aún siendo éstas del mismo tipo de unidad asistencial. Asimismo se muestran las gráficas con la variación de la concentración en cada una de las habitaciones en el tiempo muestreado.

Las concentraciones de CO encontradas se exponen en las tablas y las variaciones temporales en las gráficas correspondientes y mostradas a continuación.

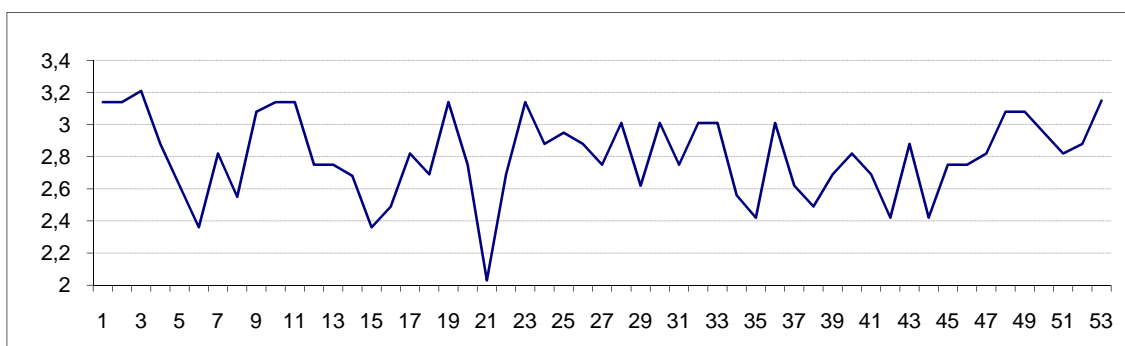
1. QUIRÓFANOS.

1.1. ANTIGUO HOSPITAL.

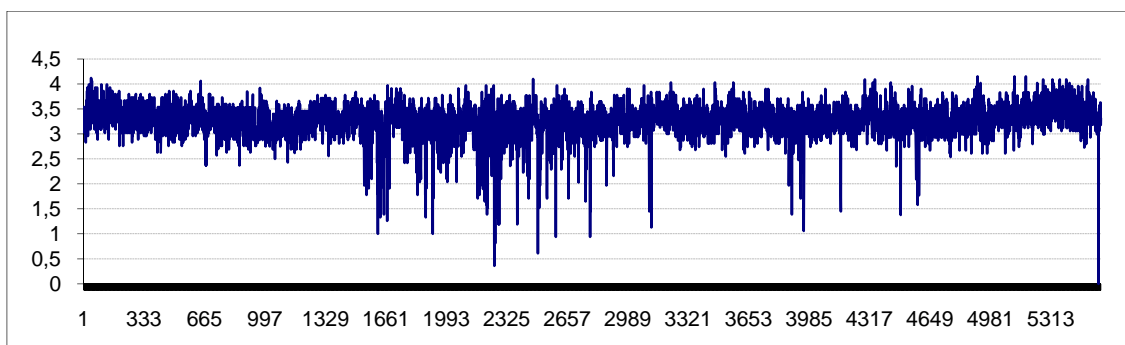
TABLA V.35. Concentración de CO (ppm), quirófanos del antiguo HURH.

SALA	MEDIA	DT
QUIRÓFANO 1	2,80	0,26
QUIRÓFANO 4	3,26	0,35
QUIRÓFANO 10	3,06	0,29

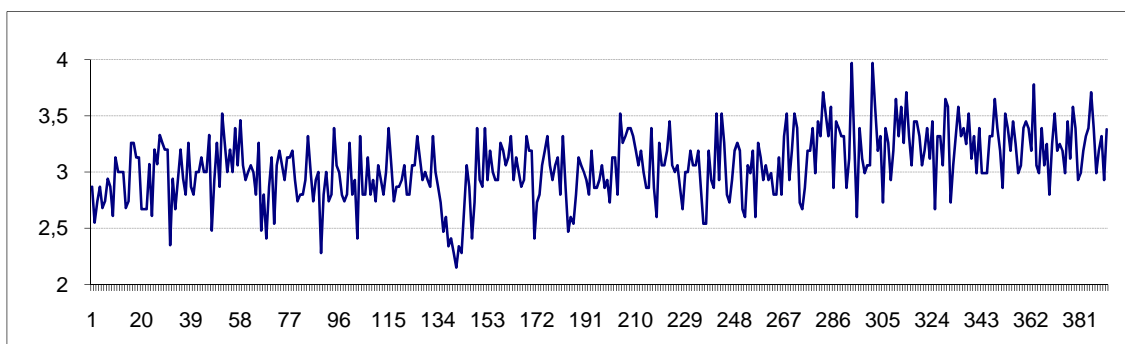
GRÁFICA V.205. Concentración de CO (ppm) en quirófano Q1 del antiguo HURH.



GRÁFICA V.206. Concentración de CO (ppm) en quirófano Q4 del antiguo HURH.



GRÁFICA V.207. Concentración de CO (ppm) en quirófano Q10 del antiguo HURH.

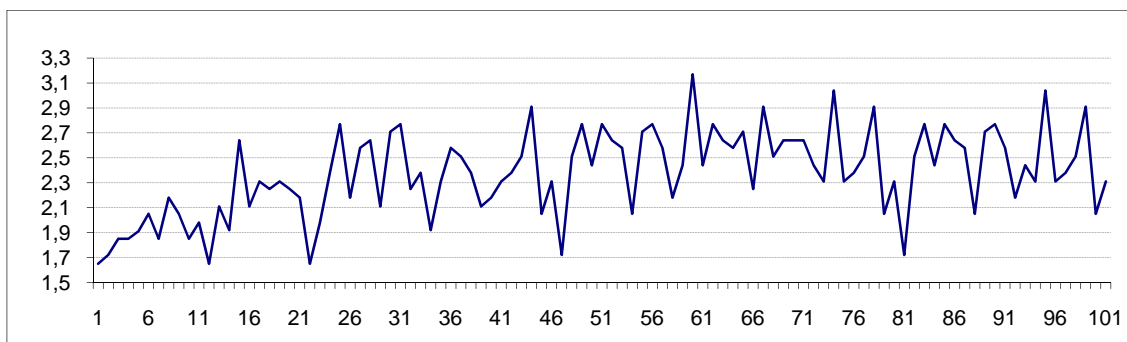


1.1. NUEVO HOSPITAL.

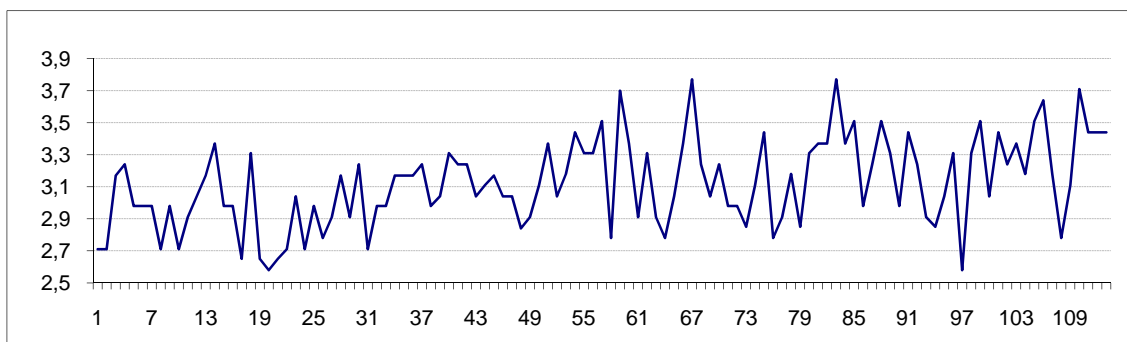
TABLA V.36. Concentración de CO (ppm), quirófanos del nuevo HURH.

SALA	MEDIA	DT
QUIRÓFANO 4	2,37	0,34
QUIRÓFANO 10	3,12	0,27
QUIRÓFANO 12	2,96	0,27

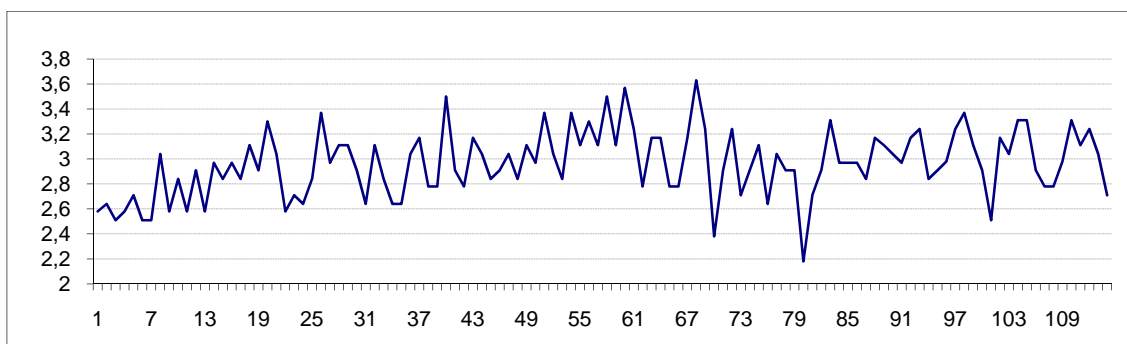
GRÁFICA V.208. Concentración de CO (ppm) en quirófano N4 del nuevo HURH.



GRÁFICA V.209. Concentración de CO (ppm) en quirófano N10 del nuevo HURH.



GRÁFICA V.210. Concentración de CO (ppm) en quirófano N12 del nuevo HURH.



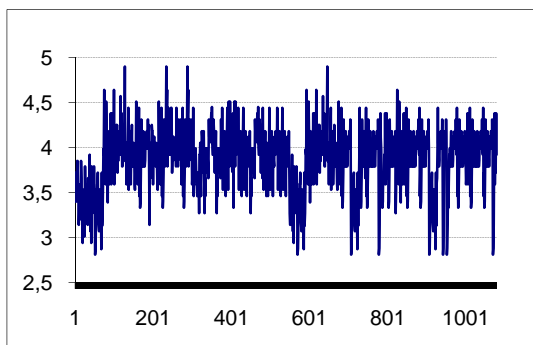
2. TRASPLANTADOS DE MÉDULA ÓSEA (T.A.M.O.).

2.1. ANTIGUO HOSPITAL.

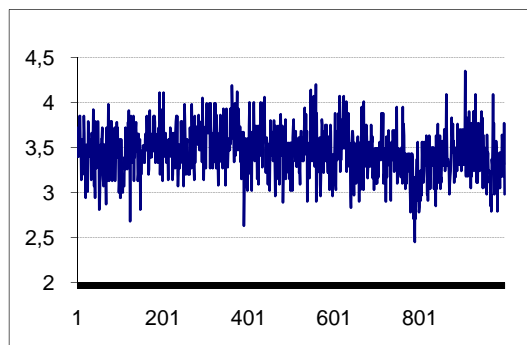
TABLA V.37. Concentración de CO (ppm), TAMO del antiguo HURH.

SALA	MEDIA	DT
HABITACIÓN 514	3,86	0,35
HABITACIÓN 516	3,45	0,27
HABITACIÓN 518	4,01	0,27
HABITACIÓN 520	4,01	0,27

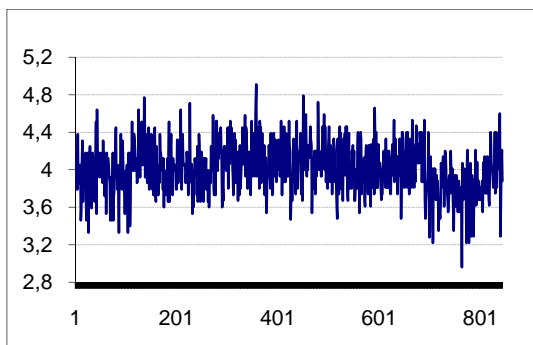
GRÁFICA V.211. Concentración de CO (ppm) en H514 del antiguo HURH.



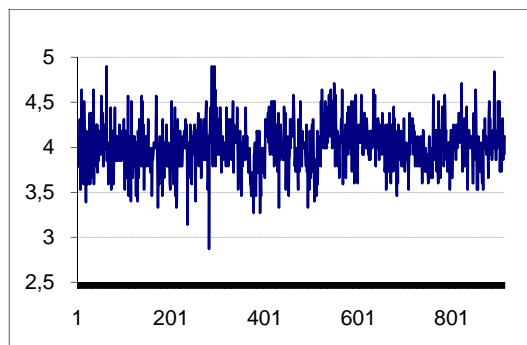
GRÁFICA V.212. Concentración de CO (ppm) en H516 del antiguo HURH.



GRÁFICA V.213. Concentración de CO (ppm) en H518 del antiguo HURH.



GRÁFICA V.214. Concentración de CO (ppm) en H520 del antiguo HURH.

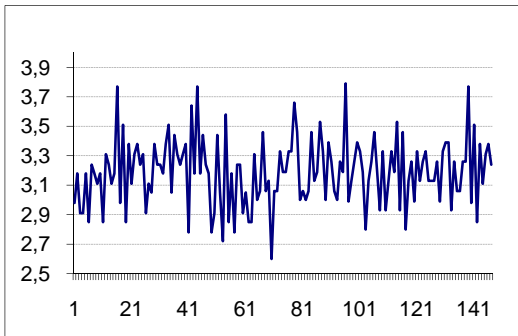


2.1. NUEVO HOSPITAL.

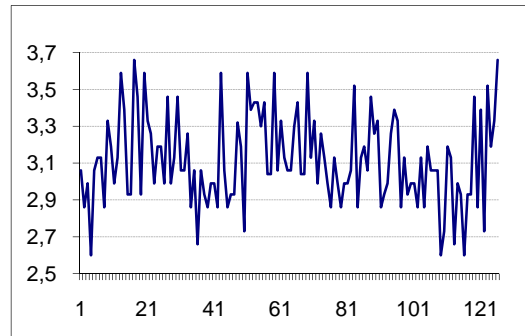
TABLA V.38. Concentración de CO (ppm), TAMO del nuevo HURH.

SALA	MEDIA	DT
HABITACIÓN 5001	3,19	0,23
HABITACIÓN 5002	3,12	0,24
HABITACIÓN 5004	3,13	0,21
HABITACIÓN 5006	2,96	0,24

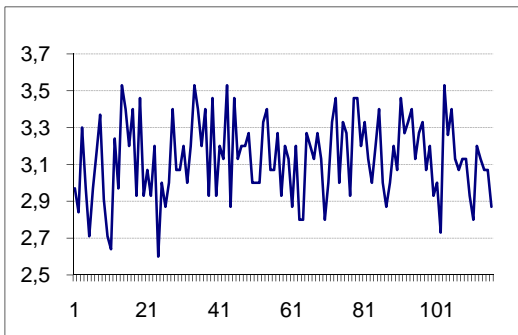
GRÁFICA V.215. Concentración de CO (ppm) en H5001 del nuevo HURH.



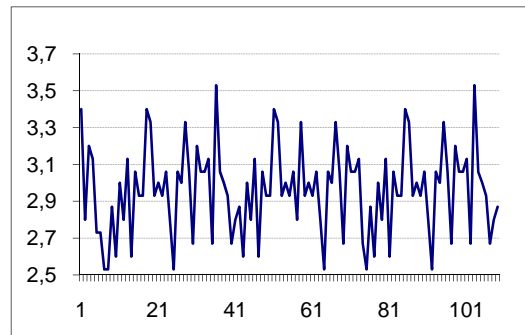
GRÁFICA V.216. Concentración de CO (ppm) en H5002 del nuevo HURH.



GRÁFICA V.217. Concentración de CO (ppm) en H5004 del nuevo HURH.



GRÁFICA V.218. Concentración de CO (ppm) en H5006 del nuevo HURH.



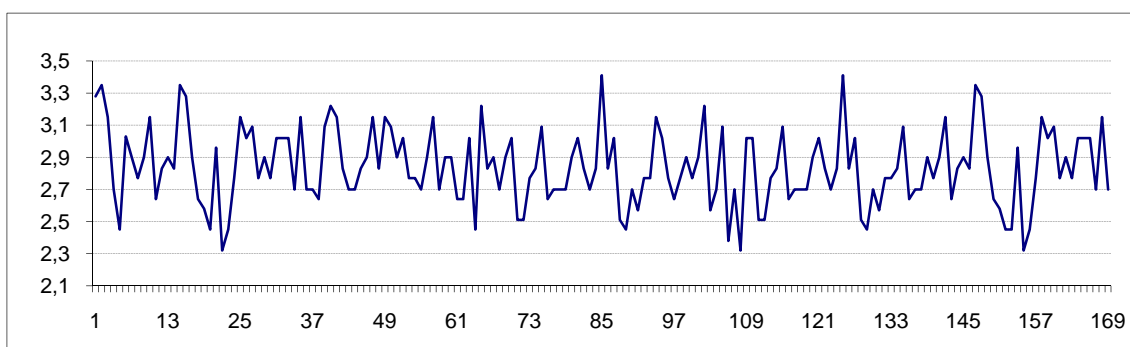
3. TRASPLANTADOS HEPÁTICOS (T.O.H.).

3.1. ANTIGUO HOSPITAL.

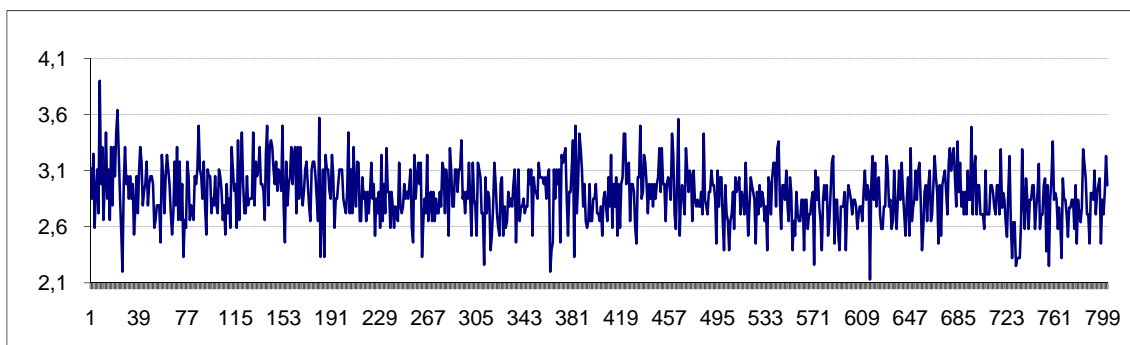
TABLA V.39. Concentración de CO (ppm), TOH del antiguo HURH.

SALA	MEDIA	DT
ENFERMERÍA	2,84	0,23
HABITACIÓN 229	2,89	0,25
HABITACIÓN 233	2,95	0,25

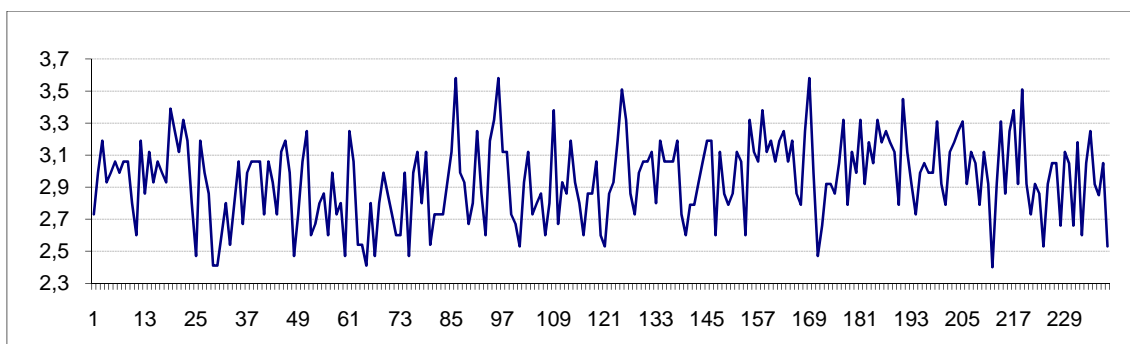
GRÁFICA V.219. Concentración de CO (ppm) en control de enfermería TOH del antiguo HURH.



GRÁFICA V.220. Concentración de CO (ppm) en H229 del antiguo HURH.



GRÁFICA V.221. Concentración de CO (ppm) en H233 del antiguo HURH.

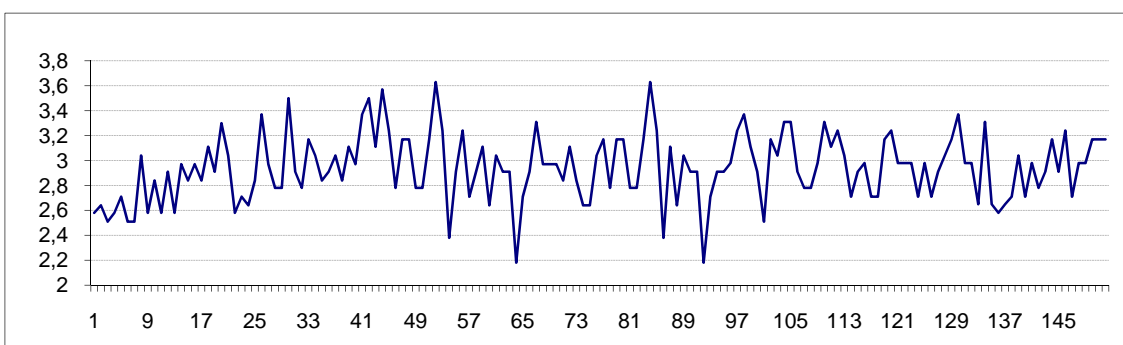


3.2. NUEVO HOSPITAL.

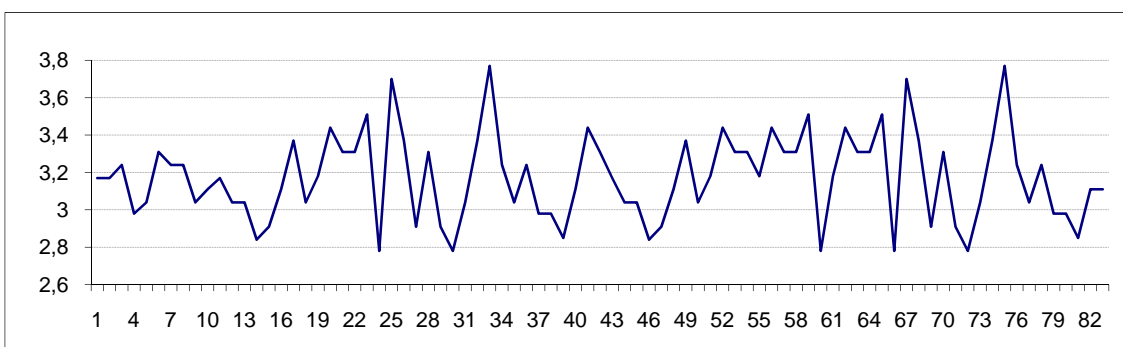
TABLA V.40. Concentración de CO (ppm), TOH del nuevo HURH.

SALA	MEDIA	DT
ENFERMERÍA	2,94	0,27
HABITACIÓN 2205	3,17	0,23
HABITACIÓN 2206	3,15	0,25

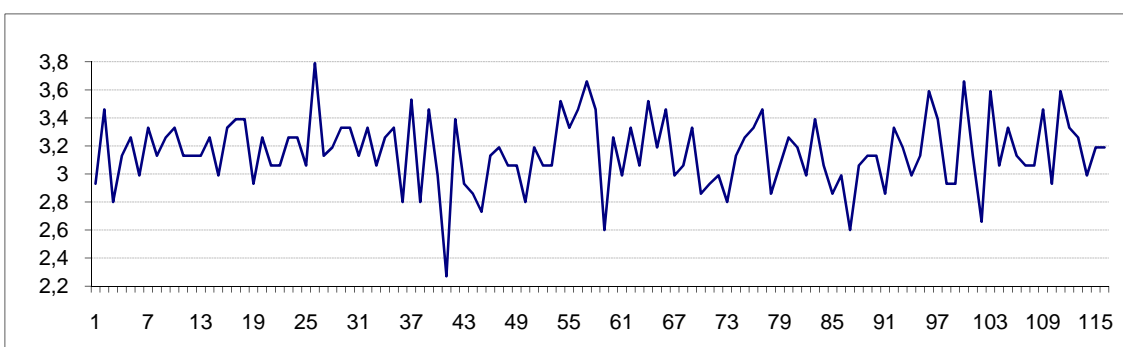
GRÁFICA V.222. Concentración de CO (ppm) en control de enfermería TOH del nuevo HURH.



GRÁFICA V.223. Concentración de CO (ppm) en H2205 del nuevo HURH.



GRÁFICA V.224. Concentración de CO (ppm) en H2206 del nuevo HURH.



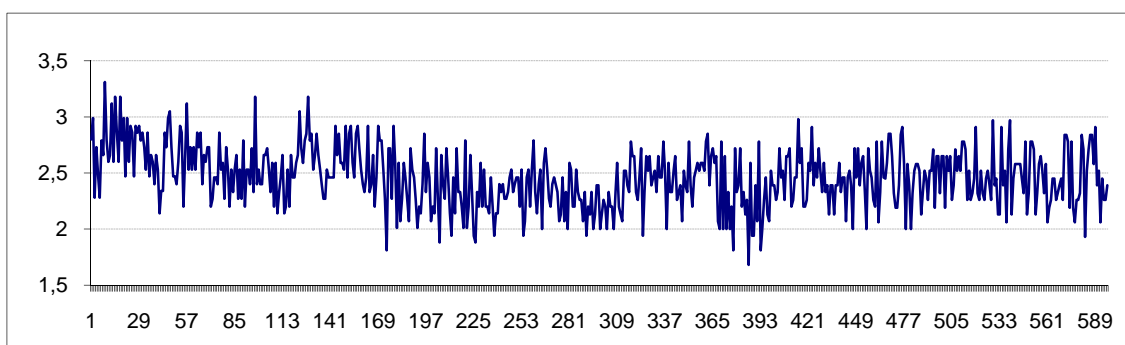
4. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (U.V.I.).

4.1. ANTIGUO HOSPITAL.

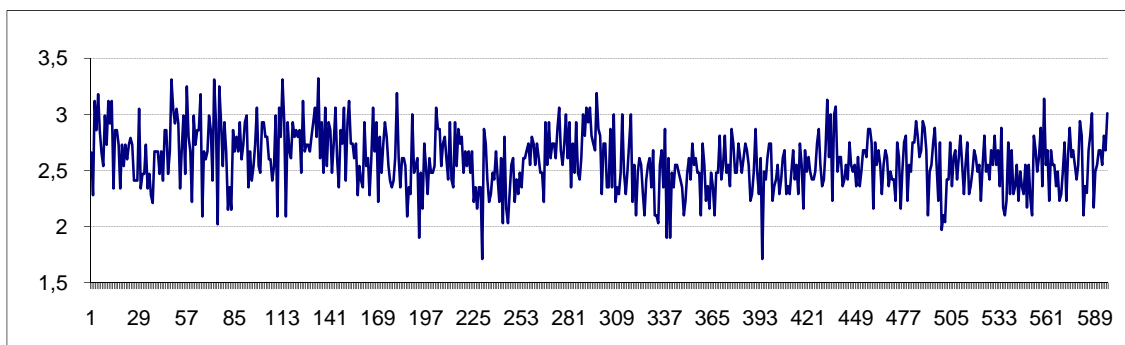
TABLA V.41. Concentración de CO (ppm), UVI del antiguo HURH.

SALA	MEDIA	DT
ENFERMERÍA	2,46	0,27
BOX 1	2,59	0,27
BOX 8	2,64	0,25

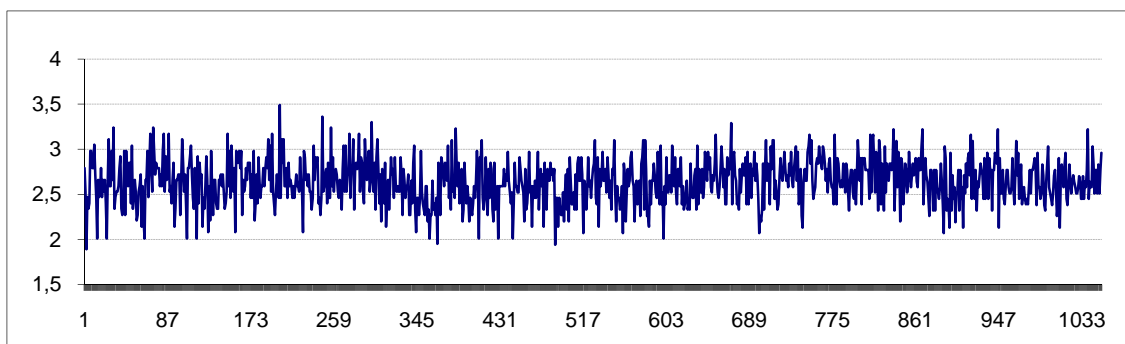
GRÁFICA V.225. Concentración de CO (ppm) en control de enfermería UVI del antiguo HURH.



GRÁFICA V.226. Concentración de CO (ppm) en BOX1 del antiguo HURH.



GRÁFICA V.227. Concentración de CO (ppm) en BOX8 del antiguo HURH.

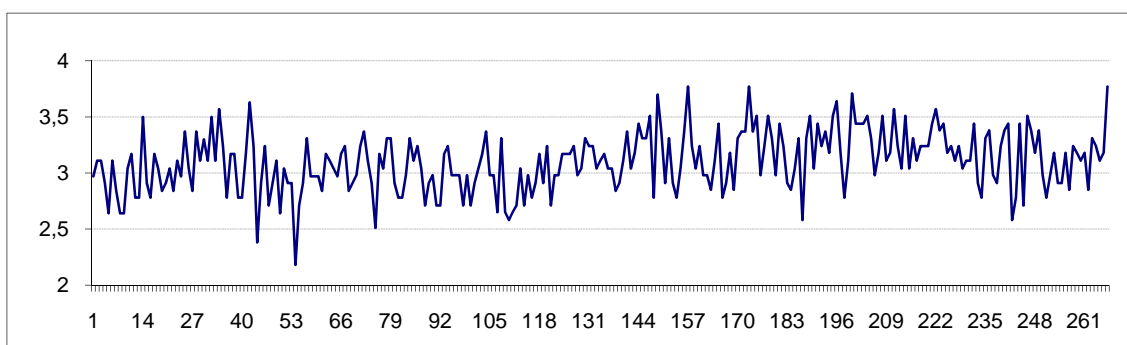


4.2. NUEVO HOSPITAL.

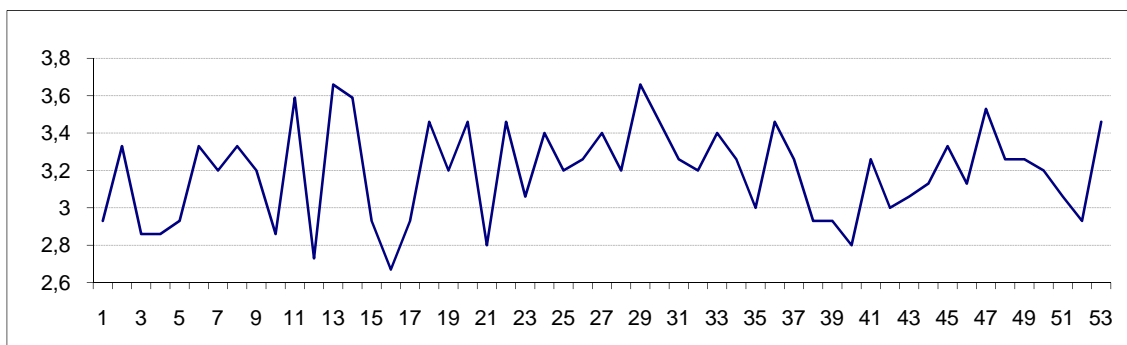
TABLA V.42. Concentración de CO (ppm), UVI del nuevo HURH.

SALA	MEDIA	DT
ENFERMERÍA	3,10	0,26
BOX 21	3,19	0,25
BOX 22	3,16	0,19

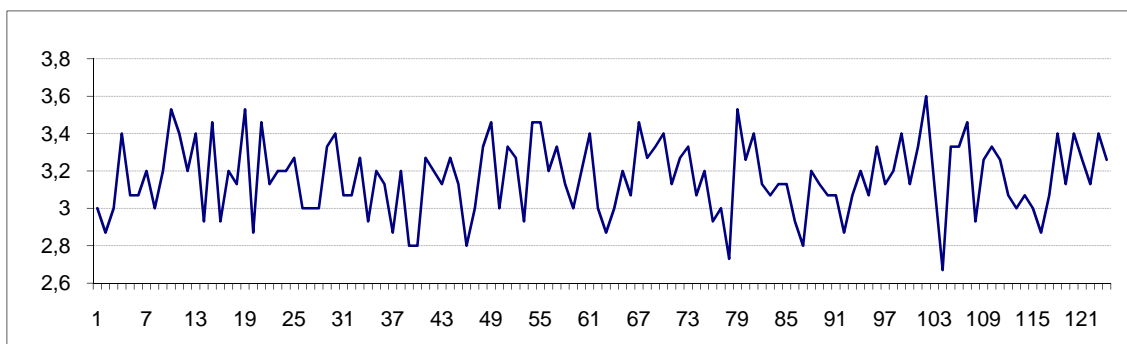
GRÁFICA V.228. Concentración de CO (ppm) en control de enfermería UVI del nuevo HURH.



GRÁFICA V.229. Concentración de CO (ppm) en BOX21 del nuevo HURH.



GRÁFICA V.230. Concentración de CO (ppm) en BOX22 del nuevo HURH.



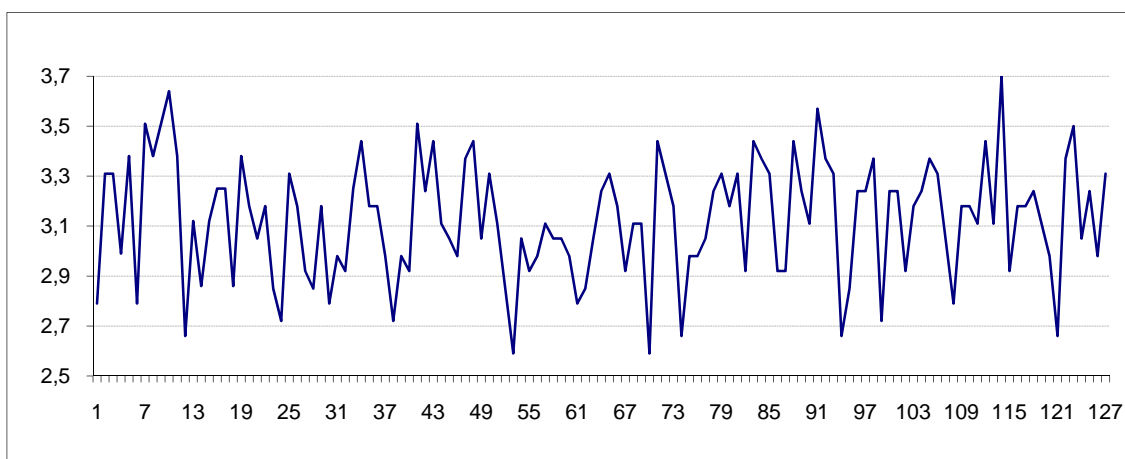
5. ZONAS NO CRÍTICAS.

5.1. ANTIGUO HOSPITAL.

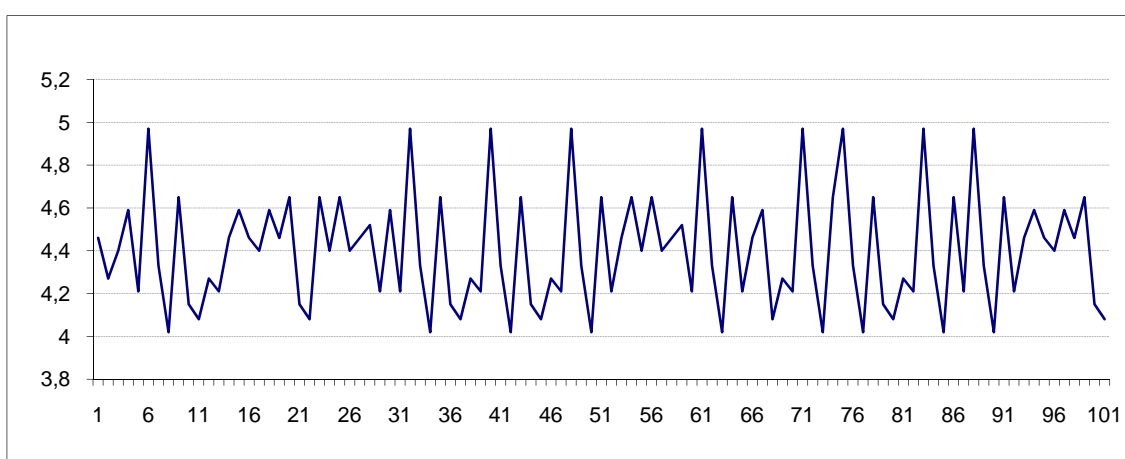
TABLA V.43. Concentración de CO (ppm), zonas no críticas del antiguo HURH.

SALA	MEDIA	DT
URGENCIAS	3,13	0,24
DESPACHO	4,40	0,27
ENFERMERIA TOH	2,84	0,23
ENFERMERIA UVI	2,46	0,27

GRÁFICA V.231. Concentración de CO (ppm) en urgencias del antiguo HURH.



GRÁFICA V.232. Concentración de CO (ppm) en despacho del antiguo HURH.

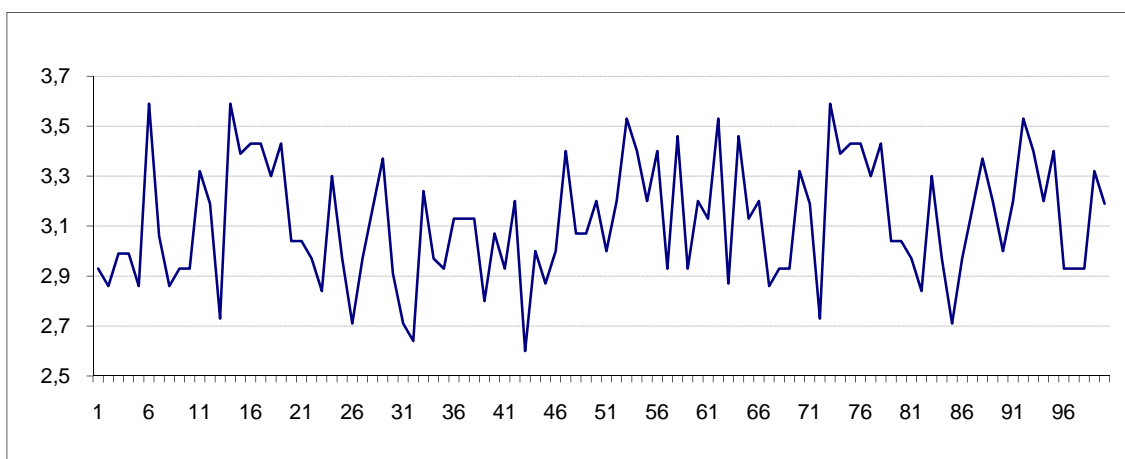


5.2. NUEVO HOSPITAL.

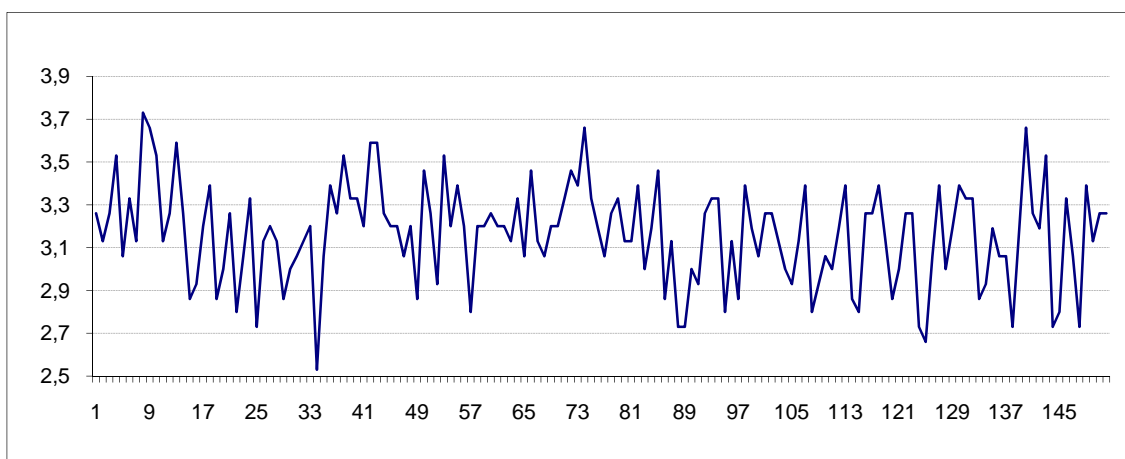
TABLA V.44. Concentración de CO (ppm), zonas no críticas del nuevo HURH.

SALA	MEDIA	DT
URGENCIAS	3,12	0,24
DESPACHO	3,16	0,23
ENFERMERIA TOH	2,94	0,27
ENFERMERIA UVI	3,10	0,26

GRÁFICA V.233. Concentración de CO (ppm) en urgencias del nuevo HURH.



GRÁFICA V.234. Concentración de CO (ppm) en despacho del nuevo HURH.



6. TABLAS COMPARATIVAS POR ZONAS O RECINTOS.

6.1. QUIRÓFANOS.

En las tablas siguientes se comparan las medias ponderadas, y su desviación típica, de la concentración de CO en diferentes zonas y recintos del antiguo y del nuevo hospital. Donde la media sea menor, se podrá afirmar que la situación es mejor.

TABLA V.45. Concentración media y DT de CO (ppm), quirófanos del antiguo y nuevo HURH.

ANTIGUO HURH			NUEVO HURH		
RECINTO	MEDIA	DT	RECINTO	MEDIA	DT
QUIRÓFANOS	3,24	0,35	QUIRÓFANOS	2,84	0,43

6.2. TRASPLANTADOS DE MÉDULA ÓSEA (T.A.M.O.).

En la tabla siguiente se presentan los resultados de la media ponderada y desviación típica de la concentración de CO en las habitaciones de TAMO del antiguo y del nuevo hospital. Como la media es inferior en el nuevo, se puede afirmar que la situación es mejor en éste.

TABLA V.46. Concentración media y DT de CO (ppm), TAMO del antiguo y nuevo HURH.

ANTIGUO HURH			NUEVO HURH		
RECINTO	MEDIA	DT	RECINTO	MEDIA	DT
HABITACIONES TAMO	3,82	0,37	HABITACIONES TAMO	3,11	0,24

6.3. TRASPLANTADOS HEPÁTICOS (T.O.H.).

En la tabla siguiente se presentan los resultados de la media ponderada y de la desviación típica de la concentración de CO en las habitaciones de enfermos de la Unidad de TOH, sin incluir la Unidad de Enfermería, en el antiguo y nuevo hospital, encontrándose concentraciones más altas en el nuevo hospital. Dada la multiplicidad de registros hubo significación estadística ($p=0$), al aplicar la prueba t, que alcanza un valor -13,54.

TABLA V.47. Concentración media y DT de CO (ppm), TOH del antiguo y nuevo HURH.

ANTIGUO HURH			NUEVO HURH		
RECINTO	MEDIA	DT	RECINTO	MEDIA	DT
HABITACIONES TOH	2,90	0,25	HABITACIONES TOH	3,16	0,24

6.4. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (U.V.I.).

En la tabla siguiente se presentan los resultados de la media ponderada y desviación típica de la concentración de CO en los boxes del antiguo y nuevo hospital, encontrándose valores más elevados en el nuevo, con una alta significación estadística de $t = -27,39$ y $p = 0,00$.

TABLA V.48. Concentración media y DT de CO (ppm), UVI del antiguo y nuevo HURH.

ANTIGUO HURH			NUEVO HURH		
RECINTO	MEDIA	DT	RECINTO	MEDIA	DT
BOXES UVI	2,62	0,26	BOXES UVI	3,17	0,21

6.5. ZONAS NO CRÍTICAS.

En la tabla siguiente se presentan los resultados de la media y desviación típica de la concentración de CO en todas las zonas no críticas, incluidas zonas de enfermería, del antiguo y nuevo hospital. Se encuentra una mejor situación en el antiguo hospital, con $t = -10,45$, y significación estadística de $p = 0,00$.

TABLA V.49. Concentración media y DT de CO (ppm), zonas no críticas del antiguo y nuevo HURH.

ANTIGUO HURH			NUEVO HURH		
RECINTO	MEDIA	DT	RECINTO	MEDIA	DT
ZONAS NO CRÍTICAS	2,81	0,64	ZONAS NO CRÍTICAS	3,08	0,27

7. COMPARACIÓN POR HOSPITALES.

La comparación de medias con la prueba t de Student ofrece un valor 20,37, con un nivel de significación de $p=0,00$, debido a la multiplicidad de registros.

La Norma ASHRAE 62-1989R ya recomendaba no superar el valor 3ppm de monóxido de carbono. Este valor se encuentra superado de forma diferente en unos y otros recintos.

Tomando esta referencia, en el antiguo hospital, los quirófanos 4 y 10 la rebasan levemente, aunque en algunos tiempos disminuye, pero para volver a elevarse tales valores. En el quirófano 1 la concentración no supera las 3ppm. En el nuevo hospital los quirófanos 4 y 12 están en valores inferiores a 3ppm y el 10 en algo más de 3ppm. O sea, las condiciones son parecidas, algo mejores en el nuevo hospital. En la Unidad TAMO del viejo hospital tres habitaciones se encuentran en un valor de alrededor de 4ppm y una (la H 516) se mantiene en más de 3ppm. En la TAMO del nuevo hospital las cuatro habitaciones están en un valor cercano a 3ppm. En la Unidad TOH del viejo hospital se roza el valor de 3ppm, con oscilaciones. En la del nuevo ocurre parecido, con unos valores algo peores. La UVI del viejo hospital está en todas sus salas entre 2 y 3ppm, y en el nuevo se supera algo el límite de 3ppm. En áreas no críticas del hospital antiguo la concentración supera las 3ppm, en particular en el despacho, por encima de 4ppm. En las del nuevo la concentración de CO está algo por encima de 3ppm. Con estas apreciaciones se concluye con que las diferencias son escasas en ambos hospitales, siendo algo mejores las concentraciones en la mayoría de los recintos del nuevo hospital. De las diferencias estadísticamente significativas no se puede deducir una gran diferencia efectiva, por ser, como se ha mencionado efecto de la multiplicidad de registros comparados.

A continuación se muestra una tabla en que se compara, dentro de cada hospital, la mejor o peor situación de un tipo de áreas con respecto a otras. La cifra positiva supone una más elevada concentración en el primero de los

ámbitos comparados (línea superior de la casilla) y la negativa en el segundo, con la fuerza de asociación correspondiente a la magnitud de la cifra. En todos los casos el resultado de la comparación de medias era estadísticamente significativa ($p=0$), efecto de la multiplicidad de registros comparados. Una visión general del cuadro nos desvela una mayor diferencia entre distintas áreas del viejo hospital, con las peores condiciones en TAMO.

TABLA V.50. Comparación de concentraciones de CO (ppm) entre locales del antiguo y nuevo HURH.

RECINTOS	ANTIGUO HURH (valores t)	NUEVO HURH (valores t)
QUIRÓFANOS TAMO	-77,79	-11,69
QUIRÓFANOS TOH	30,38	-9,84
QUIRÓFANOS UVI	67,53	-9,76
QUIRÓFANOS NO CRÍTICOS	31,58	-11,08
TAMO TOH	74,96	-2,69
TAMO UVI	118,76	-3,05
TAMO NO CRÍTICOS	64,41	1,80
TOH UVI	27,62	-0,34
TOH NO CRÍTICOS	4,35	3,90
UVI NO CRÍTICOS	-10,50	4,17

V.2.B. DIÓXIDO DE CARBONO.

En las sucesivas tablas se muestran las concentraciones promedio de dióxido de carbono del retorno, de la impulsión y del ambiente, en ppm (partes por millón), según tipos de recintos en uno y otro hospital. Los promedios de los mismos tipos de recintos tienen por objeto poder efectuar comparaciones de conjunto en ambos hospitales.

Los recintos o zonas, se encuentran ilustrados con planos y fotografías en los Anexos, el anexo A para el antiguo hospital y el anexo B para el nuevo. Se relacionan de modo correlativo, así pues, los quirófanos son los subapartados 1, 2 y 3 (A.1, A.2 y A.3 para el antiguo hospital y B.1, B.2 y B.3 para el nuevo hospital), y así sucesivamente.

1. QUIRÓFANOS.

1.1. ANTIGUO HOSPITAL.

TABLA V.51. Concentración de CO₂ (ppm), quirófanos del antiguo HURH.

RECINTO	CO ₂ RETORNO	CO ₂ IMPULSIÓN	CO ₂ AMBIENTE
QUIRÓFANO 1	567,5	547,7	573,0
QUIRÓFANO 4	439,9	422,3	457,2
QUIRÓFANO 10	456,1	428,6	471,7

1.2. NUEVO HOSPITAL.

TABLA V.52. Concentración de CO₂ (ppm), quirófanos del nuevo HURH.

RECINTO	CO ₂ RETORNO	CO ₂ IMPULSIÓN	CO ₂ AMBIENTE
QUIRÓFANO 4	417,4	409,0	417,9
QUIRÓFANO 10	427,0	419,0	427,9
QUIRÓFANO 12	419,0	409,0	419,9

2. TRASPLANTADOS DE MÉDULA ÓSEA (T.A.M.O.).

2.1. ANTIGUO HOSPITAL.

TABLA V.53. Concentración de CO₂ (ppm), TAMO del antiguo HURH.

RECINTO	CO ₂ RETORNO	CO ₂ IMPULSIÓN	CO ₂ AMBIENTE
HABITACIÓN 514	451,7	419,9	457,7
HABITACIÓN 516	552,4	458,4	590,9
HABITACIÓN 518	450,3	429,8	459,2
HABITACIÓN 520	457,9	421,7	459,5

2.1. NUEVO HOSPITAL.

TABLA V.54. Concentración de CO₂ (ppm), TAMO del nuevo HURH.

RECINTO	CO ₂ RETORNO	CO ₂ IMPULSIÓN	CO ₂ AMBIENTE
HABITACIÓN 5001	459,1	447,0	459,7
HABITACIÓN 5002	447,0	441,0	447,6
HABITACIÓN 5004	457,7	449,0	457,9
HABITACIÓN 5006	427,0	417,0	427,9

3. TRASPLANTADOS HEPÁTICOS (T.O.H.).

1.1. ANTIGUO HOSPITAL.

TABLA V.55. Concentración de CO₂ (ppm), TOH del antiguo HURH.

RECINTO	CO ₂ RETORNO	CO ₂ IMPULSIÓN	CO ₂ AMBIENTE
<i>ENFERMERÍA</i>	408,1	387,5	410,7
HABITACIÓN 229	394,3	384,4	401,9
HABITACIÓN 233	410,0	388,0	415,2

3.2. NUEVO HOSPITAL.

TABLA V.56. Concentración de CO₂ (ppm), TOH del nuevo HURH.

RECINTO	CO ₂ RETORNO	CO ₂ IMPULSIÓN	CO ₂ AMBIENTE
<i>ENFERMERÍA</i>	407,1	401,0	407,9
HABITACIÓN 2205	447,0	441,0	447,9
HABITACIÓN 2206	457,0	441,0	457,9

4. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (U.V.I.).**4.1. ANTIGUO HOSPITAL.**TABLA V.57. Concentración de CO₂ (ppm), UVI del antiguo HURH.

RECINTO	CO ₂ RETORNO	CO ₂ IMPULSIÓN	CO ₂ AMBIENTE
<i>ENFERMERÍA</i>	497,7	491,9	501,7
BOX 1	427,9	419,2	429,5
BOX 8	421,7	417,1	427,1

4.2. NUEVO HOSPITAL.TABLA V.58. Concentración de CO₂ (ppm), UVI del nuevo HURH.

RECINTO	CO ₂ RETORNO	CO ₂ IMPULSIÓN	CO ₂ AMBIENTE
<i>ENFERMERÍA</i>	427,0	417,0	429,0
BOX 21	417,0	407,0	417,9
BOX 22	417,0	407,0	417,9

5. ZONAS NO CRÍTICAS.

5.1. ANTIGUO HOSPITAL.

TABLA V.59. Concentración de CO₂ (ppm), zonas no críticas del antiguo HURH.

RECINTO	CO ₂ RETORNO	CO ₂ IMPULSIÓN	CO ₂ AMBIENTE
URGENCIAS	442,8	421,8	447,7
DESPACHO	456,1	428,8	471,1
<i>ENFERMERÍA TOH</i>	408,1	387,5	410,7
<i>ENFERMERÍA UVI</i>	497,7	491,9	501,7

5.2. NUEVO HOSPITAL.

TABLA V.60. Concentración de CO₂ (ppm), zonas no críticas del nuevo HURH.

RECINTO	CO ₂ RETORNO	CO ₂ IMPULSIÓN	CO ₂ AMBIENTE
URGENCIAS	409,0	407,0	409,1
DESPACHO	421,0	417,0	421,4
<i>ENFERMERÍA TOH</i>	407,1	401,0	407,9
<i>ENFERMERÍA UVI</i>	427,0	417,0	429,0

6. COMPARACIÓN DE RESULTADOS.

TABLA V.61. Comparación de promedios de concentraciones CO₂ entre zonas del antiguo y nuevo hospital.

RECINTO		CO ₂ RETORNO	CO ₂ IMPULSIÓN	CO ₂ AMBIENTE
QUIRÓFANOS	H. ANTIGUO	487,8	466,2	500,1
	H. NUEVO	421,1	412,3	421,9
TAMO	H. ANTIGUO	478,1	432,5	491,8
	H. NUEVO	447,7	438,5	455,8
HABITACIONES TOH	H. ANTIGUO	402,1	386,2	408,6
	H. NUEVO	452,0	441,0	452,9
BOXES UVI	H. ANTIGUO	424,8	418,2	428,3
	H. NUEVO	417,0	407,0	417,9
ZONAS NO CRÍTICAS	H. ANTIGUO	451,2	432,5	457,8
	H. NUEVO	416,0	410,5	416,9

Los promedios de CO₂ ambiental de todas las zonas equivalentes superan las 400ppm, en ambos hospitales. La Norma UNE EN ISO 7730 marca como valor 350ppm para una categoría de IDA 1, lo que indica lo difícil que es atenerse a las recomendaciones establecidas. Todos los tipos de áreas del antiguo hospital superan las concentraciones del nuevo hospital, excepto en la Unidad de TOH, en el aire del ambiente y en el de extracción. En el hospital antiguo el área más contaminada es la de quirófanos y la menos contaminada la Unidad de TOH. En el nuevo las zonas más contaminadas son las habitaciones y las que menos los quirófanos y UVI. Sorprende el alto grado de contaminación del aire de impulsión, que es dependiente del aire exterior a los recintos y, a su vez, posiblemente dependiente de la concentración del gas en el aire exterior al hospital, lo que explica la dificultad de mantener los recintos conforme a la Norma citada cuando están ubicados en zonas urbanas. La concentración de CO₂ detectada en el aire exterior era de 452,93ppm en el ámbito del antiguo hospital y de 401ppm en el del nuevo, diferencia que luego no se refleja en el CO₂ de impulsión en cada edificio.

V.2.C. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES.

1. ANTIGUO HOSPITAL.

En ninguna de las localizaciones del antiguo hospital se detectaron compuestos orgánicos volátiles.

2. NUEVO HOSPITAL.

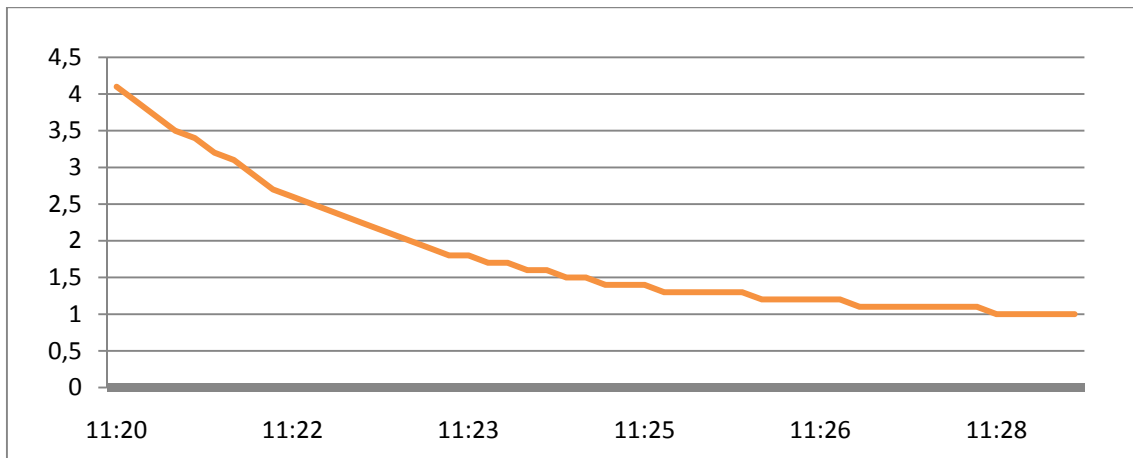
En todos los recintos se encuentra una pequeña concentración de COVs, que oscilan como promedio entre 0,3 y 3ppm, con una característica curva de aparición, en el que van disminuyendo a partir de un nivel inicial. Al tratarse de una construcción de nueva factura y amueblamiento no es sorprendente este fenómeno, que, como se puede apreciar es de aparición generalizada. El promedio y la desviación típica de estas concentraciones, en ppm, se muestra en la tabla siguiente:

TABLA V.62. Concentración de COVs (ppm) en recintos del nuevo HURH.

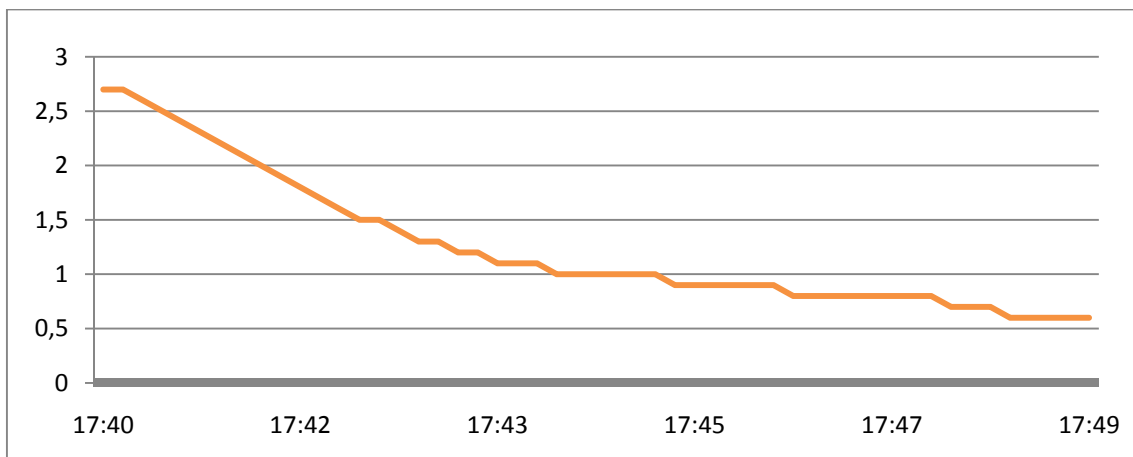
RECINTO	MEDIA	DT
QUIRÓFANO 4	1,882	0,84
QUIRÓFANO 10	1,257	0,23
QUIRÓFANO 12	0,325	0,21
TAMO H5001	1,674	0,37
TAMO H5002	2,018	0,20
TAMO H5004	2,394	0,25
TAMO H5006	2,996	0,73
TOH ENFERMERÍA	1,272	0,63
TOH H2205	0,320	0,28
TOH H2206	0,354	0,05
UVI ENFERMERÍA	1,100	0,41
UVI H21	0,498	0,20
UVI H22	1,875	1,22
URGENCIAS	0,868	0,33
DESPACHO	1,025	0,20

2.1. QUIRÓFANOS.

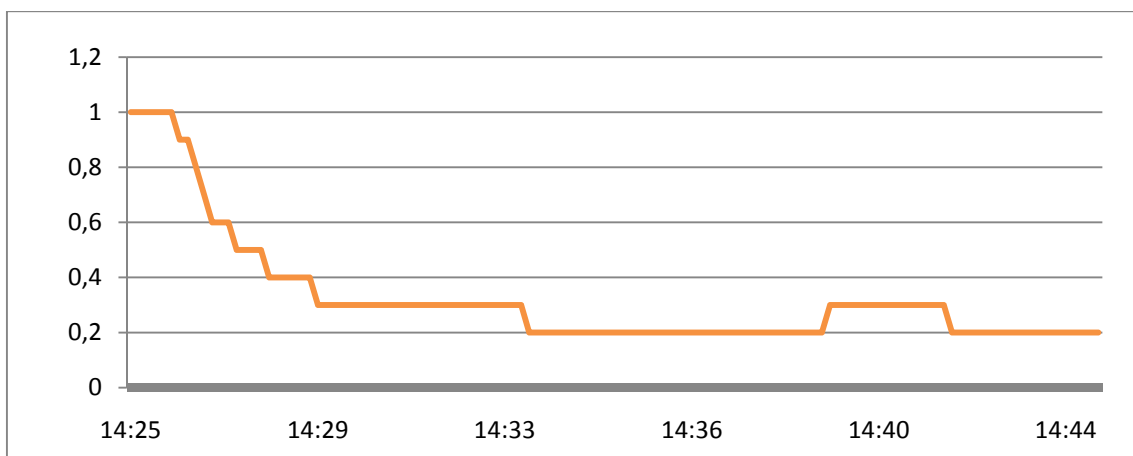
GRÁFICA V.235. Concentración de COVs (ppm) en quirófano N4 del nuevo HURH.



GRÁFICA V.236. Concentración de COVs (ppm) en quirófano N10 del nuevo HURH.

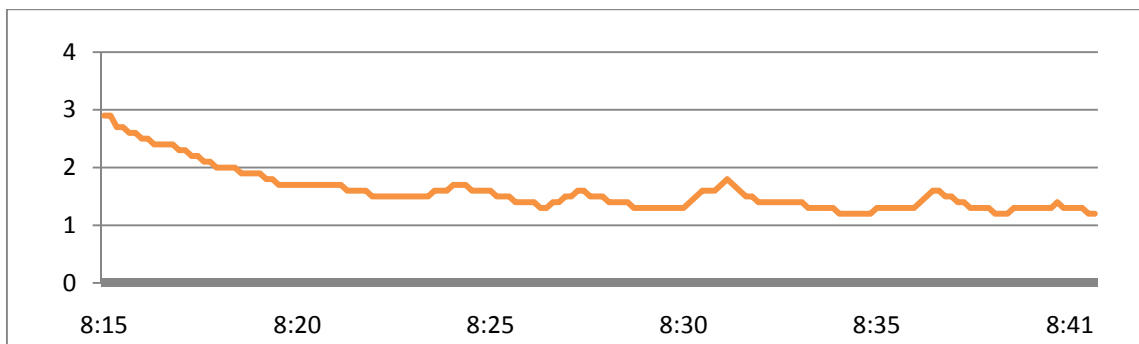


GRÁFICA V.237. Concentración de COVs (ppm) en quirófano N12 del antiguo HURH.

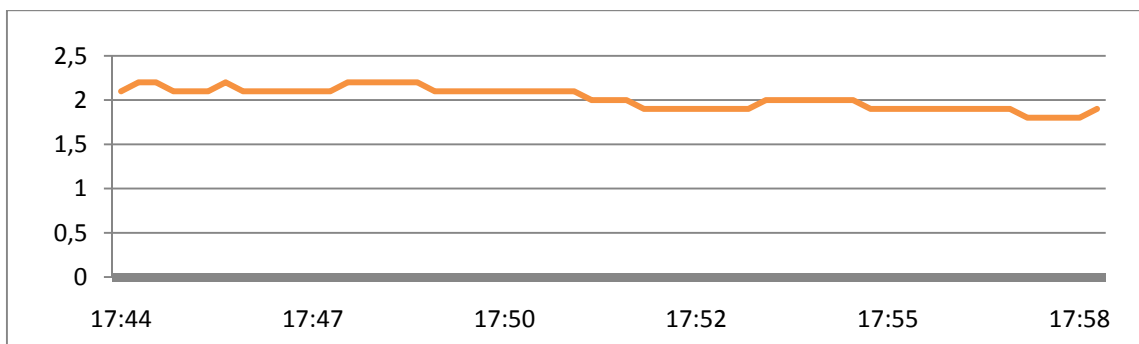


2.2. TRASPLANTADOS DE MÉDULA ÓSEA (T.A.M.O.).

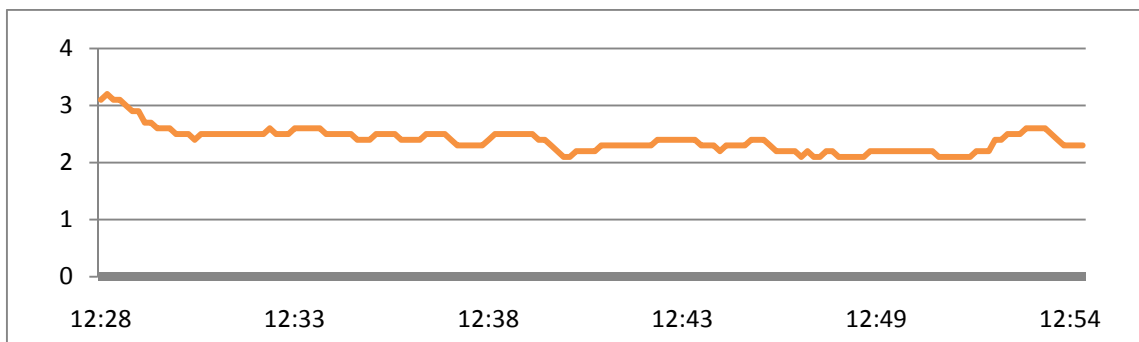
GRÁFICA V.238. Concentración de COVs (ppm) en H5001 del nuevo HURH.



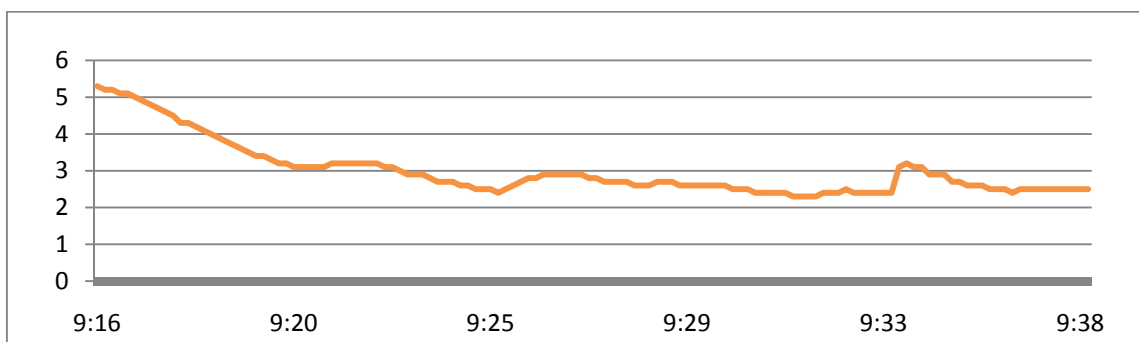
GRÁFICA V.239. Concentración de COVs (ppm) en H5002 del nuevo HURH.



GRÁFICA V.240. Concentración de COVs (ppm) en H5004 del nuevo HURH.

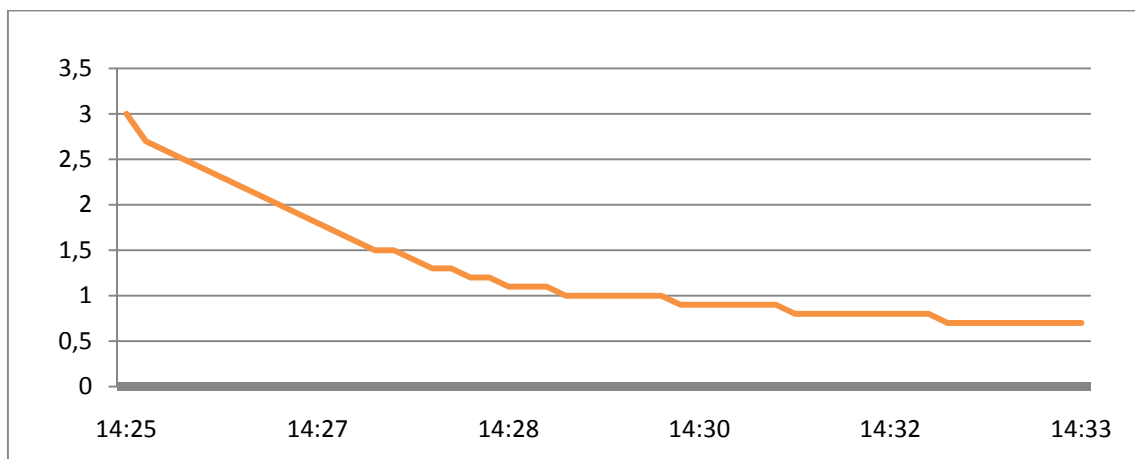


GRÁFICA V.241. Concentración de COVs (ppm) en H5006 del nuevo HURH.

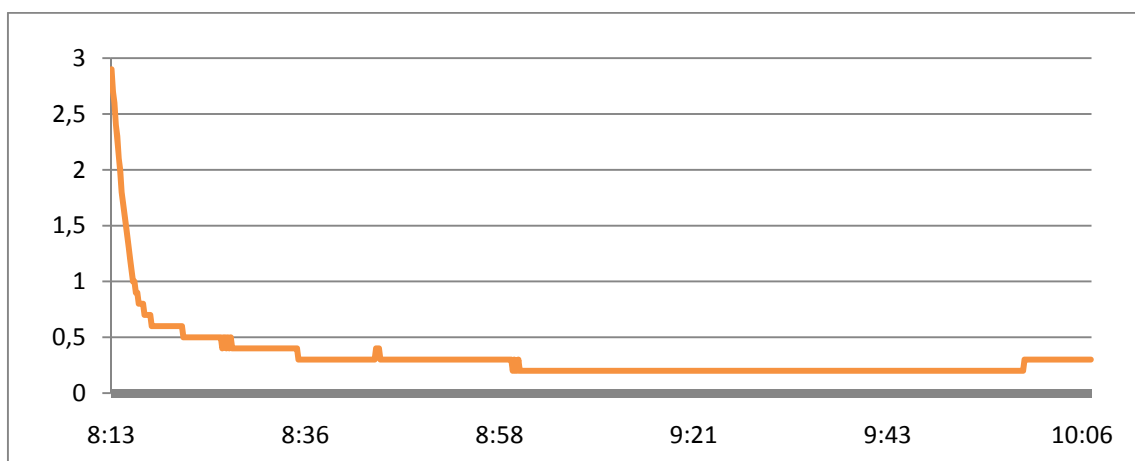


2.3. TRASPLANTADOS HEPÁTICOS (T.O.H.).

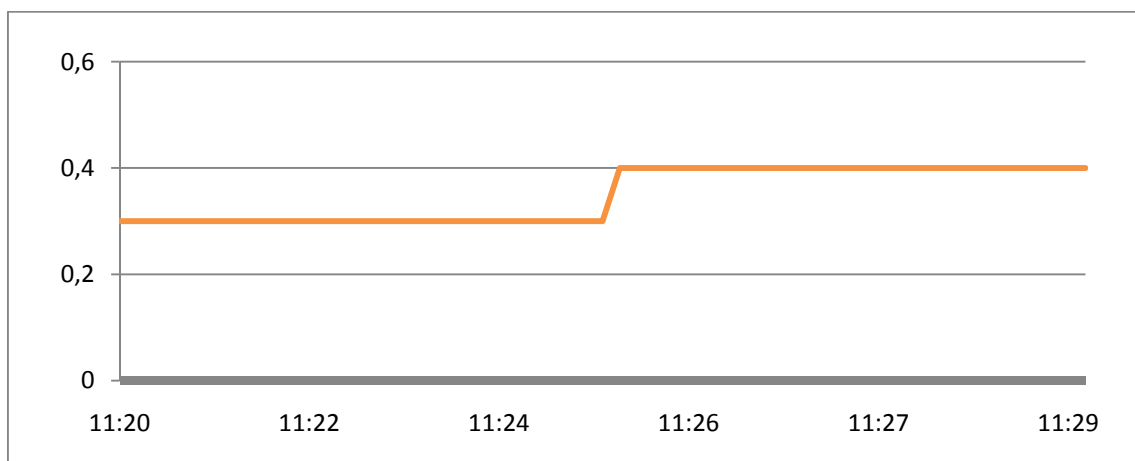
GRÁFICA V.242. Concentración de COVs (ppm) en control de enfermería de TOH del nuevo HURH.



GRÁFICA V.243. Concentración de COVs (ppm) en H2205 del nuevo HURH.

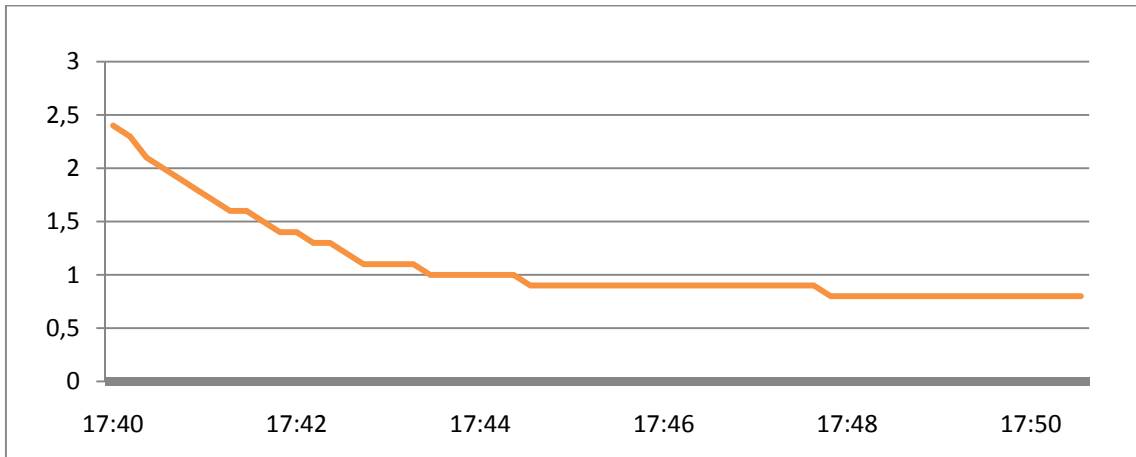


GRÁFICA V.244. Concentración de COVs (ppm) en H2206 del nuevo HURH.

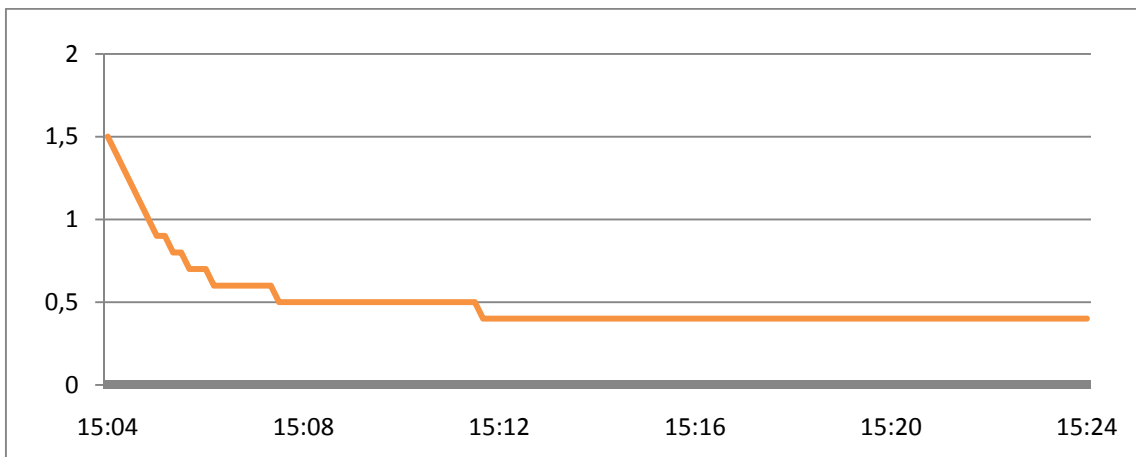


2.4. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (U.V.I.).

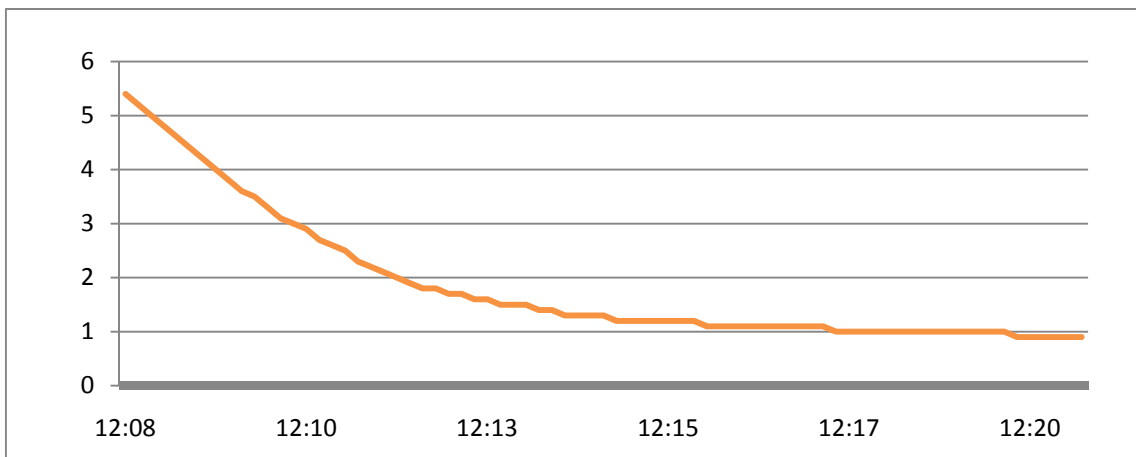
GRÁFICA V.245. Concentración de COVs (ppm) en control de enfermería de UVI del nuevo HURH.



GRÁFICA V.246. Concentración de COVs (ppm) en BOX 21 del nuevo HURH.

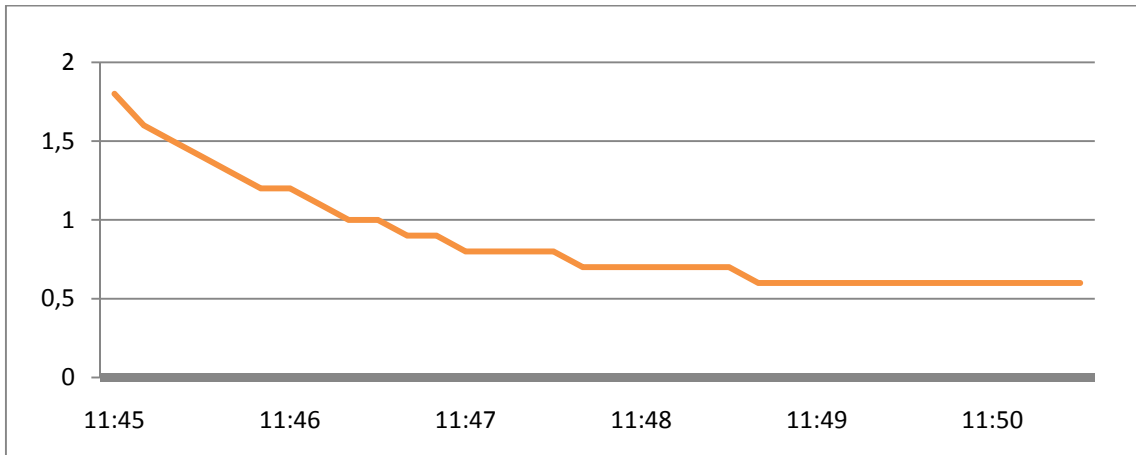


GRÁFICA V.247. Concentración de COVs (ppm) en BOX 22 del nuevo HURH.

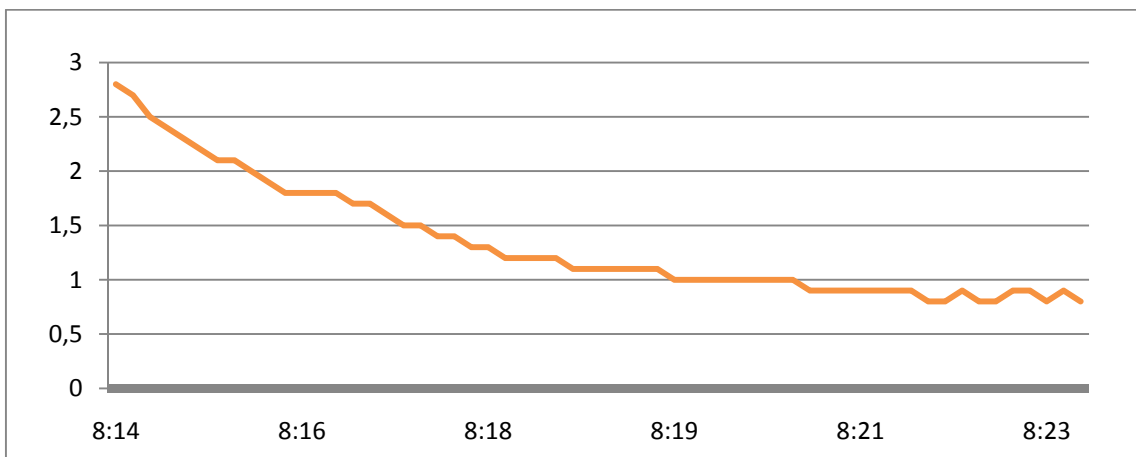


2.5. ZONAS NO CRÍTICAS.

GRÁFICA V.248. Concentración de COVs (ppm) en urgencias del nuevo HURH.



GRÁFICA V.249. Concentración de COVs (ppm) en despacho del nuevo HURH.



APARTADO 3. PARÁMETROS DE VENTILACIÓN.

Este apartado incluye cuatro tipos de datos concernientes a la ventilación de los diversos recintos: la eficacia de ventilación, el caudal de ventilación, las renovaciones de aire por hora y, además, en lo que concierne al nuevo hospital, se ha añadido el resultado de medir presiones diferenciales respecto a salas contiguas.

V.3.A. EFICACIA DE VENTILACIÓN.

La **eficacia de ventilación** (ε_v) es indicativa de lo adecuada que es la renovación del aire en el conjunto de una sala, con relación al caudal nominal del aire. Este índice es mayor cuanto mejor es la renovación del aire en el conjunto de la estancia, considerando un volumen de la estancia y caudal constante. Para calcularla se utilizaron las mediciones de la concentración del CO₂ en el aire de impulsión, C_i , en el de extracción, C_e , y en el ambiente, C_z , aplicando la fórmula:

$$\varepsilon_v = \frac{C_e - C_i}{C_z - C_i}$$

Las concentraciones de CO₂ empleadas han sido expuestas en el consiguiente apartado sobre parámetros químicos. En las sucesivas tablas se muestran los resultados.

1. QUIRÓFANOS.

TABLA V.63. ϵ_v en quirófanos del antiguo y nuevo HURH.

ANTIGUO HOSPITAL		NUEVO HOSPITAL	
RECINTO	ϵ_v	RECINTO	ϵ_v
QUIRÓFANO Q1	0,782	QUIRÓFANO N4	0,944
QUIRÓFANO Q4	0,504	QUIRÓFANO N10	0,899
QUIRÓFANO Q10	0,638	QUIRÓFANO N12	0,917

En el antiguo hospital los valores son bajos, particularmente en el quirófano 4, ya que se deberían encontrar en torno a la unidad para obtener una excelente ventilación. Estos valores expresan que la calidad del aire en la zona ocupada es inferior a la del de extracción. Respecto al nuevo hospital, en todos los quirófanos el valor de eficacia de ventilación es bastante correcto, es decir; la calidad de aire en la zona ocupada y la calidad de aire de la extracción son muy parecidas.

2. TRASPLANTADOS DE MÉDULA ÓSEA (T.A.M.O.).

TABLA V.64. ϵ_v en TAMO del antiguo y nuevo hospital.

ANTIGUO HOSPITAL		NUEVO HOSPITAL	
RECINTO	ϵ_v	RECINTO	ϵ_v
HABITACIÓN 514	0,841	HABITACIÓN 5001	0,953
HABITACIÓN 516	0,709	HABITACIÓN 5002	0,913
HABITACIÓN 518	0,697	HABITACIÓN 5004	0,978
HABITACIÓN 520	0,957	HABITACIÓN 5006	0,917

En el antiguo hospital, en las habitaciones 514 y 520 el valor es adecuado. Pero en 516 y 518 es bajo y se debería introducir un mayor caudal de aire. En el nuevo hospital el valor que se obtiene en todas las habitaciones es aceptable.

3. TRASPLANTADOS HEPÁTICOS (T.O.H.).

TABLA V.65. ϵ_v en TOH del antiguo y nuevo hospital.

ANTIGUO HOSPITAL		NUEVO HOSPITAL	
RECINTO	ϵ_v	RECINTO	ϵ_v
ENFERMERÍA	0,887	ENFERMERÍA	0,884
HABITACIÓN 229	0,565	HABITACIÓN 2205	0,870
HABITACIÓN 233	0,810	HABITACIÓN 2206	0,946

Con los datos se puede observar que es mejor la ventilación en el nuevo hospital con respecto al antiguo, además de estar cerca de la unidad valor considerado como más apropiado. En el antiguo hospital el valor de la eficacia de ventilación está bien en la central de enfermería y en una habitación, la 233, pero es muy bajo en la otra, la 229. En las habitaciones de esta unidad en el nuevo hospital la situación es bastante mejor.

4. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (U.V.I.).

TABLA V.66. ϵ_v en UVI del antiguo y nuevo hospital.

ANTIGUO HOSPITAL		NUEVO HOSPITAL	
RECINTO	ϵ_v	RECINTO	ϵ_v
ENFERMERÍA	0,408	ENFERMERÍA	0,833
BOX 1	0,846	BOX 21	0,917
BOX 8	0,460	BOX 22	0,917

Los datos demuestran que la ventilación era mejor en el nuevo hospital que en el antiguo. Especialmente en la unidad de enfermería y en un box del antiguo la eficacia de ventilación es tan deficiente que la calidad del aire en la zona ocupada es peor que la del aire de extracción y se hubiese requerido un caudal mayor de aire de ventilación.

5. ZONAS NO CRÍTICAS.

En la siguiente tabla se han agrupado para cada hospital los datos de las dos zonas alejadas de las críticas y controles de enfermería que propiamente no están habitados por pacientes críticos.

TABLA V.67. ϵ_v en zonas no críticas del antiguo y nuevo HURH.

ANTIGUO HOSPITAL		NUEVO HOSPITAL	
RECINTO	ϵ_v	RECINTO	ϵ_v
URGENCIAS	0,810	URGENCIAS	0,952
DESPACHO	0,638	DESPACHO	0,909
ENFERMERIA TOH	0,887	ENFERMERIA TOH	0,884
ENFERMERIA UVI	0,408	ENFERMERIA UVI	0,833

En el antiguo hospital la eficacia de ventilación en el despacho muestreado era bastante precaria y debería haber obtenido un mayor caudal de ventilación. En el nuevo la situación era más correcta.

6. TABLAS COMPARATIVAS.

Se ha efectuado un promedio de los valores de la eficacia de ventilación de los recintos de un mismo tipo de zonas para poder comparar las de uno y otro edificio. Los datos se muestran en la siguiente tabla, donde se queda de manifiesto que es mejor la ventilación en el nuevo hospital con respecto al antiguo, estando en aquél cerca de la unidad, valor óptimo.

TABLA V.68. Datos comparativos de ϵ_v .

ANTIGUO HOSPITAL		NUEVO HOSPITAL	
RECINTO	ϵ_v	RECINTO	ϵ_v
QUIRÓFANOS	0,617	QUIRÓFANOS	0,937
TAMO	0,801	TAMO	0,932
HAB. TOH	0,687	HAB. TOH	0,905
BOXES UVI	0,653	BOXES UVI	0,910
NO CRÍTICAS	0,686	NO CRÍTICAS	0,915

V.3.B. CAUDALES Y RENOVACIONES DE AIRE.

Para calcular el **caudal de ventilación** (Q) se tuvo en cuenta la existencia de las rejillas o difusores de entrada del aire, con el número, tipo y superficie de los existentes en cada recinto. El cálculo teórico consiste en multiplicar el área de entrada de aire en m^2 , por v , velocidad de impulsión en m/s , y además aplicar el factor de corrección k , que depende del tipo difusor. Multiplicado por 3600 segundos/hora, tenemos la medida en $m^3/hora$. No obstante, en el caso de los difusores rotacionales existentes se ha procedido directamente a aplicar el factor k proporcionado por el fabricante para el modelo de difusor.

El número de **renovaciones del aire por hora** (n) deriva del cálculo anterior, al dividir el caudal de ventilación entre el volumen de la estancia (V), directamente medido. Su unidad es h^{-1} .

En las tablas se muestran el área de entrada del aire, ya corregida con el factor k , la velocidad de paso del aire tomada con anemómetro a la distancia recomendada de 30 cm de la salida del aire, el caudal resultante expresado en metros cúbicos por hora, el volumen de la sala y las renovaciones de aire por hora. Los planos, con las medidas de las salas y ubicación de los difusores, y fotografías se pueden consultar en los Anexos, en el A los del antiguo hospital y en el B, los del nuevo

1. QUIRÓFANOS.

1.1. ANTIGUO HOSPITAL.

Los tres quirófanos estudiados disponen para la entrada del aire, de dos rejillas, y además rejillas para la salida del aire (ver anexo A).

TABLA V.69. Caudal y renovaciones de aire, quirófanos del antiguo HURH.

RECINTO	ÁREA CORREGIDA ENTRADA AIRE (m ²)	VELOCIDAD PASO AIRE (m/s)	CAUDAL (m ³ /h)	VOLUMEN SALA (m ³)	RENOVACIONES (h ⁻¹)
Q1	0,340	1,70	2080	99,50	20,9
Q4	0,340	1,95	2387	100,44	23,8
Q10	0,340	2,04	2496	100,44	24,8

1.2. NUEVO HOSPITAL.

En los tres quirófanos medidos el sistema de difusión constaba de 4 difusores rotacionales de 60x60, 24, situados en el techo en el aire de impulsión y en el de retorno es de tipo rejilla con 8 rejillas dos en cada pared una en la parte de arriba y otra en la parte de abajo.

TABLA V.70. Caudal y renovaciones de aire, quirófanos del nuevo HURH.

RECINTO	ÁREA CORREGIDA ENTRADA AIRE (m ²)	VELOCIDAD PASO AIRE (m/s)	CAUDAL (m ³ /h)	VOLUMEN SALA (m ³)	RENOVACIONES (h ⁻¹)
N4	0,2268	3,810	3110	114,64	27,1
N10	0,2268	2,103	1714	117,16	14,6
N12	0,2268	2,395	1955	114,64	17,1

2. TRASPLANTADOS DE MÉDULA ÓSEA (T.A.M.O.).

2.1. ANTIGUO HOSPITAL.

En las cuatro habitaciones medidas el sistema de difusión constaba de difusor rotacional 60x60, 24, en el aire de impulsión; en el de retorno es de tipo rejilla.

TABLA V.71. Caudal y renovaciones de aire, TAMO del antiguo HURH.

RECINTO	ÁREA CORREGIDA ENTRADA AIRE (m ²)	VELOCIDAD PASO AIRE (m/s)	CAUDAL (m ³ /h)	VOLUMEN SALA (m ³)	RENOVACIONES (h ⁻¹)
H514	0,0567	1,00	204,5	44,15	4,6
H516	0,0567	1,01	206,2	49,00	4,2
H518	0,0567	1,02	208,2	49,00	4,2
H520	0,0567	1,01	205,3	44,15	4,7

2.2. NUEVO HOSPITAL.

En las cuatro habitaciones medidas el sistema de difusión constaba de un difusor rotacional en el aire de impulsión, de 60x60, y uno de retorno de tipo rejilla.

TABLA V.72. Caudal y renovaciones de aire, TAMO del nuevo HURH.

RECINTO	ÁREA CORREGIDA ENTRADA AIRE (m ²)	VELOCIDAD PASO AIRE (m/s)	CAUDAL (m ³ /h)	VOLUMEN SALA (m ³)	RENOVACIONES (h ⁻¹)
H5001	0,0567	2,31	471,5	50,38	9,4
H5002	0,0567	2,00	408,2	50,38	8,1
H5004	0,0567	1,98	404,2	50,38	8,0
H5006	0,0567	1,99	406,2	49,48	8,2

3. TRASPLANTADOS HEPÁTICOS (T.O.H.).

Hay que anotar que la valoración de la zona de enfermería es teórica al ser un espacio completamente abierto a los restantes accesos.

3.1. ANTIGUO HOSPITAL.

En las tres zonas medidas el sistema de difusión constaba de dos difusores rotacionales en el aire de impulsión y en el retorno tipo rejilla.

TABLA V.73. Caudal y renovaciones de aire, TOH del antiguo HURH.

RECINTO	ÁREA CORREGIDA ENTRADA AIRE (m ²)	VELOCIDAD PASO AIRE (m/s)	CAUDAL (m ³ /h)	VOLUMEN SALA (m ³)	RENOVACIONES (h ⁻¹)
H229	0,0744	2,11	565,1	41,45	13,6
H233	0,0744	2,12	567,8	38,88	14,6
ENFERMERÍA	0,0744	2,16	578,5	41,99	13,8

3.2. NUEVO HOSPITAL.

En las tres zonas medidas el sistema de difusión constaba de difusor rotacional en el aire de impulsión y para el retorno había rejilla.

TABLA V.74. Caudal y renovaciones de aire, TOH del nuevo HURH.

RECINTO	ÁREA CORREGIDA ENTRADA AIRE (m ²)	VELOCIDAD PASO AIRE (m/s)	CAUDAL (m ³ /h)	VOLUMEN SALA (m ³)	RENOVACIONES (h ⁻¹)
H2205	0,0567	2,50	510,3	60,89	8,3
H.2206	0,0567	2,58	526,6	60,89	8,6
ENFERMERÍA	0,0567	1,76	359,3	47,03	7,6

4. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (U.V.I.).

4.1. ANTIGUO HOSPITAL.

En las tres zonas medidas el sistema de difusión constaba de un difusor circular en el aire de impulsión y una rejilla para el retorno. La valoración de la zona de enfermería es teórica al ser un espacio completamente abierto a los restantes accesos.

TABLA V.75. Caudal y renovaciones de aire, UVI del antiguo HURH.

RECINTO	ÁREA CORREGIDA ENTRADA AIRE (m ²)	VELOCIDAD PASO AIRE (m/s)	CAUDAL (m ³ /h)	VOLUMEN SALA (m ³)	RENOVACIONES (h ⁻¹)
BOX 1	0,10676	2,18	837,8	47,66	17,6
BOX 8	0,10676	2,26	868,6	45,50	19,0
ENFERMERÍA	0,10676	2,17	834,1	39,83	20,9

4.2. NUEVO HOSPITAL.

En las tres zonas medidas el sistema de difusión constaba de dos difusores rotacionales en el aire de impulsión y en el de retorno era de tipo rejilla. La valoración de la zona de enfermería es teórica al ser un espacio completamente abierto a los restantes accesos.

TABLA V.76. Caudal y renovaciones de aire, UVI del nuevo HURH.

RECINTO	ÁREA CORREGIDA ENTRADA AIRE (m ²)	VELOCIDAD PASO AIRE (m/s)	CAUDAL (m ³ /h)	VOLUMEN SALA (m ³)	RENOVACIONES (h ⁻¹)
BOX 21	0,1134	1,02	416,4	56,97	7,3
BOX 22	0,1134	1,09	445,0	54,27	8,2
ENFERMERÍA	0,0567	0,59	120,4	17,82	6,7

5. ZONAS NO CRÍTICAS.

5.1. ANTIGUO HOSPITAL.

En el despacho como sistemas de difusión tenía rejillas tanto para la impulsión como para el retorno y en la zona de urgencias había un difusor circular en la impulsión y rejilla en la extracción. La valoración de la zona llamada de urgencias es teórica al ser un espacio completamente abierto a los restantes accesos.

TABLA V.77. Caudal y renovaciones de aire, zonas no críticas del antiguo HURH.

RECINTO	ÁREA CORREGIDA ENTRADA AIRE (m ²)	VELOCIDAD PASO AIRE (m/s)	CAUDAL (m ³ /h)	VOLUMEN SALA (m ³)	RENOVACIONES (h ⁻¹)
DESPACHO	0,1125	2,50	1012,5	54,27	10,1
URGENCIAS	0,0714	2,04	524	81,0	6,4

5.2. NUEVO HOSPITAL.

En la zona de urgencias el sistema de difusión constaba de un difusor rotacional en el aire de impulsión y en el retorno de tipo rejilla, y en el despacho era a través de rejilla.

TABLA V.78. Caudal y renovaciones de aire, zonas no críticas del nuevo HURH.

RECINTO	ÁREA CORREGIDA ENTRADA AIRE (m ²)	VELOCIDAD PASO AIRE (m/s)	CAUDAL (m ³ /h)	VOLUMEN SALA (m ³)	RENOVACIONES (h ⁻¹)
DESPACHO	0,0270	3,50	340,2	29,7	11,45
URGENCIAS	0,0372	1,19	159,1	24,3	6,5

V.3.C. DIFERENCIAS DE PRESIÓN: NUEVO HOSPITAL.

Por último, también se ha procedido a medir la **sobrepresión** en las diferentes salas, pero dichas mediciones (realizadas con respecto a las estancias colindantes) sólo se llevaron a cabo en el nuevo hospital. Su unidad es el pascal ($1\text{Pa}=1\text{N/m}^2=9,869\times 10^{-6}\text{atm}=7,5\times 10^{-3}\text{mm Hg}$; $1\text{atm}=760\text{ mm Hg}$).

1. AREAS CON ESCLUSA

TABLA V.79. Diferencias de presión (Pa), quirófanos y habitaciones de TAMO y TOH del nuevo HURH.

RECINTO	DESDE LA SALA HACIA LA ESCLUSA	DESDE LA ESCLUSA HACIA EL PASILLO GENERAL
QUIRÓFANO Q4	9	2
QUIRÓFANO Q10	4	1
QUIRÓFANO Q12	10	1
HABITACIÓN 5001	6	10
HABITACIÓN 5002	4	11
HABITACIÓN 5004	9	12
HABITACIÓN 5006	4	7
HABITACIÓN 2205	2,4	2,9
HABITACIÓN 2206	2,9	2

2. AREAS SIN ESCLUSA.

TABLA V.80. Diferencias de presión, UVI y zonas no crítica del nuevo HURH.

RECINTO	DESDE LA SALA HACIA EL PASILLO GENERAL
BOX 21	4
BOX 22	2
DESPACHO	2
URGENCIAS	2

APARTADO 4. RESULTADOS DE PARTÍCULAS.

Las partículas medidas por m³ de aire, son de los tramos de 0,3, 0,5, 1 y 5µm, o sea los mismos tamaños de la tabla Norma UNE EN ISO 14644, excepto las de tamaño menor, y de 10 y 25µm, o sea de tamaño mayor. Las que mantienen correspondencia con los tamaños de dicha tabla se midieron para comparar con esa referencia, aunque solo orientativamente para quirófanos, y no exactamente en funcionamiento, se han señalado en la bibliografía, como se ha visto con anterioridad, deba de haber un nivel mínimo de clase ISO, y no así en los otros recintos. Las mediciones de partículas de tamaño mayor se midieron para determinar si existe algún nivel de correspondencia con la presencia de hongos, como más adelante se verá. Asimismo las concentraciones de todos los tamaños permiten comparar los hallazgos en uno y otro edificio. Las características de tales recintos se pueden consultar en los Anexos que se indican en los apartados anteriores.

1. QUIRÓFANOS.

En todos los quirófanos del antiguo y el nuevo hospital el número de tomas de muestras fue 4 de cada sala.

1.1. ANTIGUO HOSPITAL.

TABLA V.81. Concentración de partículas/m³ de aire, quirófanos del antiguo HURH.

RECINTO	Clase ISO	0.3 µm	0.5 µm	1 µm	5 µm	10 µm	25 µm
QUIRÓFANO 1	9	5.800.972	923.675	227.733	23.365	7.301	752
QUIRÓFANO 4	8	2.649.475	249.238	22.766	3.507	1.164	110
QUIRÓFANO 10	8	3.347.910	380.596	32.303	4.580	1.717	216

1.2. NUEVO HOSPITAL.

TABLA V.82. Concentración de partículas/m³ de aire, quirófanos del nuevo HURH.

RECINTO	Clase ISO	0.3 µm	0.5 µm	1 µm	5 µm	10 µm	25 µm
QUIRÓFANO 4	7	72.999	32.845	18.565	3.176	1.075	56
QUIRÓFANO 10	8	101.544	38.266	19.827	4.010	901	74
QUIRÓFANO 12	8	46.326	29.579	23.932	3.301	1.171	53

En resumen, los quirófanos del nuevo hospital aparecen con un nivel mucho más bajo de contaminación que el del antiguo, pero en ambos casos no se alcanza un nivel de pureza por debajo del 8 en la tabla de la normativa UNE 14644. Particularmente en el nuevo hospital las mayores concentraciones se dieron en las partículas mayor tamaño.

2. TRASPLANTADOS DE MÉDULA ÓSEA (T.A.M.O.).

En cada sala del antiguo y del nuevo hospital el número de tomas de las muestras fueron 4.

2.1. ANTIGUO HOSPITAL.

TABLA V.83. Concentración de partículas/m³ de aire, TAMO del antiguo HURH.

RECINTO	Clase ISO	0.3 µm	0.5 µm	1 µm	5 µm	10 µm	25 µm
HAB. 514	7	51.300	30.576	16.325	2.585	660	23
HAB. 516	8	265.160	201.354	130.436	26.814	12.088	833
HAB. 518	8	43.687	39.159	26.239	4.264	1.352	87
HAB. 520	8	93.402	52.393	26.958	3.668	992	45

2.2. NUEVO HOSPITAL.

TABLA V.84. Concentración de partículas/ m³ de aire, TAMO del nuevo HURH.

RECINTO	Clase ISO	0.3 µm	0.5 µm	1 µm	5 µm	10 µm	25 µm
HAB. 5001	9	620.828	397.828	272.100	50.673	8.118	398
HAB. 5002	9	546.825	218.683	142.273	41.944	9.490	501
HAB. 5004	9	863.760	760.387	397.105	80.829	20.389	849
HAB. 5006	9	3.495.210	2.522.507	1.636.451	256.695	48.619	1.944

En resumen, las habitaciones de TAMO presentaban un número más notable de partículas en el nuevo hospital. Una de estas habitaciones distorsiona espacialmente los resultados promedio. Posiblemente fuese debido a la ejecución de obras de adaptación en fechas muy recientes respecto al muestreo ejecutado en el nuevo hospital. Se queda en el antiguo hospital en un nivel de pureza de aire por lo general de 8 según la norma UNE 14644 en el antiguo hospital y de 9 en el nuevo hospital.

3. TRASPLANTADOS HEPÁTICOS (T.O.H.).

En todas las salas el número de tomas del muestreo fueron 4, excepto en el control de enfermería del antiguo hospital, donde fueron 5.

3.1. ANTIGUO HOSPITAL.

TABLA V.85. Concentración de partículas/ m³ de aire, TOH del antiguo HURH.

RECINTO	Clase ISO	0.3 µm	0.5 µm	1 µm	5 µm	10 µm	25 µm
HAB. 229	8	146.272	108.104	55.203	15.032	5.356	462
HAB. 233	8	233.068	172.505	101.516	19.611	7.697	656
ENFERMERÍA	8	176.388	95.606	47.580	7.647	2.351	133

Se observa que, si bien el tamaño de partículas de 0,3µm es aceptable, para el resto se alcanzan valores relativamente muy elevados.

3.2. NUEVO HOSPITAL.

TABLA V.86. Concentración de partículas/ m³ de aire, TOH del nuevo HURH.

RECINTO	Clase ISO	0.3 µm	0.5 µm	1 µm	5 µm	10 µm	25 µm
HAB. 2205	8	620.375	360.414	236.410	30.414	6.686	284
HAB. 2206	9	207.706	161.235	76.406	19.312	4.188	270
ENFERMERÍA	9	544.024	336.454	216.431	25.182	4.874	316

En resumen, los recintos de la zona de ingreso de trasplantados tenían mayor contaminación de partículas en el nuevo hospital. Todas excepto una habitación no quedaban por debajo del nivel 8 de la tabla de la norma UNE 14644. Hacía excepción una habitación del nuevo hospital que no quedaba por debajo del nivel 9.

4. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (U.V.I.).

4.1. ANTIGUO HOSPITAL.

El número de tomas del muestreo fueron 2 en cada box y 4 en el control de enfermería.

TABLA V.87. Concentración de partículas/ m³ de aire, UVI del antiguo HURH.

RECINTO	Clase ISO	0.3 µm	0.5 µm	1 µm	5 µm	10 µm	25 µm
BOX 1	8	1.339.739	159.363	28.431	8.276	4.771	375
BOX 2	8	1.376.311	176.403	27.966	8.365	4.955	320
ENFERMERÍA	8	996.004	1.283.395	41.999	8.568	3.707	221

4.2. NUEVO HOSPITAL.

El número de tomas del muestreo fueron 4 en cada habitación de UVI y 2 en el control de enfermería.

TABLA V.88. Concentración de partículas/ m³ de aire, UVI del nuevo HURH.

RECINTO	Clase ISO	0.3 µm	0.5 µm	1 µm	5 µm	10 µm	25 µm
BOX 21	8	545.247	84.146	32.592	5.077	1.257	77
BOX 22	8	298.999	111.274	60.970	13.118	4.547	290
ENFERMERÍA	8	391.083	162.671	90.906	20.431	7.707	508

En resumen, las condiciones de la UVI en el nuevo hospital eran notoriamente mejores, pero en ningún caso de nivel de pureza mejor que el 8 de la norma UNE 14644.

5. ZONAS NO CRÍTICAS.

Las zonas incluidas como no críticas son un despacho y un box de urgencias, junto con los controles de enfermería de TOH (APARTADO V.4.3) y de UVI (APARTADO V.4.4) definidos anteriormente, por ser espacios tampoco especialmente críticos.

5.1. ANTIGUO HOSPITAL.

En lo que se denomina urgencias (un recinto) se hicieron 3 tomas y en el llamado despacho, 2.

TABLA V.89. Concentración de partículas/ m³ de aire, zonas no críticas del antiguo HURH.

RECINTO	Clase ISO	0.3 µm	0.5 µm	1 µm	5 µm	10 µm	25 µm
URGENCIAS	9	8.041.511	1.463.313	285.816	32.462	11.383	982
DESPACHO	9	5.533.765	880.411	230.984	31.481	9.222	576
ENFERM. TOH	8	176.388	95.606	47.580	7.647	2.351	133
ENFERM. UVI	8	996.004	1.283.395	41.999	8.568	3.707	221

5.2. NUEVO HOSPITAL.

Se realizaron 2 tomas en despacho y box de urgencias, con los siguientes resultados:

TABLA V.90. Concentración de partículas/ m³ de aire, zonas no críticas del nuevo HURH.

RECINTO	Clase ISO	0.3 µm	0.5 µm	1 µm	5 µm	10 µm	25 µm
URGENCIAS	8	11.270.484	1.293.417	206.118	21.889	4.167	179
DESPACHO	9	24.864.244	3.548.412	645.960	105.000	11.704	241
ENF. TOH	9	544.024	336.454	216.431	25.182	4.874	316
ENF. UVI	8	391.083	162.671	90.906	20.431	7.707	508

Aunque se haya considerado que no son críticas las zonas de enfermería, externas a las habitaciones de pacientes de la áreas de ingresos de críticos, es muy llamativo que las mismas tienen un nivel de contaminación muy por debajo de otras zonas no así protegidas y dentro de éstas eran peores las condiciones en el nuevo hospital, en unos ámbitos que estaban a pleno rendimiento cuando se hicieron los muestreos.

6. COMPARACIÓN DE PROMEDIOS ENTRE RECINTOS EQUIVALENTES DEL ANTIGUO Y NUEVO HOSPITAL.

TABLA V.91. Comparación de promedios de concentración de partículas entre recintos equivalentes del antiguo y nuevo hospital.

RECINTOS		0.3 μm	0.5 μm	1 μm	5 μm	10 μm	25 μm
QUIROF.	H. ANTIGUO	3.932.785	517.836	94.267	10.484	3.394	359
	H. NUEVO	73.263	33.563	20.775	3.496	1.049	61
TAMO	H. ANTIGUO	113.387	80.870	49.989	9.332	3.773	247
	H. NUEVO	1.381.656	974.851	611.982	107.535	21.654	923
TOH(*)	H. ANTIGUO	189.670	140.305	78.360	17.322	6.527	559
	H. NUEVO	414.041	260.825	156.408	24.863	5.437	277
UVI(*)	H. ANTIGUO	1.358.025	167.883	28.199	8.321	4.863	348
	H. NUEVO	422.123	97.710	46.781	9.098	2.902	184

(*) Solo habitaciones.

A la vista de estos datos, se observan las mejores condiciones de los quirófanos y UVI del hospital nuevo y las peores de TOH y TAMO de éste mismo.

7. FARMACIA DEL NUEVO HOSPITAL.

Se distinguen unas zonas limpias, que son cabinas de flujo laminar para preparación dos de ellas de medicamentos citostáticos y dos para preparación de nutriciones parenterales, y una serie de recintos en que están ubicadas esas cabinas o sirven de acceso a las mismas. Las mediciones se hicieron sin estar funcionando aún, aunque con los equipos ya instalados.

En las **cabinas** la concentración de partículas/m³ que resultaron de las medidas realizadas, son:

TABLA V.92. Partículas en cabinas, farmacia del nuevo HURH.

CABINAS		0.3 µm	0.5 µm	1 µm	5 µm	10 µm	25 µm
CITOSTÁTICOS	1	90	108	104	16	5	0
	2	44	22	37	11	2	0
NUTRICIONES PARENTERALES	1	88	26	33	9	5	1
	2	1607	265	193	58	12	0

En las diferentes **salas** la concentración de partículas/m³ que resultaron de las medidas realizadas se refleja en la siguiente tabla, pudiendo compararlas con los establecidos con la norma ISO 14644.

TABLA V.93. Partículas en recintos, farmacia del nuevo HURH.

RECINTOS	0.3 µm	0.5 µm	1 µm	5 µm	10 µm	25 µm
CITOSTÁTICOS	14.877.483	2.188.999	285.438	26.561	4.050	145
NUTRICIONES PARENTERALES	3.313.350	468.529	180.055	16.677	3.067	95
ESCLUSA	6.124.630	1.220.712	860.079	128.398	28.893	1.194
PRESALA	12.734.707	1.522.876	656.871	54.566	8.685	372

Con lo cual, de acuerdo con la Norma UNE-ISO 14644, las cabinas eran clasificables como de clase 5, excepto la 2 de nutriciones parenterales, y las salas como clase 8, aquéllas en que estaban ubicadas las cabinas, y 9 las de acceso (presala y esclusa).

APARTADO 5. ESTUDIO TRANSVERSAL DE CONTAMINACIÓN MICROBIANA.

V.5.A. RESULTADOS DE BIOSEGURIDAD AMBIENTAL (HONGOS OPORTUNISTAS) EN MUESTREO SIMULTÁNEO AL DE PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS.

Esta parte del estudio incorpora tres tipos investigación, tomando como indicadores la presencia de hongos saprofitos en el aire y, de entre ellos, los llamados “hongos oportunistas”, que constituyen un riesgo especial en determinadas “áreas críticas”:

1. Presencia de estos contaminantes en muestreo simultáneo con el de los parámetros de confort, físicos y químicos.
2. Correlación con la concentración de partículas de mayor tamaño, de interés por ser ellos mismos partículas vivas.
3. Estudio de la presencia de tales contaminantes biológicos a lo largo del tiempo en las áreas estudiadas, con objeto de evidenciar de forma más consistente tales contaminantes de improbable o escasa presencia en muestreos puntuales.

En primer lugar se expone el resultado de contaminación microbiana detectada en muestreos simultáneos al de los parámetros físicos y químicos.

Las muestras para el estudio de bioseguridad, puntual y comparativo entre ambos hospitales, fueron de 1000ml, en cada sala, repartidos en dos muestras de 500ml, en lugares así identificados:

- “A” la entrada de “aire” en la habitación (a unos 30cm),
- “E” en el centro de la habitación (“entorno” del paciente).

A pesar de la semejante apariencia de las dos series de tablas en que se muestran los resultados, las mismas obedecen a diferente propósito: en la primera serie se muestran los datos desagregados procedentes de cada cultivo realizado (500ml) y en la segunda el cálculo conjunto del resultado en cada recinto para hacer una estimación por m^3 de aire. Si bien esto último proporciona la visión conjunta de la contaminación, la desagregación inicial permite aproximarnos a la influencia que pueda tener en ello el aprovisionamiento de aire acondicionado. En primer lugar se exponen las tablas con los datos que muestran las diferencias de contaminación según el punto de recogida del aire.

1. QUIRÓFANOS.

TABLA V.94. Resultados muestreo BSA, quirófanos del antiguo HURH.

RECINTO	FECHA DE MUESTREO	LUGAR	RESULTADO A 48 HORAS DE CULTIVO	RESULTADO A 5 DÍAS DE CULTIVO
QUIRÓFANO Q1	11/11/2008	A	4 UFC/ m^3	2UFC/ m^3 <i>Alternaria</i> spp 2UFC/ m^3 <i>Penicillium</i> sp
	11/11/2008	E	NEGATIVO	NEGATIVO
QUIRÓFANO Q4	12/11/2008	A	NEGATIVO	NEGATIVO
	12/11/2008	E	NEGATIVO	NEGATIVO
QUIRÓFANO Q10	13/11/2008	A	2UFC/ m^3 <i>Asperg fumigatus</i>	2UFC/ m^3 <i>Asperg fumigatus</i>
	13/11/2008	E	NEGATIVO	NEGATIVO

TABLA V.95. Resultados muestreo BSA, quirófanos del nuevo HURH.

RECINTO	FECHA DE MUESTREO	LUGAR	RESULTADO A 48 HORAS DE CULTIVO	RESULTADO A 5 DÍAS DE CULTIVO
QUIRÓFANO N4	19/02/2009	A	NEGATIVO	NEGATIVO
	19/02/2009	E	NEGATIVO	NEGATIVO
QUIRÓFANO N10	24/02/2009	A	NEGATIVO	NEGATIVO
	24/02/2009	E	NEGATIVO	NEGATIVO
QUIRÓFANO N12	23/02/2009	A	NEGATIVO	NEGATIVO
	23/02/2009	E	NEGATIVO	NEGATIVO

2. TRASPLANTADOS DE MÉDULA ÓSEA (T.AM.O.).

TABLA V.96. Resultados muestreo BSA, TAMO del antiguo HURH.

RECINTO	FECHA DE MUESTREO	LUGAR	RESULTADO 48 HORAS	RESULTADO 5 DÍAS
TAMO H514	14/11/2008	A	NEGATIVO	NEGATIVO
	14/11/2008	E	NEGATIVO	NEGATIVO
TAMO H516	11/11/2008	A	4UFC/m ³ levaduriformes	4UFC/m ³ Cand albicans 2UFC/m ³ Asperg spp
	11/11/2008	E	8UFC/m ³ levaduriformes 2UFC/m ³ filamentosos	8UFC/m ³ Cand albicans 2UFC/m ³ micelio estéril
TAMO H518	12/11/2008	A	NEGATIVO	NEGATIVO
	12/11/2008	E	NEGATIVO	NEGATIVO
TAMO H520	13/11/2008	A	NEGATIVO	NEGATIVO
	13/11/2008	E	NEGATIVO	NEGATIVO

TABLA V.97. Resultados muestreo BSA, TAMO del nuevo HURH.

RECINTO	FECHA DE MUESTREO	LUGAR	RESULTADO 48 HORAS	RESULTADO 5 DÍAS
TAMO H5001	03/03/2009	A	NEGATIVO	NEGATIVO
	03/03/2009	E	NEGATIVO	2UFC/m ³ micelio estéril
TAMO H5002	02/03/2009	A	NEGATIVO	NEGATIVO
	02/03/2009	E	NEGATIVO	2UFC/m ³ micelio estéril
TAMO H5004	02/03/2009	A	NEGATIVO	2UFC/m ³ Penicillium sp
	02/03/2009	E	NEGATIVO	10UFC/m ³ : 8UFC/m ³ micelio estéril 2UFC/m ³ Scopulariopsis brevicaulis
TAMO H5006	02/03/2009	A	NEGATIVO	2UFC/m ³ micelio estéril
	02/03/2009	E	NEGATIVO	2UFC/m ³ micelio estéril

3. TRASPLANTADOS HEPÁTICOS (T.O.H.).

TABLA V.98. Resultados muestreo BSA, TOH del antiguo HURH.

RECINTO	FECHA DE MUESTREO	LUGAR	RESULTADO 48 HORAS	RESULTADO 5 DÍAS
TOH H229	14/11/2008	A	NEGATIVO	NEGATIVO
	14/11/2008	E	NEGATIVO	NEGATIVO
TOH H233	18/11/2008	A	2UFC/m ³ filamentosos	2UFC/m ³ Asperg spp 2UFC/m ³ micelio estéril
	18/11/2008	E	NEGATIVO	NEGATIVO
ENFERMERÍA TOH	18/11/2008	A	2UFC/m ³	2UFC/m ³ Cand albicans 2UFC/m ³ Penicillium sp
	18/11/2008	E	2UFC/m ³	2UFC/m ³ Asperg flavus

TABLA V.99. Resultados muestreo BSA, TOH del nuevo HURH.

RECINTO	FECHA DE MUESTREO	LUGAR	RESULTADO 48 HORAS	RESULTADO 5 DÍAS
TOH H2205	24/02/2009	A	NEGATIVO	NEGATIVO
	24/02/2009	E	NEGATIVO	NEGATIVO
TOH H2206	24/02/2009	A	NEGATIVO	NEGATIVO
	24/02/2009	E	NEGATIVO	NEGATIVO
ENFERMERÍA TOH	24/02/2009	A	NEGATIVO	2 UFC/m ³ sin id
	24/02/2009	E	2UFC/m ³	2UFC/m ³ Asperg fumigatus

4. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (U.V.I.).

TABLA V.100. Resultados muestreo BSA, UVI del antiguo HURH.

RECINTO	FECHA DE MUESTREO	LUGAR	RESULTADO 48 HORAS	RESULTADO 5 DÍAS
BOX 1	19/11/2008	A	NEGATIVO	NEGATIVO
	19/11/2008	E	2UFC/m ³ filamentosos	2UFC/m ³ Asperg fumigatus
BOX 8	17/11/2008	A	NEGATIVO	NEGATIVO
	17/11/2008	E	NEGATIVO	2UFC/m ³ Rhodotorula rubra
ENFERMERÍA UVI	17/11/2008	A	14UFC/m ³ bacterias 2UFC/m ³ filamentosos	14UFC/m ³ Acinetobacter baumannii 2UFC/m ³ Stemphylium
	17/11/2008	E	4UFC/m ³ filamentosos	6UFC/m ³ Penicillium sp

TABLA V.101. Resultados muestreo BSA, UVI del nuevo HURH.

RECINTO	FECHA DE MUESTREO	LUGAR	RESULTADO 48 HORAS	RESULTADO 5 DÍAS
BOX 21	23/02/2009	A	NEGATIVO	NEGATIVO
	23/02/2009	E	NEGATIVO	NEGATIVO
BOX 22	23/02/2009	A	NEGATIVO	NEGATIVO
	23/02/2009	E	NEGATIVO	NEGATIVO
ENFERMERÍA UVI	23/02/2009	A	NEGATIVO	NEGATIVO
	23/02/2009	E	NEGATIVO	NEGATIVO

5. ZONAS NO CRÍTICAS.

TABLA V.102. Resultados muestreo BSA, zonas no críticas del antiguo HURH.

RECINTO	FECHA DE MUESTREO	LUGAR	RESULTADO 48 HORAS	RESULTADO 5 DÍAS
URGENCIAS	19/11/2008	A	20UFC/m ³	20 UFC/m ³ : 6UFC/m ³ Asperg fumigatus 6UFC/m ³ Asperg spp 2UFC/m ³ Mucor spp 6UFC/m ³ s/identif
	19/11/2008	E	24UFC/m ³	24UFC/m ³ : 2UFC/m ³ Asperg niger 10UFC/m ³ Asperg fumigatus 12UFC/m ³ s/identif
DESPACHO	19/11/2008	A	8UFC/m ³	16 UFC/m ³ : 6UFC/m ³ Asperg fumigatus 2UFC/m ³ Mucor 8UFC/m ³ s/identif
	19/11/2008	E	10UFC/m ³	10UFC/m ³ : 4UFC/m ³ Asperg fumigatus 2UFC/m ³ Mucor spp 4UFC/m ³ s/identif

TABLA V.103. Resultados muestreo BSA, zonas no críticas del nuevo HURH.

RECINTO	FECHA DE MUESTREO	LUGAR	RESULTADO 48 HORAS	RESULTADO 5 DÍAS
URGENCIAS	25/02/2009	A	4UFC/m ³	4UFC/m ³ : 2UFC/m ³ Asperg niger 2UFC/m ³ Asperg fumigat
	25/02/2009	E	2UFC/m ³	2UFC/m ³ Candida spp
DESPACHO	25/02/2009	A	NEGATIVO	NEGATIVO
	25/02/2009	E	NEGATIVO	NEGATIVO

6. TABLAS COMPARATIVAS DE LOS RECINTOS DEL ANTIGUO Y NUEVO HOSPITAL.

En las siguientes tablas se muestran los resultados resumidos de crecimiento de colonias de hongos en las colecciones totales de 1 m³ de aire muestreado en cada recinto, separado en cada tabla por las diferentes zonas, y señalando tanto hongos totales como su desglose diferenciado. Simplemente se han anotado los resultados a los 5 días de incubación de las muestras, y como anotación, comentar que “ASP.” se refiere al *Aspergillus*.

Por otra parte hay que comentar que el *Acinetobacter baumannii* no es un hongo, sino una bacteria que aparece en calidad de bacteria resistente al antibiótico inhibidor del crecimiento bacteriano, en los medios de cultivo de hongos.

En todos los tipos de recintos, excepto en TAMO, el nivel de contaminación biológica aérea es inferior en el nuevo hospital. En el caso de TAMO hay que destacar la realización reciente de obras, posteriormente a la puesta en funcionamiento del hospital, ya que puede ser explicativo de la mayor contaminación fúngica.

TABLA V.104. Resultado comparados por contaminación por hongos, quirófanos.

ANTIGUO HOSPITAL				NUEVO HOSPITAL			
RECINTO	UFC/m ³	IDENTIFICACIÓN	ASP.	RECINTO	UFC/m ³	IDENTIFICACIÓN	ASP.
Q1	2	1UFC/m ³ Alternaria spp 1UFC/m ³ Penicillium sp	2	N4	0	NEGATIVO	0
Q4	0	NEGATIVO	0	N10	0	NEGATIVO	0
Q10	1	1UFC/m ³ Asperg fumigatus	1	N12	0	NEGATIVO	0

TABLA V.105. Resultado comparados por contaminación por hongos, TAMO.

ANTIGUO HOSPITAL				NUEVO HOSPITAL			
RECINTO	UFC/m ³	IDENTIFICACIÓN	ASP.	RECINTO	UFC/m ³	IDENTIFICACIÓN	ASP.
H514	0	NEGATIVO	0	H5001	1	1 UFC/m ³ micelio estéril	0
H516	8	6 UFC/m ³ C albicans 1UFC/m ³ Asperg spp 1UFC/m ³ micelio estéril	1	H5002	1	1 UFC/m ³ micelio estéril	0
H518	0	NEGATIVO	0	H5004	6	1UFC/m ³ Penicillium sp 4UFC/m ³ micelio estéril 1UFC/m ³ Scopulariopsis brevicaulis	0
H520	0	NEGATIVO	0	H5006	2	2UFC/m ³ micelio estéril	0

TABLA V.106. Resultado comparados por contaminación por hongos, TOH.

ANTIGUO HOSPITAL				NUEVO HOSPITAL			
RECINTO	UFC/m ³	IDENTIFICACIÓN	ASP.	RECINTO	UFC/m ³	IDENTIFICACIÓN	ASP.
H229	0	NEGATIVO	0	H2205	0	NEGATIVO	0
H233	2	1UFC/m ³ Asperg spp 1UFC/m ³ micelio estéril	1	H2206	0	NEGATIVO	0
ENFER-MARIA	3	1UFC/m ³ Cand albicans 1UFC/m ³ Penicillium sp 1UFC/m ³ Asperg flavus	1	ENFER-MERIA	2	1UFC/m ³ s/identif 1UFC/m ³ Asperg fumigatus	1

TABLA V.107. Resultado comparados por contaminación por hongos, UVI.

ANTIGUO HOSPITAL				NUEVO HOSPITAL			
RECINTO	UFC/m ³	IDENTIFICACIÓN	ASP.	RECINTO	UFC/m ³	IDENTIFICACIÓN	ASP.
BOX 1	1	1UFC/m ³ Asperg fumigatus	1	BOX 21	0	NEGATIVO	0
BOX 8	1	1UFC/m ³ Rhodotorula rubra	0	BOX 22	0	NEGATIVO	0
ENFER. UVI	11	7UFC/m ³ Acinetobacter baumannii 1UFC/m ³ Stemphylium 3UFC/m ³ Penicillium sp	0	ENFER. UVI	0	NEGATIVO	0

TABLA V.108. Resultado comparados por contaminación por hongos, zonas no críticas.

ANTIGUO HOSPITAL				NUEVO HOSPITAL			
RECINTO	UFC/m ³	IDENTIFICACIÓN	ASP.	RECINTO	UFC/m ³	IDENTIFICACIÓN	ASP.
URGEN- CIAS	22	8UFC/m ³ Asperg fumigatus 3UFC/m ³ Asperg spp 1UFC/m ³ Mucor spp 9UFC/m ³ s/identif 1UFC/m ³ Asperg niger	12	URGEN- CIAS	3	1UFC/m ³ Candida spp 1UFC/m ³ Asperg niger 1UFC/m ³ Asperg fumigatus	2
DESPA- CHO	13	5UFC/m ³ Asperg fumigatus 2UFC/m ³ Mucor spp 6UFC/m ³ s/identif	5	DESPA- CHO 9 URG.	0	NEGATIVO	0

V.5.B. CONTAMINACIÓN MICROBIANA POR HONGOS EN RELACIÓN CON LA CONCENTRACIÓN DE MACROPARTÍCULAS EN EL AIRE.

Se ha analizado la posible relación entre la presencia de partículas de mayor tamaño, que no están contempladas por razón de su tamaño en la Norma UNE ISO 14644, y la presencia de unidades formadoras de colonias de hongos, diferenciando los totales y los *Aspergillus*. Se ha interesado por la razón de que las correspondientes esporas es posible que, dado su tamaño, no sean parte constitutiva de partículas menores, pero sí de las mayores. La comparación se ha efectuado con los muestreos efectuados en simultáneo.

TABLA V.109. Concentración de macropartículas y hongos, antiguo HURH.

RECINTO	10µm	25µm	HONGOS	ASPERGILLUS
QUIRÓFANO Q1	7301	752	2	0
QUIRÓFANO Q4	1164	110	0	0
QUIRÓFANO Q10	1717	216	1	0
H514 TAMO	660	23	0	0
H516 TAMO	12088	833	8	1
H518 TAMO	1352	87	0	0
H520 TAMO	992	45	0	0
ENFERMERÍA TOH	2351	133	3	1
H229 TOH	5356	462	0	0
H233 TOH	7697	656	2	1
ENFERMERÍA UVI	3707	221	11	0
BOX 1 UVI	4771	375	1	1
BOX 8 UVI	4955	320	1	0
URGENCIAS	11383	982	22	12
DESPACHO	9222	576	13	5

TABLA V.110. Concentración de macropartículas y hongos, nuevo HURH.

RECINTO	10µm	25µm	HONGOS	ASPERGILLUS
QUIRÓFANO N4	1075	56	0	0
QUIRÓFANO N10	901	74	0	0
QUIRÓFANO N12	1171	53	0	0
H5001 TAMO	8118	398	1	0
H5002 TAMO	9490	501	1	0
H5004 TAMO	20389	849	6	0
H5006 TAMO	48619	1.944	2	0
ENFERMERÍA TOH	4874	316	2	1
H2205 TOH	6686	284	0	0
H2206 TOH	4188	270	0	0
ENFERMERÍA UVI	7707	508	0	0
BOX 21 UVI	1257	77	0	0
BOX 22 UVI	4547	290	0	0
URGENCIAS	4167	179	3	2
DESPACHO	11704	241	0	0

Vistos en su conjunto los resultados de ambos hospitales, el coeficiente de correlación muestra una fuerte asociación entre las partículas de 10 y de 25µm ($r=0,92$) y entre hongos totales y Aspergillus ($r=0,86$), como era de esperar, pero no entre partículas de 10µm y hongos totales ($r=0,17$) o Aspergillus ($r=0,09$) ni entre partículas de 25µm y hongos totales ($r=0,37$) o Aspergillus ($r=0,30$). Es éste un dato a tener en cuenta por cuanto indica la dudosa identificación del riesgo infeccioso a expensas del contaje de partículas.

APARTADO 6. CONTAMINACIÓN MICROBIANA ESTUDIADA POR LA BIOSEGURIDAD AMBIENTAL A LO LARGO DEL TIEMPO.

Esta otra metodología se estableció para enriquecer el tamaño de la muestra del estudio puntual de bioseguridad llevado a cabo en coincidencia con el estudio de parámetros físicos y químicos. Con el método ya descrito, se buscó la carga de hongos y, dentro de ellos, la de *Aspergillus*, medida en número de unidades formadoras de colonias por metro cúbico de aire (UFC/m³).

1. ÁMBITO Y PERIODO DEL ESTUDIO.

A lo largo de cinco años precedentes, desde julio de 2003 a junio de 2008, en el antiguo edificio se efectuaron muestreos de bioseguridad ambiental con una frecuencia mensual en las todas las áreas críticas seleccionadas en este estudio, excepto en las dos que se han tomado alejadas y como contraste (urgencias y despacho). Se seleccionaron datos de zonas de enfermería para poder comparar en unas mismas condiciones (antiguo edificio) las diferencias entre zonas críticas y zonas próximas no estrictamente críticas.

A lo largo de un año, desde mayo de 2009 a abril de 2010, se tomaron en el nuevo edificio, asimismo, con la misma metodología en los recintos de tipo crítico y de equivalente función, seleccionados según se explicó en la metodología. En este segundo caso no se tomaron en los lugares de control de enfermería de hospitalización (de UVI y de TOH), que en puridad no se pueden considerar zonas de aislamiento crítico de pacientes. Las muestras se tomaron con una frecuencia mensual, excluyendo aquéllas que no se debieron a un muestreo efectuado al azar. Se excluyeron, también en el nuevo hospital, los meses en que determinadas unidades no estuvieron funcionando de forma regular por motivos extraasistenciales, por lo que de los 12 meses de seguimiento en el nuevo hospital, fueron siete los aceptados para la unidad de TAMO y nueve para la de trasplantados.

Las salas muestreadas en uno y otro edificio fueron las siguientes:

TABLA V.111. Salas muestreadas: BSA a lo largo del tiempo.

TIPOS DE RECINTOS	ANTIGUO EDIFICIO	NUEVO EDIFICIO
QUIRÓFANOS	Quirófanos 1, 4 y 10	Quirófanos 4, 10 y 12
HABITACIONES TAMO	Habitaciones 514, 516, 518 y 520	Habitaciones 5001, 5002, 5004 y 5006.
HABITACIONES TOH	Habitaciones 229 y 233	Habitaciones 2205 y 2206
BOXES UVI	Boxes 1 y 8	Boxes 21 y 22
ENFERMERÍA TOH Y UVI	Enfermería en TAMO y en trasplantados	

En la TABLA V.112 se indica la distribución de las muestras tomadas en las diferentes zonas.

TABLA V.112. Distribución de las tomas de muestras: BSA a lo largo de tiempo.

RECINTOS	ANTIGUO HOSPITAL							NUEVO HOSPITAL (1 AÑO)
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL	
QUIRÓFANOS	18	37	33	36	30	18	172	36
HABITACIONES TAMO	24	48	47	48	51	24	242	28
HABITACIONES TOH	10	22	22	24	22	12	112	18
BOXES UVI	9	24	20	24	22	12	111	24
ENFERMERÍA TOH Y UVI	9	23	22	24	22	12	112	-
TOTAL	70	154	144	156	147	78	749	106

2. RESULTADOS DEL ANTIGUO HOSPITAL.

En la TABLA V.113 y en la GRÁFICA V.250 se muestran los resultados de la carga media de las distintas zonas o recintos del antiguo hospital en el tiempo.

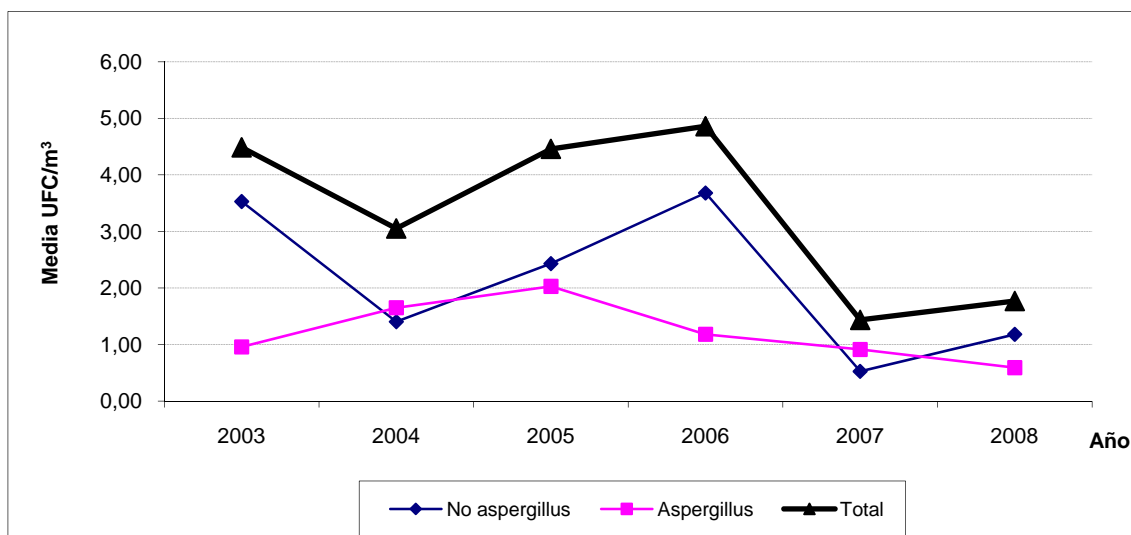
TABLA V.113. Carga total de hongos y Aspergillus según año del muestreo, antiguo HURH (UFC/m³).

AÑOS	MEDIA	ERROR TÍPICO	DESVIACIÓN TÍPICA	CARGA MÁXIMA
HONGOS TOTALES	3,38	0,46	12,61	284,0
2003*	4,49	2,16	18,09	148,0
2004	3,05	0,44	5,48	28,0
2005	4,46	0,50	5,97	32,0
2006	4,86	1,84	22,96	284,0
2007	1,44	0,31	3,76	28,0
2008**	1,77	0,51	4,49	28,0
ASPERGILLUS	1,30	0,13	3,69	30,0
2003*	0,96	0,36	3,05	23,0
2004	1,65	0,35	4,34	28,0
2005	2,03	0,37	4,44	30,0
2006	1,18	0,25	3,17	26,0
2007	0,91	0,27	3,30	24,0
2008**	0,59	0,29	2,60	22,0

(*) Solo 2º semestre.

(**) Solo 1º semestre.

GRÁFICA V.250. Hongos detectados a lo largo del tiempo, antiguo hospital.

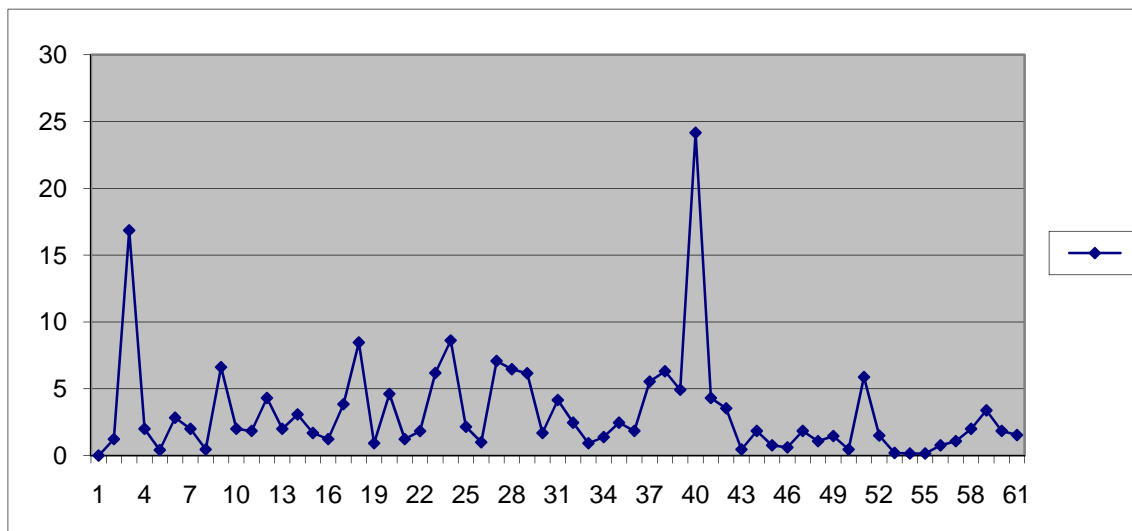


En este mismo edificio antiguo la distribución temporal de hongos totales y de *Aspergillus*, mes a mes, siguió la siguiente evolución, mostrada en la TABLA V.114 y en las GRAFICAS V.251, V.252 y V.253. A la vista de todos estos datos se puede deducir que el grado de contaminación biológica se ha mostrado estable, salvo en algunos momentos puntuales.

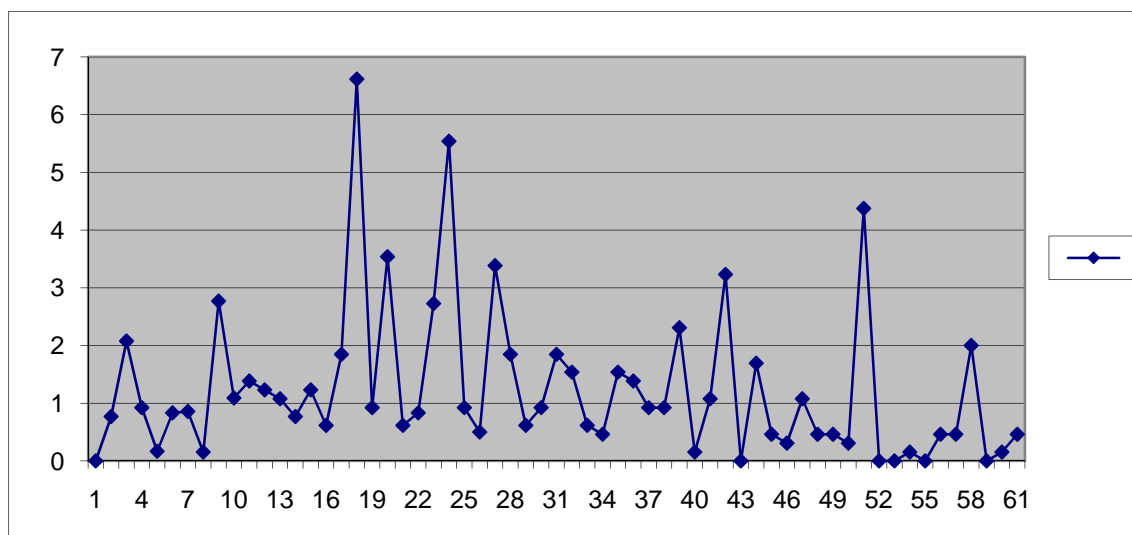
TABLA V.114. Carga media de hongos en muestreos de áreas críticas, antiguo HURH (UFC/m³).

AÑO	MES	TOTAL	ASPERGILLUS	AÑO	MES	TOTAL	ASPERGILLUS
2003	7	1,23	0,77	2006	1	2,46	1,54
	8	16,85	2,08		2	0,92	0,62
	9	2,00	0,92		3	1,38	0,46
	10	0,42	0,17		4	2,46	1,54
	11	2,83	0,83		5	1,85	1,38
	12	2,00	0,86		6	5,54	0,92
2004	1	0,46	0,15		7	6,31	0,92
	2	6,62	2,77		8	4,92	2,31
	3	2,00	1,09		9	24,15	0,15
	4	1,85	1,38		10	4,31	1,08
	5	4,31	1,23		11	3,54	3,23
	6	2,00	1,08		12	0,46	0,00
	7	3,08	0,77	2007	1	1,85	1,69
	8	1,69	1,23		2	0,77	0,46
	9	1,23	0,62		3	0,62	0,31
	10	3,85	1,85		4	1,85	1,08
	11	8,46	6,62		5	1,08	0,46
	12	0,92	0,92		6	1,46	0,46
2005	1	4,62	3,54		7	0,46	0,31
	2	1,23	0,62		8	5,88	4,38
	3	1,83	0,83		9	1,50	0,00
	4	6,18	2,73		10	0,20	0,00
	5	8,62	5,54		11	0,15	0,15
	6	2,15	0,92		12	0,15	0,00
	7	1,00	0,50	2008	1	0,77	0,46
	8	7,08	3,38		2	1,08	0,46
	9	6,46	1,85		3	2,00	2,00
	10	6,15	0,62		4	3,38	0,00
	11	1,69	0,92		5	1,85	0,15
	12	4,15	1,85		6	1,54	0,46

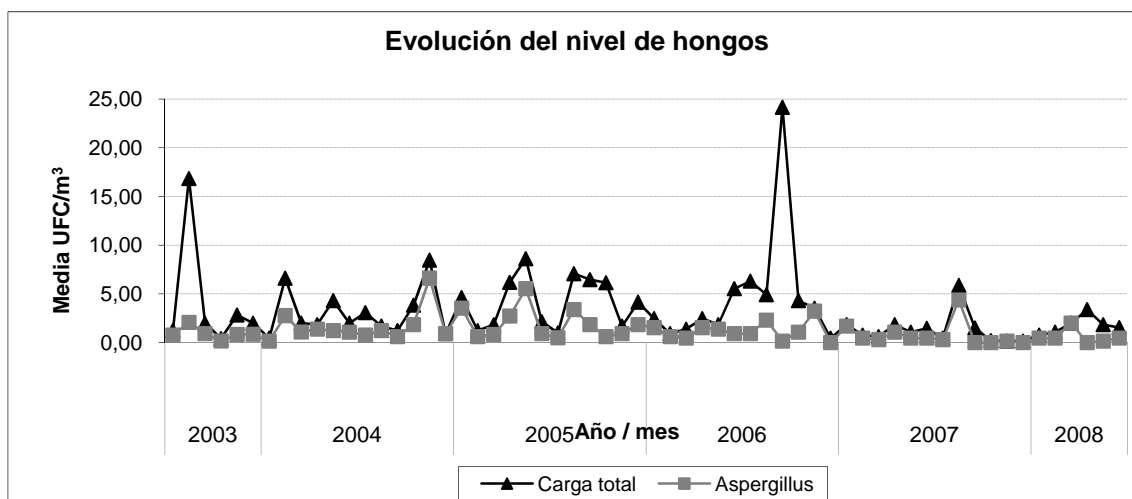
GRÁFICA V.251. Carga promedio de hongos por meses, antiguo HURH (5 años).



GRÁFICA V.252. Carga promedio de Aspergillus por meses, antiguo HURH (5 años).



GRÁFICA V.253. Comparación de carga de hongos totales y Aspergillus, antiguo HURH.



3. RESULTADOS DEL NUEVO HOSPITAL.

Frente a estas cifras, en el nuevo hospital la carga por el período anual estudiado fue de 0,36UFC/m³ de hongos totales y 0,13 de Aspergillus, muy por debajo de cualquiera de los períodos anuales del viejo hospital. Para su desglose mensual disponemos de los datos de la TABLA V.115

TABLA V.115. Carga media mensual (1 año), nuevo HURH (UFC/m³).

AÑO	MES	HONGOS TOTALES	ASPERGILLUS
2009	mayo	0	0
	junio	0	0
	julio	0,22	0,22
	agosto	0	0
	septiembre	0	0
	octubre	5,6	1,6
	noviembre	0	0
	diciembre	0	0
2010	enero	0,18	0
	febrero	0,29	0,29
	marzo	0,29	0
	abril	0,18	0,18

4. COMPARACIÓN SEGÚN TIPOS DE ÁREAS CRÍTICAS.

En dependencia de los tipos de recintos a lo largo de los cinco años, se detectaron las cargas en UFC/m³ que a continuación se señalan en la TABLA V.116, en donde se contrastan las notorias diferencias entre ambos hospitales.

En resumen, hay que destacar la clara mejora de las condiciones de contaminación microbiana del nuevo hospital respecto al antiguo, lo que viene a confirmar los datos iniciales del estudio puntual, sostenido con una colección de datos más amplia y una observación a lo largo del tiempo.

TABLA V.116. Carga de hongos y de Aspergillus en las diversas áreas críticas (UFC/m³).

TIPOS DE ZONAS	ANTIGUO HOSPITAL		NUEVO HOSPITAL	
	HONGOS TOTALES	ASPERGILLUS	HONGOS TOTALES	ASPERGILLUS
	MEDIA (DT)	MEDIA (DT)	MEDIA	MEDIA
CONJUNTO	3,38(12,61)	1,30 (3,69)	0,36	0,13
QUIRÓFANOS	2,15(3,47)	0,95 (2,47)	0,56	0,28
HABITACIONES TAMO	3,42(10,82)	1,55 (4,40)	0,07	0,07
HABITACIONES TRANSPLANTE	2,20(4,92)	0,70 (2,87)	0,11	0
UVI	3,54(5,48)	1,80 (4,44)	0,50	0,50
CONTROLES ENFERMERÍA TOH Y UVI	6,21(27,09)	1,43 (3,08)	-	-

Más que la media, importa la proporción de muestras que detectan los microorganismos en cuestión y la distribución según la cantidad de hongos que llevan por metro cúbico. A continuación se expresan estos datos en la TABLA V.117 en lo que concierne al **antiguo hospital**.

TABLA V.117. Distribución de las muestras según nivel de carga y lugar de estudio, antiguo HURH. Cifras absolutas.

UFC/m ³	0	1 a 2	3 a 5	6 a 10	>10	TOTAL
HONGOS TOTALES	401	145	66	85	52	749
QUIRÓFANOS	88	41	20	21	2	172
HABITACIONES TAMO	147	37	13	21	24	242
HABITACIONES TRANSPL.	68	24	6	9	5	112
UVI	48	22	14	19	8	111
ZONAS ENFERMERÍA	50	21	13	15	13	112
ASPERGILLUS	579	78	31	40	21	749
QUIRÓFANOS	136	18	8	9	1	172
HABITACIONES TAMO	191	20	6	15	10	242
HABITACIONES TRANSPL.	95	12	2	1	2	112
UVI	79	15	4	7	6	111
ZONAS ENFERMERÍA	78	13	11	8	2	112

Lo cual en equivale a los siguientes porcentajes de la TABLA V.118.

TABLA V.118. Distribución de las muestras según nivel de carga y lugar de estudio, antiguo HURH. Porcentajes.

UFC/m ³	0	1 a 2	3 a 5	6 a 10	>10
HONGOS TOTALES	53,54	19,36	8,81	11,35	6,94
QUIRÓFANOS	51,16	23,84	11,63	12,21	1,16
HABITACIONES TAMO	60,74	15,29	5,37	8,68	9,92
HABITACIONES TRANSPL.	60,71	21,43	5,36	8,04	4,46
UVI	43,24	19,82	12,61	17,12	7,21
ZONAS ENFERMERÍA	44,64	18,75	11,61	13,39	11,61
ASPERGILLUS	77,30	10,41	4,14	5,34	2,80
QUIRÓFANOS	79,07	10,47	4,65	5,23	0,58
HABITACIONES TAMO	78,93	8,26	2,48	6,20	4,13
HABITACIONES TRANSPL.	84,82	10,71	1,79	0,89	1,79
UVI	71,17	13,51	3,60	6,31	5,41
ZONAS ENFERMERÍA	69,64	11,61	9,82	7,14	1,79

Ante la diferenciación de las áreas críticas estudiadas, la cuestión de si cuando existe determinado grado de contaminación, ésta se presenta de forma diferente entre unas u otras, dentro de un mismo edificio, se abordó para el **viejo hospital**, dado la mayor cantidad de muestras existentes y la mayor cantidad de ellas que tenían una carga microbiana, recurriendo al análisis estadístico de los datos. El test seleccionado para un estudio por pares entre unos y otros tipos de áreas fue el chi-cuadrado de Wald, para lo que se empleó el programa estadístico SPSS. En las TABLAS V.119 y V.120 se exponen los cálculos de base para hongos totales y Aspergillus, respectivamente. Se efectuaron comparaciones derivadas a partir de un modelo lineal generalizado, tomando como variable dependiente la existencia de hongos (binomial), como bloque el lugar de estudio y el año como covariable. Se procedió así tanto para estudiar la presencia de hongos como para la de Aspergillus. Se ha aceptado que la diferencia es estadísticamente significativa a nivel $p < 0,05$.

TABLA V.119. Resultados según el lugar de estudio. Total hongos. Comparación por pares.

(I) BLOQUE	(J) BLOQUE	DIFERENCIA DE MEDIAS (I-J)	ERROR TÍPICO	GL	SIG.	INTERVALO DE CONFIANZA DE WALD PARA LA DIFERENCIA 95%	
						INF.	SUP.
QUIRÓFANOS	HABITACIONES TAMO	-0,09	0,049	1	0,057	-0,19	0,00
	HABITACIONES TOH	-0,09	0,060	1	0,124	-0,21	0,03
	UVI	0,09	0,060	1	0,152	-0,03	0,20
	ENFERMERÍAS	0,07	0,060	1	0,249	-0,05	0,19
HABITACIONES TAMO	QUIRÓFANOS	0,09	0,049	1	0,057	0,00	0,19
	HABITACIONES TOH	0,00	0,056	1	0,970	-0,11	0,11
	UVI	,18(a)	0,056	1	0,001	0,07	0,29
	ENFERMERÍA	,16(a)	0,055	1	0,003	0,05	0,27
HABITACIONES TOH	QUIRÓFANOS	0,09	0,060	1	0,124	-0,03	0,21
	HABITACIONES TAMO	0,00	0,056	1	0,970	-0,11	0,11
	UVI	,18(a)	0,065	1	0,007	0,05	0,31
	ENFERMERÍA	,16(a)	0,065	1	0,013	0,03	0,29
UVI	QUIRÓFANOS	-0,09	0,060	1	0,152	-0,20	0,03
	HABITACIONES TAMO	-,18(a)	0,056	1	0,001	-0,29	-0,07
	HABITACIONES TOH	-,18(a)	0,065	1	0,007	-0,31	-0,05
	ENFERMERÍA	-0,02	0,065	1	0,788	-0,15	0,11
ZONAS DE CONTROL DE ENFERMERÍA	QUIRÓFANOS	-0,07	0,060	1	0,249	-0,19	0,05
	HABITACIONES TAMO	-,16(a)	0,055	1	0,003	-0,27	-0,05
	HABITACIONES TOH	-,16(a)	0,065	1	0,013	-0,29	-0,03
	UVI	0,02	0,065	1	0,788	-0,11	0,15

Lo que se puede apreciar es la diferencia significativa del grado de contaminación general por hongos entre las zonas de enfermería y las habitaciones de su misma unidad, entre los boxes de la UVI y las habitaciones

de trasplante y TAMO, en beneficio de estas dos últimas zonas. La prueba global da un chi-cuadrado de Wald, para 4 grados de libertad, de 17,203, siendo significativa al 0,002

TABLA V.120. Resultados según el lugar de estudio. Aspergillus. Comparación por pares.

(I) BLOQUE	(J) BLOQUE	DIFERENCIA DE MEDIAS (I-J)	ERROR TÍPICO	GL	SIG.	INTERVALO DE CONFIANZA DE WALD PARA LA DIFERENCIA 95%	
						INF.	SUP.
QUIRÓFANOS	HABITACIONES TAMO	-0,01	0,040	1	0,881	-0,08	0,07
	HABITACIONES TOH	-0,06	0,045	1	0,185	-0,15	0,03
	UVI	0,07	0,053	1	0,170	-0,03	0,18
	ENFERMERÍAS	0,09	0,053	1	0,076	-0,01	0,20
HABITACIONES TAMO	QUIRÓFANOS	0,01	0,040	1	0,881	-0,07	0,08
	HABITACIONES TOH	-0,05	0,042	1	0,206	-0,14	0,03
	UVI	0,08	0,050	1	0,120	-0,02	0,18
	ENFERMERÍA	,10(a)	0,050	1	0,048	0,00	0,20
HABITACIONES TOH	QUIRÓFANOS	0,06	0,045	1	0,185	-0,03	0,15
	HABITACIONES TAMO	0,05	0,042	1	0,206	-0,03	0,14
	UVI	,13(a)	0,054	1	0,015	0,03	0,24
	ENFERMERÍA	,15(a)	0,054	1	0,005	0,05	0,26
UVI	QUIRÓFANOS	-0,07	0,053	1	0,170	-0,18	0,03
	HABITACIONES TAMO	-0,08	0,050	1	0,120	-0,18	0,02
	HABITACIONES TOH	-,13(a)	0,054	1	0,015	-0,24	-0,03
	ENFERMERÍA	0,02	0,061	1	0,731	-0,10	0,14
ZONAS DE CONTROL DE ENFERMERÍA	QUIRÓFANOS	-0,09	0,053	1	0,076	-0,20	0,01
	HABITACIONES TAMO	-,10(a)	0,050	1	0,048	-0,20	0,00
	HABITACIONES TOH	-,15(a)	0,054	1	0,005	-0,26	-0,05
	UVI	-0,02	0,061	1	0,731	-0,14	0,10

Cuando se estiman las cargas de *Aspergillus*, las diferencias resultan significativas entre las zonas de enfermería, como era de esperar, y las habitaciones de TAMO y TOH que son de la misma unidad de esas zonas, y entre los boxes de la UVI y las habitaciones de ingreso de TOH, siendo peores las condiciones de la UVI y las de las mencionadas unidades de enfermería. Los datos constituyen un resultado que va un tanto en paralelo con los de hongos totales. El chi-cuadrado de Wald, con 4 grados de libertad, muestra un resultado de prueba global de 17,203 y una significación de 0,031.

En lo que concierne al **nuevo hospital** la distribución de muestras sin carga o con carga microbiana, según áreas, es la que refleja la TABLA V.121.

TABLA V.121. Distribución de las muestras según nivel de carga y lugar de estudio, nuevo HURH. Cifras absolutas.

UFC/m ³	0	1 a 2	3 a 5	6 a 10	>10
HONGOS TOTALES	98	5	0	2	1
QUIRÓFANOS	33	1	0	1	1
HABITACIONES TAMO	27	1	0	0	0
HABITACIONES TRANSPL.	17	1	0	0	0
UVI	21	2	0	1	0
ASPERGILLUS	102	3	0	1	0
QUIRÓFANOS	34	1	0	1	0
HABITACIONES TAMO	27	1	0	0	0
HABITACIONES TRANSPL.	18	0	0	0	0
UVI	23	1	0	0	0

Lo cual evidencia que en el nuevo hospital, aparte de existir una carga promedio microbiana menor, cuando el muestreo es positivo lo es con una menor densidad de gérmenes, y, además, todas las áreas críticas gozan casi de los mismos buenos resultados por igual.

APARTADO 7. MODELO DE EDIFICACIÓN HOSPITALARIA SOSTENIBLE Y ACORDE CON REQUISITOS ESPECIALES DE IAQ.

Para establecer un modelo de edificación hospitalaria factible, atendiendo a las necesidades de calidad del aire interior, sucesivamente se mostrarán los resultados de este análisis, siguiendo una secuencia, en la que de lo expuesto en cada etapa se deduce la siguiente. El enfoque de partida es concebir las unidades de enfermería, de ingreso de pacientes, por ser las de mayor extensión dentro de los recintos hospitalarios. Las etapas de análisis son:

- 1º Prevalencia de la **ocupación hospitalaria por pacientes ingresados** con arreglo a las características que deben decidir la tipología de las unidades de enfermería.
- 2º Análisis de los **requisitos de distribución de las unidades de una edificación hospitalaria**, teniendo en cuenta todo el conjunto de servicios y unidades, incluidos los de apoyo. La descripción tiene en cuenta tanto la **cuantificación de los espacios** como los **específicos requerimientos medioambientales** de esos diversos espacios, desde la perspectiva higiénica sanitaria.
- 3º El traslado de datos y criterios anteriores a un **diseño modular de edificación hospitalaria**, o prototipo, donde se tengan en cuenta otras nuevas exigencias que giran en torno a la idea fundamental de su sostenibilidad.

V.7.A. ¿PARA QUÉ TIPO DE PACIENTES INGRESADOS HAY QUE CONCEBIR EL ESPACIO HOSPITALARIO?

1. MUESTRA DE PACIENTES INGRESADOS.

Los resultados más destacables sobre las características y condiciones de los pacientes ingresados en el hospital estudiado se han obtenido desde dos perspectivas: como visión de conjunto para 10 años analizados (1999-2008) y de forma desglosada en el tiempo, año a año, para detectar variaciones y tendencias.

Las encuestas realizadas en 10 sucesivos estudios de prevalencia escogidos suman 4172, oscilando entre 381 (2000) y 456 (2007); la media fue de 417/año. En el periodo de tiempo se habían atendido 216224 altas a la vista del registro del CMBD, lo que supone una media de 21622/año, de lo que se deduce que se incluyeron en estudios de prevalencia el 1,93% de los procesos atendidos en esos años; el porcentaje del conjunto de procesos va del 1,77% (2004) al 2,03% (2007). Recibieron asistencia de obstetricia (que para algunos cálculos se han desagregado) 240, y de cualquier otra naturaleza 3932. El 51,5% de las encuestas eran de hombres y el 48,5% de mujeres, lo que excluyendo la asistencia obstétrica se convierte en el 54,6 y 45,4%, respectivamente.

2. EDAD DE LOS PACIENTES: LA DOTACIÓN REQUERIDA DE CAMAS PEDIÁTRICAS Y GERIÁTRICAS.

Los 3932 casos, exceptuado los obstétricos para evitar el efecto del tramo de edad de las mujeres atendidas por esa causa, se distribuyen por edad según la tabla que a continuación se menciona, y que, teniendo en cuenta 2 casos del año 2007 en que no consta el dato de la edad, suman 3920. A los efectos de este trabajo se muestran los tramos de edades pediátrica, intermedia y geriátrica, que son los que pueden requerir condiciones específicas de ubicación hospitalaria.

TABLA V.122. Distribución por edades de los pacientes y años (excepto obstetricia).

EDAD (AÑOS)	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0-1	20	17	16	13	18	7	17	12	13	15
0-13	33	32	25	20	25	11	26	24	23	18
14-69	201	174	235	183	188	179	190	208	197	186
70 ó MÁS	151	155	169	169	161	171	184	183	206	213
TOTAL	385	361	429	372	374	361	410	415	426	397

Se observa la creciente proporción de la demanda de personas de 70 ó más años, frente al descenso de las edades de asistencia pediátrica (hasta los 13 años).

Las cifras relativas por tramos de edad son trasladadas a la TABLA V.123, donde se evidencia que en el tramo de mayores de 70 años hay un aumento de la asistencia en edades geriátricas, reflejo del cambio estructural de la población atendida y la mayor supervivencia.

Las camas geriátricas no tienen una presencia mayoritaria en los hospitales de agudos, siendo, en buena medida, asumidas en otras especialidades médicas, pero el dato nos debe de hacer presente que el 50% de las camas deben ajustarse a las especiales condiciones del anciano. La hospitalización pediátrica según las cifras debería disponer de al menos del 5% de camas del total.

TABLA V.123. Proporción de pacientes por edad y año (excepto obstetricia).

EDAD	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0-29 DÍAS	2,6	3	2,1	2,2	2,7	1,1	2,4	2,2	1,6	2,8
1-12 MESES	2,6	1,7	1,6	1,3	2,1	0,8	1,7	0,7	1,4	1
1-13 AÑOS	3,4	4,2	2,1	1,9	1,8	1,1	2,2	2,9	2,3	0,8
14-19	2,9	2,2	0,9	1,3	0,5	0,6	1,5	2,2	0,7	0,8
20-29	5,2	3,9	4	4	4,8	3	3,7	3,6	4,9	2
30-39	4,9	4,2	6,8	6,2	6,1	6,9	6,8	6,3	4,7	3,5
40-49	7,3	8,6	11,4	9,4	9,4	10,8	7,8	11,6	8,7	7,6
50-59	13,8	12,7	13,5	11	12	10,2	15,6	10,6	11,2	14,1
60-69	18,2	16,6	18,2	17,2	17,4	18	13,9	15,9	15,9	13,9
70-79	24,7	28	22,1	25,5	24,1	26,3	22,4	24,6	25,7	23,4
80-89	11,7	11,4	13,8	16,1	17,1	17,7	18,3	15,2	18,7	25,7
90-99	2,9	3,6	3,5	3,5	1,9	3,3	4,1	4,3	3,5	4,5
100 O MÁS	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,2	0
70 O MÁS	39,3	43,0	39,4	45,4	43,1	47,3	44,8	44,1	48,4	53,6
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	99,5	100

3. UBICACIÓN DE LOS PACIENTES SEGÚN ÁMBITOS CLÍNICOS.

En la TABLA V.124 se expone el tipo de servicio, en razón de las camas asignadas al mismo, donde se encontraban los pacientes. En esta tabla se ha incorporado también la asistencia obstétrica.

A la vista de estos datos, excluyendo el 0,5% de casos en que no consta y teniendo presente la inexistencia en el concreto hospital estudiado de algunas especialidades quirúrgicas (cirugías cardíaca, torácica, vascular y pediátrica), el 45% de los pacientes serían adultos con asistencia en especialidades no quirúrgicas, el 41% en especialidades quirúrgicas (incluyendo ginecología), el 6% mujeres en tocología, casi el 3% enfermos en cuidados intensivos y el 5% pediátricos.

TABLA V.124. Distribución de pacientes por Servicio Asistencial.

SERVICIO	NÚMERO	%
MEDICINA INTERNA	543	13,0
HEMATOLOGÍA	58	1,4
DIGESTIVO	350	8,4
CARDIOLOGÍA	384	9,2
RESPIRATORIO	335	8
ENDOCRINOLOGÍA	8	0,2
ONCOLOGÍA	133	3,2
NEUROLOGÍA	157	3,8
NEFROLOGÍA	50	1,2
REUMATOLOGÍA	3	0,1
CIRUGÍA GENERAL Y DIGESTIVA	464	11,1
CIRUGÍA MAXILOFACIAL	81	1,9
CIRUGÍA PLÁSTICA	57	1,4
NUEROCIRUGÍA	75	1,8
UROLOGÍA	306	7,3
TRAUMATOLOGÍA	308	7,4
OTORRINOLARINGOLOGÍA	109	2,6
OFTALMOLOGÍA	13	0,3
UCI	107	2,5
GINECOLOGÍA	149	3,6
OBSTETRICIA	240	5,8
PEDIATRÍA	77	1,8
NEONATOS	99	2,4
UCI INFANTIL	40	1
OTROS	4	0,1
TOTAL	4150	99,5
NO CONSTA	22	0,5
TOTAL	4172	100

En la TABLA V.125 se muestra la variación año a año, habiendo calculado los porcentajes sobre los casos en que existe dato.

TABLA V.125. Distribución porcentual de pacientes por servicio y año.

SERVICIO	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
MEDICINA INTERNA	11,5	13,4	13,7	11,2	14,5	14,2	12,2	11,8	13,1	16
HEMATOLOGÍA	1,5	0	1,1	1,8	1,4	2,1	1,6	2,3	2,3	0
DIGESTIVO	6,3	6,6	8,4	9,9	9,6	7	6,4	10,4	9,1	11,1
CARDIOLOGÍA	8	7,3	10,8	5,3	8,9	10,4	10,7	10,4	8,3	12
RESPIRATORIO	7,3	6	9,3	8,1	5,8	9,6	8,7	9,5	9,1	6,8
ENDOCRINOLOGÍA	0	0	0,4	0	0	0	0,2	0,5	0,2	0,5
ONCOLOGÍA	2	3,2	1,3	2,8	5,0	4,9	4,1	3,6	3,4	2,4
NEUROLOGÍA	5,4	5,3	2,9	4,6	1,9	3,9	3,6	3,6	3,0	4,2
NEFROLOGÍA	1	0,8	1,3	0,8	1,4	1,6	0,7	1,4	1,5	1,6
REUMATOLOGÍA	0	0,3	0,2	0	0,3	0	0	0	0	0
CIRUGÍA GENERAL Y DIGESTIVA	11,7	11,3	9,9	12,7	13,4	10,9	13,1	11,1	9,5	9,2
CIRUGÍA MAXILOFACIAL	2,4	1,8	3,1	1	0,8	3,1	2,9	1,4	2,7	0,2
CIRUGÍA PLÁSTICA	0,7	1,6	1,3	2	1,6	0,5	0,9	2,7	1,3	0,9
NEUROCIRUGÍA	2,4	2,6	0,4	3	1,9	2,1	1,6	1,6	1,3	1,4
UROLOGÍA	7,1	7,3	9	9,1	7,6	6	7,8	5,2	7,9	6,8
TRAUMATOLOGÍA	8,8	9,2	6,2	7,4	9,3	7	5,9	5,2	8,3	7,8
OTORRINOLARINGOLOGÍA	2,4	4,7	1,8	2,8	1,6	2,1	3,8	1,8	2,7	2,8
OFTALMOLOGÍA	0,5	0,3	0,4	0,3	0,5	0,3	0,5	0,2	0,2	0
UCI	2,4	2,6	2,8	2,5	2,6	2,6	2,3	2,5	2,9	2,3
GINECOLOGÍA	3,2	3,7	4,4	4,8	5,0	2,8	3,1	3,6	2,3	3,3
OBSTETRICIA	6,1	5,2	5,6	5,6	5,5	6,5	5,0	5,9	6,3	6,6
PEDIATRÍA	4,9	2,9	2,6	1	1,4	1	1,2	1,8	1,3	0,5
NEONATOS	3,2	2,9	2,4	2,5	2,9	0,8	2,3	2	2,3	2,6
UCI INFANTIL	1,2	1	0,7	0,8	1,6	0,8	1,2	1,1	0,9	0,5
OTROS	0	0	0	0	0,3	0	0	0,2	0	0,5

De manera más sintética se obtiene la siguiente distribución de pacientes por áreas de actividad (TABLA V.126).

TABLA V.126. Ingresos según áreas de actividad.

ÁREAS DE ACTIVIDAD	NÚMERO	%
MEDICA	2020	48,4
QUIRÚRGICA	1413	33,9
GINECOLOGÍA-OBSTETRICIA	390	9,3
PEDIATRIA	216	5,2
UCI	107	2,6
OTROS	26	0,6
TOTAL	4172	100

Aunque sean minoritarios, el dispositivo asistencial que requieren los cuidados intensivos es tan especial, por complejo, costoso y precisado de mayor superficie de media por cama, box en este caso, que se ofrece una detallada distribución por sexo y edades de los pacientes encuestados (TABLA V.127).

TABLA V.127. Pacientes en UCI por sexo y edad.

EDAD (AÑOS)	VARÓN	MUJER	TOTAL
1-13	0	1	1
14-19	2	1	3
20-29	4	2	6
30-39	5	4	9
40-49	8	6	14
50-59	7	3	10
60-69	15	7	22
70-79	19	13	42
80-89	4	4	8
90-99	1	1	2
TOTAL	65	42	107

Por lo tanto, en un hospital de 500 camas están ocupadas una media de 11 en cuidados intensivos y casi la mitad de ellas (52) por mayores de 70 años, lo cual descarta la función asilar que se pudiera imputar al hospital acogiendo ancianos. Destaca que el 40% tienen entre 70 y 79 años y la mayor proporción de varones.

4. LA SITUACIÓN CLÍNICA: APROXIMACIÓN AL RIESGO DE TRANSMISIÓN DE INFECCIONES A PARTIR DE OTROS PACIENTES.

La situación clínica de los pacientes constituye una información complementaria a la del servicio que les trata, a tener en cuenta dado que un servicio puede tener incluidos pacientes que no tuvieron cama disponible en el de su pertenencia (enfermos ectópicos) o bien como corrector del traspaso posible de pacientes entre servicios. Un elemento de análisis tomado es el del diagnóstico. Los pacientes hospitalarios suelen tener varios diagnósticos coincidentes (comorbilidad), como se aprecia a partir del dato “número total de diagnósticos”. Se eligió el diagnóstico principal según capítulos de la CIE-9-MC (TABLA V.128). Los diagnósticos son los captados en el curso del ingreso y, en tal caso, no son definitivos, pero este particular es accesorio en esta investigación que trata de fijar condiciones de hospitalización. O sea, se decide el diagnóstico que se piensa que puede tener el enfermo y en razón del mismo se ubica.

Toma especial relieve para este estudio el Capítulo I “enfermedades infecciosas y parasitarias”, dada la influencia que puede tener para estimar las necesidades de ubicación de pacientes en orden a evitar la propagación de su infección. En principio, para casi el 5% de los pacientes el diagnóstico principal es un proceso infeccioso (TABLA V.128), pero existen grandes variaciones entre años, del 0,5% (2008) al 11,9% (2004).

TABLA V.128. Diagnósticos principales por capítulos de la CEI 9-MC.

CAPÍTULOS CIE 9-MC	MEDIA ANUAL	%
1. ENFERMEDADES INFECCIOSAS Y PARASITARIAS	19,6	4,8
2. NEOPLASIAS	50,3	12,3
3. ENFERMEDADES ENDOCRINAS DE LA NUTRICIÓN Y METABÓLICAS Y TRASTORNOS DE LA INMUNIDAD	6,2	15,4
4. ENFERMEDADES DE LA SANGRE Y DE LOS ÓRGANOS HEMATOPOYÉTICOS	6,4	1,6
5. TRASTORNOS MENTALES	0,8	0,2
6. ENFERMEDADES DEL SISTEMA NERVIOSO Y DE LOS ÓRGANOS DE LOS SENTIDOS	21,8	5,3
7. ENFERMEDADES DEL APARATO CIRCULATORIO	53,4	13,0
8. ENFERMEDADES DEL APARATO RESPIRATORIO	37,2	9,0
9. ENFERMEDADES DEL APARATO DIGESTIVO	57,0	13,9
10. ENFERMEDADES DEL APARATO GENITOURINARIO	36,0	8,8
11. COMPLICACIONES DEL EMBARAZO, PARTO Y PUERPERIO	28,2	6,9
12. ENFERMEDADES DE LA PIEL Y DEL TEJIDO SUBCUTÁNEO	4,7	1,1
13. ENFERMEDADES DEL SISTEMA OSTEO-MIOARTICULAR Y TEJIDO CONECTIVO	23,7	5,7
14. ANOMALÍAS CONGÉNITAS	1,1	0,2
15. CIERTAS ENFERMEDADES CON ORIGEN EN EL PERÍODO PERINATAL	6,1	1,5
16. SÍNTOMAS, SIGNOS Y ESTADOS MAL DEFINIDOS	34,7	8,5
17. LESIONES Y ENVENENAMIENTOS	22,3	5,4

La distribución por capítulos de la CIE 9-MC del diagnóstico principal (% casos) de los pacientes **según las áreas de actividad** donde se les ingresó o atendió simplemente nos presenta una gran dispersión de diagnósticos (TABLA V.129). Se observa que el 5,7% de los pacientes de medicina y el 11,11% de los de pediatría tienen un **diagnóstico principal de infección**. El dato es sólo orientativo, pues hay muchos más procesos de esta naturaleza que no se computan en el diagnóstico principal y que pueden ser de origen comunitario (el paciente ingresó padeciéndoles) o nosocomial (les contrajo en el hospital).

TABLA V.129. Relación entre ámbito asistencial y diagnóstico principal.

CAPÍTULO CIE 9-MC	MÉDICA	QUIRÚR.	GINECO. OBSTET.	PEDIAT.	UCI	OTROS	TOTAL
1	5,7	1,91	0,26	11,11	7,48	3,85	4,22
2	7,77	17,2	11,79	0,46	3,74	7,69	10,86
3	1,88	1,06	0	1,39	0	0	1,34
4	2,62	0,14	0	0,46	1,87	0	1,39
5	0,3	0	0,26	0	0	0	0,17
6	5,94	4,81	0	2,32	2,8	0	4,7
7	20,64	1,2	0	0,46	37,38	23,07	11,53
8	14,26	0,71	0,26	12,96	7,48	0	8,03
9	12,38	16,63	0	6,02	9,35	19,23	12,3
10	2,62	14,37	16,41	1,85	0,93	7,69	7,84
11	0	0	57,17	13,43	0	7,69	6,09
12	0,55	2,05	0	0,46	0	3,85	1,01
13	0,94	13,45	0	0,46	1,87	3,85	5,1
14	0	0,14	0	3,24	0,93	0	0,24
15	0	0	0	25,46	0	0	1,32
16	12,72	1,84	2,31	8,33	0	7,69	7,48
17	1,04	11,04	0	2,79	15,89	3,85	4,82
TOTAL	89,36	86,55	88,46	91,2	89,72	88,46	88,42
NO CONSTA	10,64	13,45	11,54	8,8	10,28	11,54	11,58
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100

Otro dato de interés fue el porcentaje de pacientes con infecciones de origen comunitario o bien hospitalario, aunque no se tratase de su diagnóstico principal, y que en conjunto resultaron ser del orden del 7 y 20% respectivamente. Para decidir sobre las condiciones ambientales se calcularon los porcentajes de unas y otras infecciones en las diferentes áreas asistenciales (TABLA V.130).

TABLA V.130. Pacientes infectados según procedencia de la infección por áreas de actividad.

ÁREAS ASISTENCIALES	INFECCIÓN NOSOCOMIAL (IN)	% IN	INFECCIÓN COMUNITARIA (IC)	% IC	TOTAL INFECTADOS	%
MEDICA	110	5,4	460	22,8	570	28,2
QUIRÚRGICA	125	8,8	128	9,1	253	17,9
GINECOLOGÍA-OBSTETRICIA	10	2,6	11	2,8	21	5,4
PEDIATRIA	10	4,6	52	24,1	62	28,7
UCI	35	32,7	19	17,8	54	50,5
OTROS	0	0	4	15,4	4	15,4
TOTAL	290	6,9	674	16,2	964	23,1

Las infecciones tienen según ámbitos asistenciales una presencia muy desigual, estando infectados la mitad de los enfermos de UVI, e ingresando una alta proporción de pacientes como infectados en medicina y pediatría. Por lo tanto, el dato es estimable para evaluar su coincidencia en unos y otros servicios. Por otra parte hay que destacar que no toda enfermedad infecciosa (y rara vez parasitarias) es directamente transmisible, y menos vía aérea.

5. LA SITUACIÓN CLÍNICA: APROXIMACIÓN AL RIESGO DE CONTRAER ALGUNA INFECCIÓN.

El 12,5% de los pacientes son cancerosos, según los datos sobre diagnóstico principal, y salvo en pediatría, obstetricia y en la UCI tienen un reparto bastante homogéneo en los servicios. A pesar del muy desigual estado de gravedad, entre ellos se encuentran aquéllos con más deficientes defensas y necesitados de protección ambiental. Otros datos que definen esta especial susceptibilidad clínica son la serie de estados derivados o concomitantes con su definición diagnóstica y que en las encuestas del EPINE se pueden extraer de lo que denomina “factores de riesgo intrínsecos” (TABLA V.131). Estas condiciones hacen más proclive al paciente para contraer un proceso infeccioso, aunque de forma desigual por vía aérea, como se mencionó en la revisión introductoria al tema.

TABLA V.131. Riesgo de contraer infección dado el estado del paciente.

FACTOR DE RIESGO INTRÍNSECO	Nº DE ENCUESTAS	%
COMA	3680	1,4
INSUFICIENCIA RENAL	3620	7,5
DIABETES MELLITUS	3672	16,2
NEOPLASIA	3637	19,5
EPOC	3626	11,4
INMUNODEFICIENCIA	3673	2,9
NEUTROPENIA	3619	1,3
CIRROSIS	3609	2,4
DROGAS	3466	0,5
OBESIDAD	3460	12,9
DESNUTRICIÓN	3342	3,7
ÚLCERAS POR PRESIÓN	4145	3,6

TABLA V.132. Factores de riesgo intrínsecos según área asistencial.

F. RIESGO INTRÍNSECO	MÉDICA	QUIRÚR.	GINECO. OBSTET.	PEDIAT.	UCI	OTROS	TOTAL
COMA	0,84%	0,28%	0,00%	0,46%	26,17%	0,00%	50
INSUFICIENCIA RENAL	10,05%	3,47%	0,51%	0,00%	12,15%	11,54%	270
DIABETES MELLITUS	20,25%	9,84%	3,33%	1,39%	22,43%	26,92%	595
NEOPLASIA	16,93%	21,87%	11,79%	0,00%	8,41%	15,38%	710
EPOC	15,64%	4,95%	1,03%	4,17%	12,15%	3,85%	413
INMUNODEFICIENCIA	4,41%	0,85%	0,00%	0,00%	5,61%	0,00%	107
NEUTROPENIA	1,88%	0,14%	0,51%	1,85%	0,93%	0,00%	47
CIRROSIS	3,56%	0,71%	0,00%	0,00%	1,87%	3,85%	85
DROGAS	0,40%	0,50%	0,26%	0,93%	0,00%	3,85%	19
OBESIDAD	11,44%	11,32%	6,92%	0,00%	23,36%	19,23%	448
DESNUTRICIÓN	4,01%	2,48%	0,00%	0,93%	3,74%	3,85%	123
ÚLCERAS POR PRESIÓN	4,75%	2,41%	0,00%	0,00%	0,00%	3,85%	131

En el reparto por áreas clínicas se ve la mayor presencia de riesgos en la medicina, inclusive la inmunodeficiencia y la neutropenia (TABLA V.132).

6. LA INSTRUMENTACIÓN DEL PACIENTE: APROXIMACIÓN A OTRA FORMA DE RIESGO DE CONTRAER INFECCIÓN.

El grado y tipo de instrumentación a las que se verán sometidos los pacientes implica las condiciones de su ingreso, en orden a la previsión de sus cuidados y disposición del entorno. Aproximadamente la cuarta parte de los pacientes encuestados habían sufrido una **intervención quirúrgica** (26,1%), lo que no quiere decir que sólo ellos sean los ingresados quirúrgicos, pues habría que añadir los pacientes operados en fechas posteriores a la del registro del dato en la encuesta de prevalencia e, incluso, según el concepto de “paciente quirúrgico” que asumamos, aquéllos en los que se desistió de operar, aunque ingresaran bajo esa intención más o menos decidida. A continuación se señalan los pacientes que estaban operados en el ingreso en curso cuando se les encuestó (TABLA V.133). Se ha excluido de la tabla la asistencia obstétrica.

TABLA V.133. Intervención quirúrgica por edad y sexo.

EDAD	VARÓN	MUJER*	TOTAL
1-12 MESES	0	2	2
1-13 AÑOS	16	6	22
14-19	10	9	19
20-29	29	26	55
30-39	36	40	76
40-49	72	71	143
50-59	89	81	170
60-69	121	92	213
70-79	109	98	207
80-89	40	55	95
90 O MÁS	9	14	23
TOTAL	531	494	1025

(*)Sin obstetricia

Parece estimable el dato de que más de la mitad de los pacientes operados tenían más de 60 años y que, si excluimos la causa obstétrica, superan también en el epígrafe los varones a las mujeres (TABLA V.133).

Cabe señalar la cirugía obstétrica de las 240 mujeres asistidas en toxicología (TABLA V.134), con una tasa el 33,75 de cesáreas por ingresos obstétricos.

TABLA V.134. Pacientes en obstetricia y sometidas a una cirugía obstétrica.

EDAD	PACIENTES	CIRUGÍA OBSTÉTRICA	%	TASA
14-19	9	2	3,8	22
20-29	66	21	27,5	31,8
30-39	156	55	65	35,25
40-49	8	2	3,3	25
50-59	1	1	0,4	100
TOTAL	240	81	100	33,75

La distribución de los pacientes intervenidos por áreas de actividad asistencial indica que, si bien los enfermos de unidades quirúrgicas concentran la previsible más alta proporción de operados, las plantas no quirúrgicas también acogen a pacientes de este tipo (TABLA V.135).

TABLA V.135. Distribución de pacientes intervenidos según área asistencial.

ÁREAS DE ACTIVIDAD	PACIENTES SOMETIDOS A UNA INTERVENCIÓN QUIRÚRGICA	%
MEDICA	32	1,6
QUIRÚRGICA	861	60,9
GINECOLOGÍA-OBSTETRICIA	183	46,9
PEDIATRIA	11	5,1
UCI	30	28
OTROS	8	30,8
TOTAL	1125	26,9

La instrumentación de los pacientes se reparte en los servicios según la tabla mostrada a continuación (TABLA V.136).

TABLA V.136. Instrumentación de los pacientes ingresados.

FACTOR DE RIESGO EXTRÍNSECO	NÚMERO	%
SONDA URINARIA ABIERTA	4161	4,3
SONDA URINARIA CERRADA	4162	10,7
LÍNEA PERIFÉRICA	4162	42,1
CATÉTER CENTRAL	4163	6,1
CATÉTER CENTRAL INSERC. PER.	4159	1,5
NUTRICIÓN PARENTERAL	4161	2,0
TRAQUEOTOMÍA	4162	1,9
VENTILACIÓN MECÁNICA	4162	1,5
SEDACIÓN	2524	2,5
SONDA NASOGÁTRICA	4158	5,7
INMUNODEPRESIÓN	4159	9,5

Otra apreciación es la de la **instrumentación del paciente en la planta de hospitalización**, cuya frecuencia se extrae del EPINE en los datos que refiere como “factores de riesgo exógenos” (TABLA V.137).

TABLA V.137. Factores de riesgo extrínsecos según área asistencial.

CAPÍTULO CIE 9-MC	MÉDICA	QUIRÚR.	GINECO. OBSTET.	PEDIAT.	UCI	%	TOTAL
SONDA URINARIA ABIERTA	1,78%	9,27%	2,05%	0,00%	0,93%	3,85%	177
SONDA URINARIA CERRADA	14,21%	9,48%	11,28%	0,93%	72,90%	3,85%	546
LÍNEA PERIFÉRICA	50,20%	43,60%	25,90%	28,24%	55,14%	46,15%	1863
CATÉTER CENTRAL	9,11%	6,86%	0,51%	0,46%	62,62%	0,00%	351
CATÉTER CENTRAL INSERC. PER.	5,59%	1,06%	0,00%	4,17%	23,36%	0,00%	162
NUTRICIÓN PARENTERAL	5,54%	3,47%	0,26%	5,56%	9,35%	0,00%	184
TRAQUEOTOMÍA	1,24%	2,69%	0,00%	0,00%	14,95%	0,00%	79
VENTILACIÓN MECÁNICA	0,25%	0,28%	0,00%	2,31%	46,73%	0,00%	64
SEDACIÓN	1,53%	0,28%	0,00%	0,93%	24,30%	3,85%	64
SONDA NASOGÁTRICA	2,92%	6,16%	0,00%	18,98%	48,60%	0,00%	239
INMUNO- DEPRESIÓN	19,46%	4,39%	2,56%	1,85%	21,50%	3,85%	493
CATÉTER UMBILICAL	0,00%	0,07%	0,00%	1,39%	0,00%	0,00%	4

V.7.B. ¿CÓMO TRASLADAR LAS NECESIDADES DE LOS PACIENTES INGRESADOS A LA EDIFICACIÓN HOSPITALARIA ATENDIENDO A LA CALIDAD DEL MEDIO INTERNO?

Los **principios básicos** por los que se ha guiado el diseño de la construcción prototipo son los de **higiene** y **sostenibilidad**. No se partió de criterios estéticos, pensando que es factible que la estética pueda luego añadirse como logro a cualquier tipo de construcción previamente decidida, en el caso del hospital, haciéndole antes funcional al estar enfocado hacia el paciente y de mantenimiento lo menos costoso posible. Las **soluciones** se buscaron de acuerdo con las funciones y los problemas del presente y de un futuro más previsible.

Los criterios sobre **higiene** se basan en las **necesidades de calidad del aire interior**, que tienen los diferentes recintos y que se centran en los estándares de **renovaciones de aire** y **diferencias de presión** en unos y otros espacios. Se asumen los **criterios** de la Norma UNE 100713, de la ASHRAE y la AIA, y se aplican hasta el punto de hacer coincidir sus espacios con sus requisitos específicos. De esa forma se abordan las singularidades de cada recinto, disponiendo de unos criterios homologables para **grandes sectores espaciales**, siendo básicamente en lo que se refiere a las zonas de ingreso de pacientes:

- **Espacios neutros.** El análisis previo de necesidades nos muestra que constituyen la más alta proporción, hecho a realzar en orden a la sostenibilidad. En ellos no hay que plantear nada especialmente exigente, salvo calentar en invierno, si acaso refrigerar en verano y ello pudiendo abrir los huecos al aire exterior si lo permite la climatología del momento, salvo el mantenimiento de un IDA-1 que exige la normativa, que se podría conseguir con la combinación de ventilación natural y artificial, bajo control y régimen de menor consumo energético.

- **Espacios altamente rigurosos** cara a:
 - **Evitar la propagación de microbios desde las habitaciones de enfermos infecciosos.** Son éstos los **de transmisión aérea** y lo son en número de variable. Las autoridades sanitarias en fechas recientes los han considerado su necesidad puntual más elevada a propósito de recientes pandemias (gripe A, por ejemplo).
 - **Ambiente protector**, para pacientes inmunocomprometidos y, aunque la bibliografía es menos decisiva sobre el particular, los sometidos a cuidados intensivos y trasplantados.

El **control de consumos energéticos** se basa en que los diferentes recintos tienen requisitos muy diferentes entre sí en cuanto a las exigencias de calidad, renovación y presurización del aire y estar algunos permanentemente ocupados y otros funcionando solo durante el día. Es innecesario que tengan todos un mismo régimen de acondicionamiento acorde con los estándares más exigentes y es inaceptable que lo sea sobre los menos rigurosos, en detrimento de las áreas más críticas. Se recurre al principio de **máximo aprovechamiento de las condiciones exteriores** sin obligar a una completa aclimatación interior permanentemente hermética, que quedaría limitada a zonas con justificación evidente (el bloque quirúrgico, algunos laboratorios y algunas salas/habitaciones). La elección sobre este principio de “apertura exterior” se basa en estos datos y observaciones:

- Las “**áreas críticas**” que requieren un control ambiental más riguroso son un **porcentaje escaso** del total de la superficie construida. No suponen más del 15% del total de las habitaciones de ingreso, según muestran los datos del anterior apartado.
- **Economía:** el sostenimiento de una limitación estricta del mantenimiento de un ambiente artificial es obviamente más barato que la aclimatación interior integral.
- **Recursos técnicos:** Es posible aprovechar la luz exterior y otras formas de energía (calor, etc.) empleando selectivamente materiales de aislamiento apropiados y ventanas/huecos practicables en todas las áreas no críticas.

- Existe el conocido historial de “**síndrome del edificio enfermo**”, que recae en edificios completamente cerrados y ventilados artificialmente.

Otros aspectos hay que encajar en un proyecto de este alcance. Uno de ellos, primordial, es la **accesibilidad controlada y sectorizada**, de tal forma que para acudir con misiones o necesidades diferentes, se disponga de un particular acceso al correspondiente edificio, pabellón o bloque. Un problema es el del crecimiento impulsado por las crecientes necesidades tecnológicas. Donde era más fácil darle respuesta era en el hospital de pabellones, que es el modelo más abandonado hoy día. En tanto, los hospitales compactos (verticales y horizontales) ofrecen poca capacidad de remodelación y ajuste. La **edificación vertical** crea problemas de desplazamientos obligados a ser ascendentes y descendentes en la mayoría de los casos con colapsos en determinados puntos, agobio espacial y escasa flexibilidad para la expansión. La **edificación horizontal compacta** obliga a que muchos recintos tengan que abrirse a patios interiores, que se han de construir en gran número y hace una construcción poco abierta al exterior y muy dependiente de la climatización artificial. Por ello la idea del **pabellón o bloque constructivo independiente** se ha tomado para el desarrollo de la propuesta.

1. DISPOSICIÓN DEL CONJUNTO HOSPITALARIO.

A partir de estas premisas se plantea un tipo de **hospital modular**. La solución que se ha buscado es la de módulos en forma de edificios singulares que albergan actividades que requieren condiciones similares. Se configuran como grandes poliedros o pabellones, diseñados atendiendo a tres precisiones: dimensionamiento, forma y relación espacial mutua.

El modelo se acerca al clásico **hospital de pabellones**, con algunas particularidades novedosas: se opta por una construcción pabellonaria, pero no según el modelo antiguo, cuyos pabellones se destinaban casi en exclusiva a albergar pacientes ingresados sin que hubiera exigencias para zonas de apoyo, tecnológicas o complementarias. Aquí los pabellones de soporte tienen una

presencia primordial. Se trata de “**pabellones especializados**” (diagnóstico, urgencias, administrativo, hostelería, etc.). No son todos para ingresos, sino para funciones especiales, y están conectados y hasta en parte pueden quedar adosados, pero no hasta el extremo de que se impida su crecimiento en algún flanco. Los **pabellones también pueden ganar en altura**, merced a los elevadores, inexistentes en esa época pabellonaria clásica.

Tales pabellones **no han de ser en número excesivo ni muy distanciado**, teniendo en cuenta los costes del terreno y los de las horas salariales invertidas en los desplazamientos horizontales.

Aún siendo varios grandes pabellones independientes, con accesos propios y posible régimen de mantenimiento independiente, se conciben comunicados entre sí, sin tener que estar completamente separados. Incluso es posible unir algunos en un punto nodal en que comparten medios de comunicación vertical o contar con pasos entre ellos a toda altura (pasarelas superpuestas).

La forma dictada desde dentro de cada edificio (equivalente a pabellón) viene dada por los requerimientos de su distribución interior, siendo así que las fachadas, respetando algunos principios como el de que todas las habitaciones de pacientes sean exteriores, son la consecuencia y no el condicionante del trazado desde el interior. Ya que no estamos bajo el imperio de la simetría ni siquiera todos los pabellones de ingreso han de tener igual forma y superficie en planta, ni aunque tengan una misma función genérica (por ej. ingresos).

2. DISPOSICIÓN PARA INGRESO U HOSPITALIZACIÓN.

La esencia del hospital es el ingreso y la hostelería (se estima inadecuado traer la comida desde un lugar alejado). Se ha considerado como **edificio principal** del hospital, el de pacientes ingresados. El bloque de ingresos, desposeído de servidumbres para otras funciones colindantes, queda simplificado. Según el tamaño del hospital, **no es necesariamente un único edificio, pudiendo ser varios, de altura moderada**. El tamaño de cada uno,

si son varios, viene dado por cuestiones de racionalización: se procura evitar la desmesura de sus dimensiones, no teniendo alturas que obliguen a interminables trayectos verticales, ni renunciando a las ventajas de una comedia construcción en altura. Lo que comparte toda la hospitalización es un régimen de funcionamiento continuado (día y noche).

Un aspecto primordial de la compartimentación interior es la tipología de los pacientes a ubicar en cada espacio, en qué lugar concreto y por cuánto tiempo, para lo cual ha resultado útil la clasificación de los enfermos, sus categorías y la frecuencia de cada tipo, para que la arquitectura la dé forma y dimensión ateniéndose a especificaciones según modalidad de enfermos y las necesidades de su vigilancia.

Las unidades de enfermería. Se concibe la hospitalización como un bloque para cuidados a pacientes residentes, a los que no se debe mezclar con nada más, sin eludir la necesidad de las conexiones con otros bloques (hostelería, diagnósticos, quirófanos, etc.). Se ha rememorado el modelo **panóptico** de unidad de enfermería, presidido por el acceso y control más próximo, un tanto olvidado como concepto ante la prevalencia de la primordial consideración del hospital como espacio hostelero. Sin que, por ello, se deje de preservar la intimidad, asunto que luego se mencionará de forma más detenida. Como existen riesgos infecciosos, que emanan de los mismos pacientes en calidad de fuentes, o recaen sobre ellos como potenciales huéspedes, las circulaciones internas deben considerar las presiones positivas y negativas, de forma ajustada.

Los pabellones albergan grandes **áreas o departamentos asistenciales**, que, a su vez, se componen superponiendo unidades de ingreso, cuyos modelos son:

- **Cirugía y especialidades intervencionistas** (traumatología, por ejemplo).
- **Medicina no intervencionista** (medicina interna y especialidades médicas)

- **Infectología**, como unidad de configuración flexible; entra dentro del cómputo de camas de la medicina no intervencionista. En ella destacan las habitaciones AIIRs, casi equivalente al antiguo aislamiento de infecciosos vía aérea y cuyas características se han anotado en los capítulos introductorios.
- **Ambiente protector incluyendo** el TAMO, pudiéndose aproximar con unidades de otros trasplantados
- **Cuidados intensivos.**
- **Pediatría** (neonatología y niños ya mayores, con su UVI)
- **Obstetricia**
- **Psiquiatría.**

Para efectuar cálculos de dotaciones de un hospital general nos remitimos a los resultados del apartado anterior sobre pacientes ingresados. Para ello se han hecho correcciones en relación a especialidades inexistentes en el hospital tomado como campo de estudio y de otro tipo (especialidades de referencia para atender a una población extensiva). Se muestra un cálculo dotacional de camas y su concentración en unidades de enfermería para un hospital general de 1000 camas (TABLA V.138).

En un hospital general de 1000 camas los cuatro grandes departamentos, de medicina, cirugía, ginecología-obstetricia y pediatría, se compondrían de unas 30 unidades básicas de enfermería, de 30-40 camas por unidad. Se pueden distribuir, como se verá más adelante, en cuatro edificios/torres/pabellones básicos, pero sin necesidad de corresponder cada uno a un departamento. Cada unidad básica de enfermería sí corresponde a una planta, por lo que la media de alturas sería de 7-8. No se fuerza la altura igual de todos los edificios: uno de ellos puede incluir 8 unidades de cirugía y la planta de cuidados intensivos; otro, 9 unidades de medicina interna; otro, ser mixto con unidades de medicina interna y cirugía (8 unidades en total) y otro albergar obstetricia y pediatría (4 alturas). Otra alternativa se puede componer con 6 edificios, unidos en forma de red. Los cálculos están efectuados para previsiones de más dificultosa realización, por el mayor tamaño de hospital. Si

lo hacemos para un hospital de 500 camas las edificaciones rebajan su altura a unas cuatro alturas por planta.

TABLA V.138. Estimación sobre camas y unidades de enfermería.

SERVICIO	DOTACIÓN DE CAMAS	UNIDADES DE ENFERMERÍA
MEDICINA INTERNA	495	12-14 aprox.
MEDICINA INTERNA GENERAL	125	3-4
HEMATOLOGÍA	14	1, con área especial de 7 camas de TAMO
APARATO DIGESTIVO	84	2
CARDIOLOGÍA	92	2-3
APARATO RESPIRATORIO	80	2
ONCOLOGÍA	32	1, con área especial
NEUROLOGÍA	38	1
NEFROLOGÍA	12	1, con áreas especiales
OTRAS ESPECIALIDADES	8	½
PSIQUIATRÍA DE AGUDOS	10	½
CIRUGÍA	340	10
CIRUGÍA GENERAL Y DIGESTIVA	105	3
CIRUGÍA MAXILOFACIAL Y ORL	40	1
CIRUGÍA VASCULAR CARDÍACA Y TORÁCICA	0,7	1
UROLOGÍA	65	2
TRAUMATOLOGÍA	70	2
VARIAS (INCLUYE OFTALMOLOGÍA)*	25+5	1
*VARIAS es polimorfa, con unidad de trasplantados de cualquier tipo (10 camas), zona de expansión de CGD (10 camas) y oftalmología. (5 camas)		
GINECOLOGÍA-OBSTETRICIA	95	3
GINECOLOGÍA	35	1
OBSTETRICIA	60	2, con ubicación de niños
CUIDADOS INTENSIVOS	25	1
PEDIATRÍA	45	disposición específica
UCI INFANTIL	25	1
OTRAS UNIDADES	20	1

El modelo resultante, emerge, a grandes rasgos, de superponer las unidades de hospitalización en una o varias torres, de no muy elevada altura, en este caso adosadas por flancos o zonas de encuentro. Un ala o el centro de la planta deben de contener despachos médicos, y en este caso deben existir uno o dos patios interiores.

Los pabellones de ingresados serán, dentro del hospital, los de mayor altura, pero moderada, facilitada con uso de ascensores y montacamillas y los intersticios entre plantas serán de modesta altura. La climatización, de funcionamiento permanente, se recomienda que disponga de regulación independiente de la de otros pabellones o bloques y dentro de ellos, en algunas unidades de enfermería.

3. OTROS EDIFICIOS O PABELLONES.

3.1. EDIFICIO DE SERVICIOS DIAGNÓSTICOS.

Edificio altamente tecnológico que alberga los **laboratorios de toda clase y radiología y medicina física diagnóstica**. Ésta en la parte más baja por llevar paneles emplomados, protección especial (cámara de Faraday) y equipo muy pesado. Baja altura del edificio, para unos tres niveles, pero separados por altos intersticios. Acceso propio independiente y por otro lateral comunicación especial con el/los pabellones de ingresados, más bien próximos, pudiéndose recurrir a una o varias pasarelas cubiertas y elevadas. Asimismo por este sistema se puede unir esencialmente a los servicios administrativos, las unidades de investigación y la central de mantenimiento (en este caso por paso subterráneo). Separación grande entre pilastras. Se ha de disponer de una unidad delimitada de laboratorio y pruebas diagnósticas para urgencias. **Climatización solo diurna**, salvo la zona para urgencias. Por lo demás no tiene porqué disponer del mismo mantenimiento energético, día y noche, que el “bloque central”, los quirófanos o urgencias.

3.2. EDIFICIO-BLOQUE QUIRÚRGICO Y DE TRATAMIENTOS INTERVENCIONISTAS.

Otro edificio adosado, semiadosado o conectado por discretas pasarelas, tanto al de urgencias como al de hospitalización quirúrgica, es el de **tratamientos especiales**, donde destacan los **quirófanos**. Los espacios para **tratamientos intervencionistas** son los del **bloque quirúrgico general**, **bloque de cirugía urgente** y **bloque de cirugía ambulatoria**. Además incorpora la **central de esterilización** y la zona de **reanimación**. Conexiones con urgencias (cirugía urgente) y plantas quirúrgicas. Como este pabellón es bajo (dos o tres plantas), se puede corresponder con las plantas quirúrgicas del/los pabellón/es de ingresos que serían las más bajas. La última o la más baja de las plantas se dedica a **exploraciones endoscópicas** y **microcirugía**. **Climatización** en régimen permanente, al menos las salas quirúrgicas.

3.3. BLOQUE DE URGENCIAS.

Conectado con los dos tipos de edificios anteriormente citados, el de ingresos y el de servicios diagnósticos, en este caso a través del laboratorio de urgencias. **Climatización en régimen permanente**. El acceso para urgencias, con su espacio específico, se puede intercalar entre la hospitalización y el bloque quirúrgico, pero en ningún caso hacerle común.

3.4. BLOQUE DE HOSTELERÍA.

Otro edificio es el de hostelería, (cocinas, lavandería, etc.), sin ninguna necesidad de acceso público específico, aparte el de proveedores, próximo y conectado con el o los bloques de hospitalización. **Climatización** discontinua, para tiempos de actividad.

3.5. BLOQUE ADMINISTRATIVO.

Otro bloque es el de servicios administrativos (incluye informática, etc.). Puede ser independiente, pero próximo al núcleo principal. Se puede

desagregar independizando lo que no es el ámbito directivo y el resto unirlo al pabellón que se menciona a continuación (docente). **Climatización** diurna.

3.6. BLOQUE DE DOCENCIA, INVESTIGACIÓN Y OPERATIVO TÉCNICO.

Otro pabellón es el de docencia (salón de actos y aulas incluidas) e investigación y sede del operativo técnico (oficinas de mantenimiento, prevención de riesgos laborales, epidemiología, etc.). Los servicios técnicos, administrativos y de docencia pueden ir juntos, evitando una gran desagregación de pabellones, e incluso los despachos de médicos y técnicos que se precisen sin tener una función estrictamente asistencial. **Climatización** diurna.

En un esquema urbanístico general el “centro nodal” de un hospital es como un cuadrado u otro polígono cuyos lados están constituido por ingresos, urgencias, diagnóstico y tratamientos intervencionistas. Como todos estos pabellones requieren conexión puede ser una solución su disposición como dispositivo en estrella, con los edificios de ingreso en el nudo central y en las puntas los restantes edificios, de menor cubicación mencionados hasta ahora, pudiendo quedar al margen el pabellón de docencia/investigación y operativo técnico.

3.7. CENTRAL TÉRMICA Y DE ACONDICIONAMIENTO CLIMÁTICO.

Pabellón de maquinaria y dispositivo técnico. Aparte y conectado a nivel subterráneo con todos los demás.

3.8. CONSULTAS EXTERNAS Y REHABILITACIÓN.

El o los pabellón/es de **consultas externas** y **rehabilitación** forman cuerpo completamente aparte. Las consultas externas, si han de estar en el complejo urbanístico del hospital general, formarían edificios independientes, pero se ha considerado innecesaria la proximidad con los restantes, acaso justificable por la comodidad de los equipos médicos; pueden estar incluso a kilómetros de distancia, y en la más directa proximidad de las zonas

residenciales de la población, como parte de ellas. Se pueden localizar en el mismo medio urbanístico hospitalario, pero separadas, lo mismo que posiblemente también determinados espacios administrativos. La **climatización** en estos casos sería independiente y los intersticios entre plantas poco importantes.

TABLA V.139. Exigencias mínimas de climatización.

TIPO DE ÁMBITO		CONDICIONES
HOSPITALIZACIÓN	Aislamiento de fuentes aéreas (permanente)	Regulación estricta en presión negativa
	Aislamiento de fuentes aéreas (emergente)	Sin regulación especial, en 50% camas de medicina interna, con posibilidad de uso instantáneo en presión negativa
	Aislamiento protector estricto (TAMO)	Regulación estricta en presión positiva
	Aislamiento alternativo (UVIs, neonatología)	Regulación por zonas en presión positiva o negativa.
	Aislamiento protector (trasplantes, oncología, cirugía altamente invasiva)	Regulación en presión positiva
	Resto	Regulación estándar
ÁMBITO DIAGNÓSTICO		Regulación específica en área de microbiología o riesgo equivalente (bioseguridad). Resto sin regulación especial
ÁMBITO DE URGENCIAS		Regulación específica en zonas delimitadas ("triage" de infecciosos). Resto sin regulación especial.
ÁMBITO INTERVENCIONISTA		Regulación específica bajo presión positiva. Niveles diferenciados de renovaciones de aire (el más elevado en salas quirúrgicas)
ÁMBITO DE HOSTELERÍA		Regulaciones propias de dicho medio. Intensiva extracción localizada.
ÁMBITO ADMINISTRATIVO		Sin regulación especial.
ÁMBITO DE DOCENCIA, INVESTIGACIÓN Y OPERATIVO TÉCNICO		Sin regulación especial, salvo "salas blancas" (ubicadas en farmacia).
ÁMBITO DE MANTENIMIENTO TÉCNICO		Regulación básica (salud laboral)
CONSULTAS EXTERNAS / REHABILITACIÓN		Sin regulación especial en general.

Con las soluciones ofrecidas por la telemática y las tecnologías de la información, importa poco dónde se ubique una unidad de exploración radiológica si podemos enviar al instante la imagen al especialista que la pidió, o dónde hacen un análisis, si se tarda menos en obtener el resultado en pantalla que esperar a que remitan el informe. Se han desplegado en los últimos años y funcionan estas tecnologías, por lo que hay que compenetrarlas con la filosofía arquitectónica institucional.

V.7.C. UNA PROPUESTA DE MODELO ATENDIENDO A LAS CONDICIONES INTERIORES AMBIENTALES Y DE SOSTENIBILIDAD.

1. BOCETO GENERAL.

Se presenta el diseño de un hospital compuesto de varios bloques de ingresos y, además, no más de seis edificios independientes tipo pabellones, comunicados entre sí. Éstos se conciben como edificios de limitado número de niveles, a ser posible sin patios interiores, por lo se hacen de planta más bien rectangular o en forma de L o de U.

Las dimensiones de todos los edificios se calculan con la distribución sobre planos de un hospital moderno, dotado de espacios estimados como suficientes a la vista de su suficiente funcionamiento, para lo que se ha recurrido a una evaluación sobre plano de la nueva edificación del hospital estudiado. Se ordenan las zonas según sus funciones y se extrapola su extensión para un volumen estándar de referencia (nº de camas hospitalarias). No se incluyen inicialmente las necesidades de las zonas de comunicación internas (pasillos, etc.), por ser dependientes de la configuración total de la edificación, que no sería la misma. Estas otras necesidades se añaden luego a las superficies útiles atendiendo al número de plantas y la forma y distribución de cada edificio o pabellón. En cuanto a la forma, se conciben algunos espacios sin exigencias de apertura exterior, en pabellones de planta de forma cuadrada, circular o de polígono regular y sin patios interiores. Son de este tipo los bloques quirúrgicos y sus anexos, los almacenes, los archivos, y, en alguna medida, las lavanderías, cocinas y otros espacios de hostelería, las áreas de mantenimiento, los de algunos recursos administrativos, y algunos recintos de laboratorios y de medicina física. Los recintos de consultas externas, rehabilitación y las zonas de urgencias, pueden ubicarse en pabellones de planta rectangular o en forma de L, y en este caso, siendo ideal el acceso en el ángulo de la L.

Se prevé que los pabellones estén conectados por túneles, en los sótanos, y, sobre todo, pasarelas cubiertas en niveles elevados por encima de la planta principal. En algunos casos pueden estar incluso adosados entre sí, como el bloque quirúrgico con la torre de ingresos quirúrgicos o, por otra parte, el pabellón de hostelería y, de otra manera, todas las torres de ingresos, en estos casos, siendo suficiente que lo sea por la base.

El equipo más pesado, que es el de radiología y medicina física y los archivos, ha de situarse en las plantas más bajas dentro del correspondiente edificio.

Se adjunta un boceto simplificado del mencionado conjunto (véase **Anexo D**).

2. EDIFICIOS-PABELLONES DE PACIENTES INGRESADOS.

Estos bloques en su conjunto son los de mayor tamaño, a la vista de la desagregación ya descrita. Pueden tener formas de torres de altura modesta. En principio si nos remitimos a las unidades de enfermería existentes por nivel del nuevo hospital estudiado, y se “exteriorizan”, se componen cuatro torres de cuatro plantas, con 16 unidades estándar de enfermería en total. Pueden admitirse más alturas dentro de la moderación y siempre contando con un posible crecimiento en altura o, al ser exteriores, lateralizado.

A cada planta de cada torre (llamémoslo así) le corresponde una unidad de enfermería. Todas se han conectado por un eje común de comunicaciones verticales para permitir el paso entre plantas sin recurrir a largos trayectos de subida y bajada. La forma mostrada de la sección de cada torre es un cuadrado, pero al no vernos obligados por la situación dentro de un envolvente conjunto, se puede configurar según interese, dadas las condiciones constructivas de la unidad de enfermería modelo que corresponde a la planta. Ensayadas otras formas, se puede elegir la del pentágono, que responde más a la idea del panóptico, por su accesibilidad a todas las habitaciones, pero se produce un dificultoso encaje con el eje de comunicaciones común, aunque

puede tratarse de cualquier otra forma regular o irregular. Al fin se optó por la planta cuadrada o levemente rectangular de cuatro torres interconectadas en sus accesos, como fórmula más sencilla y menos exigente de espacio.

Se dimensiona el volumen total constructivo de cada torre, teniendo en cuenta algunas diferenciaciones mínimas entre especialidades:

- quirúrgicas
- médicas, para adultos,
- especialidades pediátricas y obstétricas.

No se compromete a una altura igual de las torres ni la estricta dedicación de cada una a cada uno de estos departamentos asistenciales. Los edificios/torres pueden tener diferentes alturas, pero se propuso tuviesen diferenciados regímenes de ventilación y aclimatación, sin que necesariamente alcanzasen a todas las plantas por igual, y según estos criterios:

- Las **especialidades quirúrgicas** deben disponer de sistema de acondicionamiento del aire con presión ligeramente positiva en las habitaciones. Esta presión puede obtenerse con el sistema compartido del bloque quirúrgico, que sí es obligado el que deba estar íntegramente presurizado con presión positiva.
- Las **especialidades médicas** dispondrán del 40% de camas. Se pueden incluir en 10 unidades de enfermería, distribuidas en una torre de 8 plantas o en dos de 4. Lo que importa es la asociación por especialidades y su dimensionamiento para delimitar o compartir unidades de enfermería entre éstas. Según los cálculos realizados, para un hospital de 1000 camas se dispondría de 320 para medicina interna, que incluye una unidad propiamente dicha de infecciosos, aparte TAMO y oncología, aquélla y éstas con exigencias de tipo ambiental bien diferenciadas. Deben tener las habitaciones bajo presurización negativa en algunas habitaciones de la planta donde ingresar infecciosos respiratorios (la o las dedicadas al o los servicios de infectología y de aparato respiratorio) y con posibilidad de ampliar este modelo de acondicionamiento progresivamente a otras plantas. Algunas

especialidades (hematología, oncología, trasplantados) requieren el régimen inverso al anterior, o sea, con presión positiva. En síntesis, en el departamento de medicina interna hay ámbitos de acondicionamiento contrapuesto (que no han de coincidir en la misma planta):

- Algunas habitaciones de **hematología y oncología**, con presión positiva. Entre ellas las de trasplantados de médula ósea, que requieren estrictas condiciones de ambiente protector, incluso con pasillo periférico no abierto a las habitaciones para circulación de visitas.
 - Otra zona de pacientes de **neumología/aparato respiratorio** se debe destinar a enfermos con infecciones respiratorias y aislamiento aéreo. El departamento médico incluye un servicio de enfermos infecciosos o bien se ingresa una buena proporción de los mismos en el servicio de medicina interna y tiene dispersados otros en otros servicios (digestivo, respiratorio, etc.). De entre todos estos enfermos infecciosos solo una pequeña proporción presentan riesgo de propagación por el aire a distancia. O sea, que de forma regular basta un 10% de camas para mantener un aislamiento de tipo aéreo.
 - Las restantes camas (el 30% de todo el hospital) no precisan en **condiciones habituales** de uso ningún tipo de aislamiento, pero puede requerirse en **condiciones epidémicas excepcionales**, producidas por virus respiratorios de expansión epidémica, un riesgo percibido con cierta frecuencia en los últimos años. Esto aconseja que aunque regularmente no se mantenga un acondicionamiento especial de esas camas, se tenga preparada la infraestructura para su puntual puesta en marcha. Algún autor da cuenta de habitaciones de aislamiento para usar con régimen alternativo de presión positiva o negativa (86, *Cacciari et al, 2004*).
- **Pediatría y obstetricia** deben tener presión neutra (en obstetricia) o bien positiva, con la opción de inversión la presión del aire en pediatría, y es que el enfermo pediátrico, si está infectado y requiere una presión negativa, no es de fácil acomodo en otra planta que disponga de ella.

- **Cuidados intensivos.** Requiere un dispositivo muy controlado y mixto, ya que son frecuentes las infecciones de estos pacientes, y, por otra parte, llegan al mismo enfermos graves inmunodeficientes, lo que obliga a una peculiar autonomía espacial y a unas flexibles condiciones de sectorialización interna. Su ubicación admite en el modelo expuesto varias alternativas, desde la incorporación a las torres de cualquiera de las otras especialidades, a compartir una de ellas con el bloque quirúrgico. Una unidad especial de asistencia intensiva bajo riguroso ambiente protector y uso muy variable es la de grandes quemados.
- **Psiquiatría de agudos.** Lo hemos estimado dentro del ámbito de la medicina no instrumental (medicina) de adultos. En un hospital de 1000 camas puede destinarse una planta de hospitalización, sin requisitos de acondicionamiento especial.

3. UNIDADES DE ENFERMERÍA.

Se han estimado sus dimensiones en relación a la intensificación de la asistencia. Teóricamente el entorno instrumental **de una cama de paciente médico es relativamente menos riguroso** que el de uno quirúrgico, pero este supuesto ha quedado bastante matizado en los resultados estadísticos de este trabajo. Pueden calcularse unas 40 camas por unidad de enfermería, en habitaciones individuales, la mayoría sin necesidad de acompañante. El **modelo de planta estándar** al que se pretende aproximar es que lo que los clásicos llamaron panóptico: un punto de control de enfermería desde el que se accede de la mejor manera posible a las camas, con la diferencia de que éstas no están reunidas en una sola sala, sino en habitaciones independientes. La accesibilidad traduce la antigua idea de visualización directa. Se ha buscado la exteriorización del total de las habitaciones de enfermos. En un **corte transversal de la Unidad de Enfermería propugnada como ideal**, carecería de patios, pero esto solo es posible en dependencia del número total de recintos en relación a la superficie de la planta. De incorporar patios, serían para dar luz a recintos centrales, que serían los puntos de trabajo y se

mantendrían las habitaciones de los pacientes exteriores y periféricas. Los recintos son de estos tipos:

- Habitaciones, entre 32 y 40, en general individuales y con servicio propio (compuesto de retrete, lavacuñas/bidé, lavamanos).
- Control de enfermería y cuartos anexos.
- Accesos y zonas de estar/reunión de pacientes levantados.
- Zonas de despachos médicos.

La relación mutua entre estos espacios es:

- Todas las habitaciones deben admitir la mayor accesibilidad desde un punto concreto y central que es el Control de Enfermería que hoy día es también central de alarmas y comunicaciones profesionales.
- El control de enfermería debe de disponer de cuartos anexos para apoyo (almacenes, botiquines, etc.), cerca del mostrador de control pero no visible desde los pasillos. Si el pabellón es muy alto, esa zona conecta con montacargas accesorio para usos restringidos.
- El resto de los recintos (despachos, estar común de pacientes) no disponen de ninguna especificación y su ubicación es dependiente de las otras ubicaciones. La Unidad debe disponer de servicios sanitarios generales para hombres y mujeres. Además se necesitan unos tres despachos de tamaño medio.
- Debe de haber acceso de corto recorrido a dos o más ascensores de gran tamaño, en el eje de comunicaciones ya mencionado.
- Todas las zonas por donde transiten enfermos deben permitir el paso de camas hospitalarias (al menos 1,20m de anchura), y los pasillos permitir el giro de camas de 1x2,20m.

En dos muestras gráficas simplificadas se trasladan estos conceptos (véase **Anexos**).

4. LA HABITACIÓN MODELO.

La habitación modelo que se diseñó es para una cama hospitalaria, por varias razones:

a) Intimidad: rechazo a compartir de forma constante una habitación entre extraños, en un estado de indefensión y debilidad y expuestos a la exhibición de comportamientos íntimos.

b) Evitar el compromiso higiénico, como es el compartir los sanitarios y la posibilidad de aparición de infecciones nosocomiales en cualquier ámbito asistencial.

c) Limitada repercusión económica. Se supone que el mantenimiento (y la construcción) de habitaciones individuales, es más caro que la de las compartidas.

Pero los principales **costes de mantenimiento del régimen hospitalario** son de personal y éste se vincula a **pacientes atendidos e intensidad de la asistencia, no en dependencia a como situamos a los pacientes**. El enfermo en habitación única o compartida cuesta lo mismo en cuanto a la asistencia médica, farmacéutica o diagnóstica, los cuidados de lavandería y la manutención y hostelería. Los costes de instalación dependen del coste del espacio. Estudiadas sobre plano alternativas ensayadas se ha encontrado escasa diferencia entre el que ocupa una habitación grande o dos más pequeñas, lo cual está en ambos casos condicionado más bien por la duplicación del acceso y huecos (ventanas) y servicios sanitarios. El mantenimiento puede mostrar diferencias cifradas en gastos energéticos y de desplazamiento de personal, que también son abordables en la racionalización del diseño, como se reflexiona en este trabajo. d) Por otra parte, la habitación de uso individual ofrece una rentabilidad mayor cara a la ocupación hospitalaria, al hacer innecesario tener que alojar juntos personas del mismo sexo o incluso condición clínica, lo cual constituye una limitación.

Una estimable razón para compartir habitación es la preferencia de algunos pacientes de tener compañía (estaría por ver si la otra parte participa de este interés). Algunos, según su estado mental, así pretenden obtener apoyo y mantener una socialización básica. La habitación individual que aquí se ha diseñado también lo puede permitir, pues teniendo forma rectangular, una pared sería colindante con la de otra habitación adyacente, y se puede habilitar (si no hay sujeción a algún aislamiento higiénico) que dicha separación

en parte esté constituida por un panel móvil que permita la comunicación entre ambos recintos. Se trataría de rotar el cabecero para situar la cama frente al panel móvil. En el diseño al que se ha llegado y con el empleo de los materiales y técnicas constructivas actuales es fácilmente realizable.

Hechas estas consideraciones, se propusieron estas características de las habitaciones:

- La mayoría son individuales.
- Disponen de aseo propio. La ducha puede ser compartida por dos habitaciones, con entradas independientes y cierre de la otra cuando una se haya abierto. La ducha debe disponer de asiento abatible y perforado. Las proyecciones de agua, múltiples.
- Armario.
- Disponer de ventana propia.
- Cubicación suficiente, pero no innecesariamente dispendiosa, en aras a la sostenibilidad, dados los costes de acondicionamiento de los volúmenes aéreos.
- En cuanto a su habitabilidad se han concebido dos tipos, con y sin acompañante.
- Posibilidad de disponer de tabiquería transparente con visibilidad desde el pasillo de acceso, aunque pueda ser ocultada (por paneles, estores, persianas venecianas, etc.). La zona selectivamente transparente puede ser la misma puerta de la habitación, de marco reforzado.

No todas las habitaciones de cualquier Unidad de Enfermería son iguales a las demás, pero sí cabe describir una serie de modelos según pacientes y, además, desarrollarlos a partir de tipos básicos. Se diseñaron estos tipos concretos:

- Habitación estándar, que es el prototipo de partida, provista de paneles aislantes para reforzar el aislamiento (acústico, visual, etc.).
- Habitación estándar con posibilidades para acompañamiento de apoyo. Como la anterior, un poco más espaciosa, con un armario que encierra una tumbona abatible. Se estiman más necesarias en

plantas quirúrgicas (con menos habitaciones por unidad de enfermería).

- Habitación de psiquiátricos (paneles de visibilidad unidireccional y, por supuesto, sin acompañantes).
- Habitación de cuidados intensivos y de reanimación (tipo boxes y con pasillos periféricos de visitas) y las zonas de UVI de trasplantados (amplias, pero con pasillos periféricos de visita),
- Habitación para aislamiento por infecciones de transmisión aérea, con esclusa (AIIR, según modelo descrito en la introducción).
- Habitación para ambiente protector, con esclusa (PE, según modelo descrito en la introducción).
- Habitación de maternidad con nido (recién nacido).
- Habitación pediátrica/neonatología.
- Habitación pediátrica no-lactantes.

En plano del Anexo D se muestran las variantes más usuales, de diseño propio.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS GENERAL

Y

COMENTARIOS

VI. ANÁLISIS GENERAL Y COMENTARIOS.

Los resultados de este estudio sobre IAQ son múltiples y, como se ha podido apreciar, muestran una gran diversidad vistos en detalle, obligando a considerarlos en cuanto a su significación con una perspectiva general y dentro de su contexto científico y técnico, con el objeto de evidenciar las aportaciones originales de la investigación, exigencia contenida en la normativa sobre Tesis Doctorales, con la mayor claridad posible y de la forma más substancial.

En lo concerniente al **contexto científico y técnico** la tesis toma como campo de estudio los hospitales y pretende ser aplicativa a las características constructivas e instalaciones de estos complejos edificios. En una aproximación previa a las mismas, se ha constatado que el hospital como estructura física ha tenido que ir evolucionando conforme a una serie de requisitos que antes y ahora han derivado de su cometido social y, posteriormente de los conocimientos y aplicaciones tecnológicas de la asistencia médica especializada. Por lo tanto, en este estudio se ha partido de la idea de concebir su instalación con un sentido primordialmente funcional, a fin de alcanzar las condiciones de IAQ requeridas en diversas zonas hospitalarias, algunas de ellas consideradas como críticas.

Si se ha de atender a esas funciones, el previo repaso histórico nos ha mostrado el evidente cambio que ha habido con el paso del tiempo y la constante implicación con la aparición de enfermedades infecciosas, o sea, la implicación higiénica subyacente. Por eso las cualidades de su medio interno cobran una muy significativa importancia.

Si bien la estructura física de los hospitales ha ido evolucionando en los últimos tiempos con arreglo a los avances de la asistencia médica, esta orientación primordialmente funcional no siempre fue la decisiva y hoy día aún podemos percibir que otras influencias ancestrales gravitan sobre la configuración de los hospitales heredados de tiempos pasados. Los hospitales habían nacido de la noción religiosa de caridad, como forma de dar cobijo y

cuidado al que se encontraba en una situación física precaria. Por ello primero aparecieron las enfermerías anexas a las construcciones monásticas medievales y, mientras, algunos tipos de enfermos que se consideraban contagiosos en alto grado eran recludos en edificaciones apartadas: los lazaretos de los enfermos de lepra. No obstante, los hospitales, desde su efectiva aparición a partir del siglo IV dC, se han tenido que enfrentar al problema de **incorporar dentro de un mismo espacio tanto a pacientes supuestamente contagiosos como a otros, debilitados y presa fácil del contagio**. Como construcción civil empiezan a cobrar relieve en el Occidente Europeo a partir de la época del Renacimiento. Aunque por entonces lo que más se suele realizar es la prestancia del edificio (hospital palaciego), por dentro se suelen componer de salas comunes, solo diferenciadas en razón del sexo de sus ocupantes, y de muy escasos recintos anexos, los más de contenido religioso. Si se hace alguna intervención quirúrgica se hace en la misma sala de los pacientes ingresados.

En la época de la Ilustración continúan con ese mismo estilo de gran empaque arquitectónico, pero de forma generalizada con un hacinamiento interior que hacía frecuente que ocuparan dos o más enfermos una misma cama. El espacio interior, sin embargo, era generoso en altura y con amplios ventanales, y se inicia la construcción en pabellones separados, dada la aceptación generalizada de la teoría miasmática, según la cual el aire pútrido transportaba unos agentes, las miasmas, que era la causa de la propagación de las infecciones, aunque allí fuese frecuente contraerlas; la mitad de las elementales intervenciones quirúrgicas se seguían de infecciones purulentas en la parte del cuerpo operada. Por otra parte, se iba fundamentando científicamente el que pacientes portadores de diversas infecciones pudiesen contagiar a otros no necesariamente quirúrgicos. Con una visión epidemiológica, Florence Nightingale, a mediados del siglo XIX opta por situar a los diferentes tipos de enfermos en recintos diferenciados para infecciosos y no infecciosos, reforzando la disposición en pabellones. La calidad del aire interior estaba bien presente en su punto de mira de las infecciones hospitalarias. En los hospitales de pabellones, que se mantuvieron hasta el siglo XX no era raro que alguno de ellos fuese precisamente “de infecciosos”.

Incluso con las importantes endemias, como la de la tuberculosis, algunos hospitales serán únicamente para infecciosos.

La explicación del contagio entre pacientes no partía más que de supuestos y no es posible una elaboración científica hasta finales de siglo XIX, en que se descubren los microbios como causa de las infecciones, entre ellas las quirúrgicas. Como se considera que el paciente especialmente susceptible de contraer alguna infección era el quirúrgico, en coincidencia con este avance científico aparece un nuevo escenario en el hospital: el quirófano como sala aislada para operar evitando la presencia de tales microbios. Junto a otras muchas innovaciones durante un tiempo se intenta desinfectar el aire mientras se realiza la intervención quirúrgica (con vapores de ácido fénico). El ámbito quirúrgico se configura como **sala quirúrgica**, y dentro de ella cobra protagonismo la forma de circular el aire (110, *Chen et al, 1992*; 111, *Chen et al, 2009*).

Posteriormente queda relegado el papel del aire como transmisor de gérmenes, a expensas del otorgado al contacto, particularmente con los instrumentos, las manos y demás elementos que incidían sobre el campo obstétrico y el quirúrgico. Es cuando aparece otro modelo de hospital, a partir de los años 30 del siglo XX, de tipo **vertical** y con habitaciones en vez de salas comunes para los enfermos, pensando que está dominada la propagación aérea intrahospitalaria. La infección intrahospitalaria, que se había rebajado a mínimos que parecían irreductibles, se imputaba especialmente al contacto directo del paciente con los diversos medios de transmisión. Por otra parte, la instalación de **sistemas de acondicionamiento de aire** solucionaba el barrido de gérmenes que hubieran permanecido residualmente en el medio interno. El ingreso de enfermos portadores de infecciones de alta transmisibilidad y virulencia se abordaría luego tipificando formas de aislamiento y precauciones para que los mismos no se constituyesen en fuente de infección desde su ubicación.

Así ya se definen dos específicas zonas de aislamiento: el que se precisa en las salas operatorias para evitar la infección en el paciente

quirúrgico y el que se precisa para evitar el contagio de un paciente infeccioso a otros. Un gran salto cualitativo se produce cuando el paciente, sin necesidad de ser operado está ingresado porque tiene un defecto de su estado inmunitario (prematuros, etc.) o el tratamiento que se le aplica le deja en ese estado de indefensión (radioterapia, quimioterapia). Unos y otros casos requieren especiales lugares de aislamiento, pero bien diferentes entre sí. El aislamiento de fuentes infecciosas dentro del hospital acabará por ser protocolarizado según tipologías dependientes del mecanismo de transmisión de la infección y aparece el diseño de la habitación de aislamiento de infecciones de transmisión aérea (314, Siegel et al, 2007). El aislamiento protector tiene un sentido inverso ya que se trata de que no contraigan infecciones los pacientes que tienen disminuidas sus defensas orgánicas frente a ellas. El escenario donde se han de instaurar las medidas protectoras, puede ser de permanencia transitoria (quirófanos) o de las habitaciones donde ingresa el paciente: unidades de trasplantados, de cuidados intensivos, de neonatología, de quemados extensos, etc.

Para unas y otras situaciones se han ido habilitando soluciones arquitectónicas y técnicas diferenciadas. Para ello ha habido que contar con una doble faceta del problema a resolver: por una parte, las exigencias de las ciencias médicas y, por otra, las posibilidades técnicas de la ingeniería y edificación. Los retos de las nuevas técnicas sanitarias parten de la aplicación de terapias cada vez más resolutivas, pero también más potencialmente agresivas a aplicar. Las respuestas han los sistemas avanzados de esterilización y, también, el control ambiental a través del diseño de las zonas y del tratamiento del aire. Unas y otras soluciones se configuran de forma diferente, para lograr el aislamiento protector, según se trate de bloques operatorios o de unidades de hospitalización. El grado de necesidades para los pacientes también es diferente. Si bien se podrían establecer para todos los ingresados en un hospital de forma igual y con arreglo a las máximas exigencias, el alto coste de su establecimiento y mantenimiento y los impedimentos reales que conllevan, hacen que se apliquen de forma selectiva, con arreglo a un criterio general de diferenciación en “zonas críticas”, en que se introducen las mayores exigencias, y “no críticas” en que no se llegan a ellas,

por no parecer necesarias; en la última terminología propuesta en el seno de AENOR se habla de “zonas controladas” y de las que no lo son (131, Domínguez, 2009; 343, Vidal, 2010).

Las condiciones del medio donde situar a los pacientes, nos aproximan a los **conceptos de IEQ (Indoor Environmental Quality) o IAQ (Indoor Air Quality)**, en éste caso limitado al aire, especialmente de las áreas hospitalarias de carácter crítico. La investigación sobre IAQ tomó inicial impulso en relación a las personas sanas **en el ámbito laboral y en el residencial en general**. El riesgo del medio laboral, mayor por la exposición a condiciones físicas y contaminantes en la actividad industrial, constituyó la base fundamental de la higiene en el trabajo. Luego la IAQ se sumó, como capítulo importante, a las condiciones termohigrométricas que son parte esencial de la ergonomía ambiental (mejora del bienestar). En los años 70 del siglo XX, la crisis económica derivó en la implantación de modos de **ahorro energético en las edificaciones**, recurriendo a los diseños de edificios cerrados, y entonces la patología debida al ambiente interior alcanzó, con mayor sutileza, a los empleados de oficinas y sector de servicios (77, Bluysen y Cox, 2002), a lo que se imputó la aparición del “**síndrome del edificio enfermo**”. En el ámbito hospitalario asimismo se declararon problemas de este tipo (201, Kelland, 1992). Desde entonces la **literatura científica sobre IAQ** se ha hecho abundante con el propósito de evaluar el problema (112, Cheong y Chong, 2001), con publicaciones especializadas (Indoor Air Quality, Energy and Building).

Aunque todas sean zonas críticas, hay claras diferencias de diseño y uso entre las operatorias y de las de hospitalización. En cuanto a las zonas operatorias, han ido evolucionando según tres etapas. Primero se fue sacando de la sala quirúrgica todo utillaje necesario para la preparación del material y creando una unidad de preparación, la central de esterilización, físicamente separada pero funcionalmente dependiente. Si en un hospital hubiese varios quirófanos, una misma central aprovisiona a todos ellos; en este caso, solo las limitaciones de espacio suficiente en una sola localización harían que no se reuniesen todos ellos en una misma ubicación espacial, lo cual se consideraba

más funcional y, aunque no siempre se conseguía, la situación ideal. A todas las intervenciones se las consideraba con un equivalente nivel de riesgo. Posteriormente se fue concibiendo la necesidad de quirófanos especiales, para prácticas quirúrgicas específicas, de diferente instrumentación o diferente previsión (urgencias) o de especial riesgo (trasplantes). Finalmente con miras a la rentabilización del uso y a la previsible complejidad técnica se ha vuelto a la idea de crear un único bloque quirúrgico en que se sitúa toda la actividad quirúrgica y preparatoria en un mismo entorno, incluso en un mismo nivel para mayor movilización de recursos que son semejantes. Con lo cual la idea del bloque quirúrgico que ampara toda la actividad quirúrgica vuelve a ser la idea predominante del diseño. La calidad del aire en los quirófanos se ha estudiado por varios autores (295, *San José et al, 1999*; 237, *Mora et al, 2001*), entre ellos el grupo de Balaras y Daskalaki (60, *Balaras et al, 2007*; 124, *Daskalaki et al, 2008*)

Otro enfoque bien diferente es el de la hospitalización en áreas críticas, dado que se pueden concretar diversos tipos de pacientes críticos con exigencias propias que en absoluto admiten asistencias mezcladas. Este tipo de asistencia, a diferencia de la quirúrgica solo es admisible en hospitales grandes con servicios altamente cualificados. Se han ensayado sistemas que permitan emplear unas mismas habitaciones en régimen alternativo de presión positiva o negativa (87, *Cacciari et al, 2004*).

En cuanto a las **aportaciones bibliográficas** el grueso de la documentación producida se puede ordenar en varios bloques de información: la de tipo clínico-epidemiológico, la evaluativa sobre la calidad del medio interno y la normativa sobre recomendaciones e instrucciones a aplicar. Aportan indicaciones técnicas la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) y el American Institute of Architects (AIA), ambas entidades norteamericanas, y las Normas UNE y Europeas, con sus equivalentes ISO. La ASHRAE, entre otras aportaciones, elaboró el ANSI/ASHRAE Standard 62-2001 (49, *ASHRAE, 2001*), o la versión de 2004, sobre ventilación (53, *ASHRAE, 2004*), o la 170-2008, sobre ventilación de los centros sanitarios (56, *ASHRAE, 2008*). De ellas y otras varias existen

sucesivas versiones producto de la constante actualización. La serie de Normas UNE EN ISO 14644 (18, AENOR, 2000) trata sobre salas limpias y locales anexos. La Norma UNE EN 13779 (16, AENOR, 2008) se refiere a ventilación de edificios no residenciales. La Norma UNE 100012, de AENOR (15, AENOR, 2005), a la higienización de los sistemas de ventilación y acondicionamiento de aire. Cuando se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio (273, RD 1027/2007, 2007; 284, RITE 2007, 2008), buena parte de ellas pasan a constituir parte del ordenamiento legal. En el RITE se categoriza la calidad del aire interior (IDA) y el del hospital pasa a ser de óptima calidad (IDA 1), lo cual refuerza la importancia de la IAQ de este marco físico. En tanto, asimismo la Organización Mundial de la Salud también se preocupa por la calidad del aire del entorno humano (346-355, WHO).

En el **medio hospitalario**, con el enfoque primordial de la prevención de la infección nosocomial, destaca la atención prestada a la ventilación de los quirófanos (113, Clivegesa-Sacyl, 2007). La AIA publicó guías sobre la construcción de hospitales en 2001 (35, AIA, 2001) y 2006 (36, AIA, 2006). La Norma UNE 100713:2005 de AENOR (14, AENOR, 2005), clasifica los recintos hospitalarios en cuanto a las exigencias del aire interior impulsado, en dos grupos. Son del grupo 1 (requerimiento de mayor calidad), entre otros, todos los quirófanos, con sus zonas anexas, los paritorios, las salas de exploraciones invasivas, y las habitaciones de los pacientes de cuidados intensivos. Otras **normas procedentes de los diversos medios científico-técnicos** hasta cierto punto se hacen aplicativas con criterio de medidas precautorias, como las de ASHRAE (51, ASHRAE, 2003; 56, ASHRAE, 2008). Últimamente se introduce por parte de AENOR la vigilancia de las llamadas “áreas controladas” con nueva normativa. (343, Vidal, 2010).

Las **guías sanitarias** se focalizan hacia la prevención para que los pacientes infectados no transmitan su infección a personas no infectadas y para que los pacientes especialmente susceptibles no contraigan una infección por agentes que serían inocuos para personas sanas. En el ámbito internacional, disponen de gran predicamento las Recomendaciones emitidas

por CDC (Estados Unidos), entre ellas las emitidas con el Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC), del Departamento de Salud Norteamericano (105, CDC, 2003; 306, *Sehulster et al*, 2003). Asimismo dispone de Guía Práctica la OMS (356, WHO, 2004). Sobre la transmisión aérea en la zona asistencial ya era clásica la preocupación por la transmisión de la tuberculosis (103, CDC, 1994; 107, CDC, 2005). Prácticamente todos los Estados desarrollados han adoptado recomendaciones sanitarias. En el español, el INSALUD, después de la Circular 6/90, en 1996 editó una “Guía práctica para el diseño y mantenimiento de la climatización en quirófanos” (189, INSALUD, 1996). El Grupo de Trabajo de la Sociedad Española de Medicina Preventiva, Salud Pública e Higiene y el INSALUD hacia 2000 difundió unas “Recomendaciones para la verificación de la bioseguridad ambiental (BSA) respecto a hongos oportunistas” (175, SEMPSPH, 1999) y para hospitales en obras (176, SEMPSPH, 2000). Si se revisa la bibliografía posterior, a lo largo de tan solo una década, se puede calificar esta iniciativa casi de pionera y con grandes perspectivas de desarrollo, en orden al tratamiento del aire de las ubicaciones de los pacientes “críticos”. Como aspecto singular a la par cobró protagonismo la transmisión de la legionelosis, incluso dentro de los hospitales, a través de las gotas de agua dispersas en el aire (233, *Mº de Sanidad*, 1999).

Visto el contexto general de la materia, conviene ocuparse del **objeto del estudio**. Se han comparado dos edificios hospitalarios en cuanto a las condiciones ambientales de las zonas más “delicadas” que hemos denominado “críticas” en razón de los posibles riesgos que conlleva la presencia de personas en ellas. La perspectiva puede ser múltiple según sea el tipo de personas expuestas, tales que trabajadores, clientes (usuarios, en definitiva enfermos) o visitantes. Según sea la condición de estos colectivos humanos cobran mayor interés unos u otros indicadores o referentes. Sin dejar de lado a los demás y habiendo establecido un orden de prioridades, se han planteado como preferentes los que evalúan los riesgos de los pacientes. Dos son, básicamente, los encuadres en los que son considerados, las normas asumidas en el RITE, que se han adaptado a los hospitales, concretamente la Norma UNE EN 100713, y las recomendaciones dadas por expertos en relación al control de la contaminación biológica. El primer plano normativo se

focaliza hacia lo que son las condiciones físicas del aire interior y hace alusión a múltiples recintos, críticos o no, del hospital. El otro plano normativo dentro de todo el espectro microbiano, elige como indicador, por razones clínicas y ecológicas, determinados tipos de microbios, los hongos esporulados y, en especial, el *Aspergillus*. Las proyecciones del estudio podían ser otras, aunque ya escogidas esas prioridades, no se han desatendido otros parámetros físico-químicos; se han visto con menor detenimiento los indicadores de satisfacción termoclimática (PVM, PPI), y se descartaron otros, como los TLVs o los VLAs, que son referentes de riesgo laboral. En un caso el mejor confort queda supeditado a las extremas condiciones en que se realiza el trabajo en los hospitales y en el otro no parecen objeto de evaluación riesgos tóxicos o cancerígenos que ya serían intolerables para los trabajadores de la industria, tanto más para pacientes en estado de mayor susceptibilidad.

El estudio se ha hecho en doble sentido, con pretensiones de simultaneidad en ambos edificios y en algún contenido con formato evolutivo, en este caso limitado al indicador de registro más habitual y sistemático que es la presencia de hongos esporulados en el aire. Otras limitaciones vienen dadas por los imperativos de la realidad sobre la que se ha trabajado: tratándose de edificios con igual misión asistencial y que se quisieron evaluar en parecido tipo de actividad, el estudio en un tiempo no pudo aproximarse más que por su realización en una misma época del año; al ser uno de reciente construcción el registro a lo largo del tiempo no pudo prolongarse más allá de un tiempo en que admita cierta vigencia el conjunto de datos que ha servido para extraer las conclusiones.

A continuación se ofrece una **valoración sintética de los resultados**, en principio comparando los datos obtenidos de los dos hospitales. En primer lugar disponemos de los de los parámetros termohigrométricos que son los que especialmente definen el confort ambiental. Lo que más destaca en los dos edificios es la baja humedad relativa, de forma generalizada, con una media que escasamente sobrepasa el 25%, bastante alejada de lo marcado por la Norma UNE 100713, que indica entre el 45 y 55%. En la UVI del nuevo edificio es donde esta distancia es más acusada. Sin embargo, las temperaturas se

encuentran en general dentro de márgenes más adecuados. Si se puede señalar alguna diferencia más característica, en los quirófanos y en la Unidad de TOH del nuevo hospital se puede constatar una temperatura operativa visiblemente más baja. Por lo general se sitúa dentro de lo que establece la Norma UNE EN ISO 7730. La velocidad del aire, suele estar dentro de límites aceptables, generalmente por debajo de 0,15m/s. Este parámetro y las corrientes de aire, son más elevadas en las nuevas salas quirúrgicas.

Tres son los contaminantes químicos objeto de estudio. El monóxido de carbono está en valores menores en el nuevo hospital en quirófano y en la Unidad de TAMO y en concentración mayor en las Unidades de TOH y UVI. La diferencia es relativamente escasa, a pesar de que las pruebas estadísticas ofrecen una alta significación estadística. En general, en cualquiera de los casos casi se alcanza o se supera algo el valor máximo admisible de 3ppm, que había señalado la Norma ASHRAE 62-1989R. Algo parecido, que se puede conceptuar de diferencia conjunta irrelevante, ocurre con el dióxido de carbono. Los compuestos orgánicos volátiles, que no se detectaron en el antiguo edificio, están presentes en todas las estancias del nuevo en cantidades variables, generalmente bajas. Curiosamente en la curva de aparición siempre se inicia una concentración más alta que posteriormente cae hasta estabilizarse. Su aparición es bastante explicable por las emanaciones de materiales, sobre todo de recubrimientos y equipos, de reciente aplicación o instalación.

Otro tipo de contaminante, las partículas de diversos tamaños, se han estudiado desde una doble perspectiva, los tramos de 0,3, 0,5, 1 y 5 micras, dentro del espectro considerado para salas "blancas" por la Norma UNE EN ISO 14644-1, y lo que esta misma norma considera macropartículas, en tamaños de 10 y 25 micras. Las salas estudiadas no se pueden conceptuar como salas blancas, aunque en las propuestas de Normas, más recientes, se recomienda que los quirófanos se remitan a dichas referencias, en condiciones especiales de muestreo. Contemplados los tramos tanto de partículas como de macropartículas, los quirófanos del nuevo hospital quedarían mejor clasificados. Pero en principio unos y otros distan de situarse en un nivel ISO 6

ó 7, según los datos del muestreo realizado, pero también es verdad que tampoco el mismo se efectuó conforme al principio de estar “en reposo”, sino en plena actividad real o simulada, ya que el objeto de este estudio era establecer comparaciones en condiciones parecidas. Respecto a otras salas la UVI del nuevo hospital también estaba en mejores condiciones, pero no así las Unidades de TOH y TAMO. Como elemento añadido de comparación en el nuevo hospital se realizaron muestreos en las salas de preparación estéril en farmacia y se pudo apreciar que en ellas las condiciones no eran más favorables, lo que no obstaba para encontrar que en las cabinas de flujo laminar el nivel alcanzado llegase a un nivel ISO 5. Sobre el nuevo edificio puede pesar el hecho de la remoción de partículas, de depósito imperceptible, y existentes por tratarse de una obra reciente.

La concentración de macropartículas se intentó relacionar con la presencia o ausencia de esporas de hongos, sin demostrarse esta relación, como ya habían encontrado otros autores. La carga de partículas es dependiente de la filtración del aire introducido en las salas (124, Curtis, 2007). Los microorganismos son partículas vivas y las partículas de mayor tamaño podrían ser precisamente esporas de los hongos que se han intentado detectar, por lo que cabía comparar la concentración de las partículas de mayor tamaño y la de las esporas de los hongos utilizados como indicativos de riesgo biológico. Ya algún autor (207, Landrin et al, 2005) había observado que no existe obligatoriamente ninguna relación entre el número de partículas y el número de microorganismos en el aire, como se demuestra estadísticamente mediante la aplicación de la Curva de Roc (Receiver Operating Characteristic), que es la representación global de la exactitud diagnóstica, y que se expresa como sensibilidad y especificidad, cuando se utilizan pruebas dicotómicas (una cuyos resultados se pueden interpretar directamente como positivos o negativos). La sensibilidad es la probabilidad de clasificar correctamente como fracción de verdaderos positivos. La especificidad es la probabilidad de clasificar correctamente como fracción de falsos positivos. Ningún valor de contaje de partículas es predictivo de una contaminación microbiana $>5\text{UFC}/\text{m}^3$. En este estudio tampoco se ha podido decidir sobre la

correspondencia entre datos de muestreos, aunque la lógica reclamase algún grado de correlación.

A continuación se puede anticipar la mejora sensible de los resultados del nuevo hospital respecto al antiguo, en cuanto a eficacia de ventilación y en cuanto a contaminación microbiana específica por hongos llamados “oportunistas”. La eficacia de ventilación forma parte del estudio sobre ventilación, que abarca este parámetro, el del caudal de ventilación y renovaciones de aire por hora y diferencias de presión. La eficacia de ventilación en el antiguo hospital se comporta desigualmente, pero dentro de promedios bajos y en algunos tipos de salas escasamente supera el valor 0,6, tal que en quirófanos y unidades de TOH y UVI. Sin embargo, en el nuevo hospital supera con holgura el valor 0,9 en todas las unidades estudiadas. Los caudales de aire son dependientes del área ajustada de las entradas de aire, generalmente difusores rotacionales, sobre todo en el nuevo hospital, y de la velocidad de paso de aire por ellos. Los quirófanos del antiguo hospital tienen como peculiaridad la entrada de aire por rejilla y, sin que por ello se pudiese allí alcanzar una satisfactoria eficacia de ventilación, con caudales de más de 2000m³/hora, se disponía de más de 20 renovaciones de aire por hora. Sin embargo, en el nuevo hospital, con alta eficacia de ventilación y cuatro difusores rotacionales, hay que imprimir una mayor velocidad de paso para que ese sea el número de renovaciones de aire. En el resto de las salas los resultados encontrados mostraban algunas diferencias: en el antiguo hospital estaban en unas 4 renovaciones en la Unidad de TAMO, unas 14 en la de TOH y unas 18 en los boxes de UVI, siendo en el nuevo de alrededor de 8 en todos estos recintos, casi sin distinción, bastante aceptable para salas no quirúrgicas. Los resultados se pueden cambiar induciendo variación del paso del aire. Al respecto hay que señalar que cuando se hizo el muestreo en el anterior hospital las salas de TOH y UVI estaban ocupadas por enfermos muy graves lo que probablemente habría aconsejado un régimen de ventilación elevado, que no remontaba la precaria eficacia de ventilación. Se pueden atribuir estas discrepancias, en el viejo hospital, entre eficacia de ventilación y caudal impulsado a las limitaciones del diseño de llegada y retorno del aire, estando mejor dispuesto en el nuevo, como en ambos casos era de esperar.

La otra notable diferencia está en la detección de hongos saprofitos y oportunistas, de mucho mejor resultado en el hospital nuevo. Ya se había percibido en el muestreo hecho en simultaneidad con el de los parámetros físico-químicos. Pero para un muestreo de este tipo el tamaño de la muestra pareció insuficiente y era importante afianzar la diferencia pues marca de forma bastante decisiva el riesgo que recae sobre los pacientes. Para ello se extendió el estudio a toda una serie de muestreos hechos de forma regular con periodicidad mensual, durante cinco años en el antiguo hospital y uno en el nuevo y quedó completamente evidenciada la comprobación. Esta evidencia se detecta en los datos procedentes de los aislamientos microbianos de hongos y los de la especie *Aspergillus*. Lo que en el antiguo hospital suponía un constante y precario ajuste a las recomendaciones de control, con repetidas maniobras de limpieza y revisión de filtros, en el nuevo hospital constituye una tranquilizadora ausencia del riesgo. Se ha vinculado el control de la contaminación biológica al mantenimiento de los filtros de alta eficacia, pero también se puede abrir la suposición del efecto de barrido de una apropiada eficacia de ventilación, aunque en contra de esta conjetura juega el hecho de la no demostrada relación entre carga microbiana y partículas.

El propósito de este estudio es comparar, desde cierto de vista, la IAQ de los dos edificios, pero no limitándose a un juicio valorativo de resultado bastante presumible, esperando que el nuevo ofrezca mejores condiciones. En la contraposición, **los resultados hallados merecen su particular análisis sobre lo que significan en relación a cada edificio.**

En cuanto al **nuevo edificio**, si el diseño y la instalación es la apropiada, la cuestión es la aceptable superación de lo que se puede llamar “su rodaje” en la puesta en funcionamiento. Este asunto no es nada elemental. Se trata de un dispositivo de enorme complejidad en el que, yendo más allá de lo directamente perceptible, hay que controlar aspectos objeto de variada medición y ajuste. De hecho, efectuada la programación del estudio anticipadamente sobre fechas previsibles, en algunas de las áreas en el momento de la ejecución hubo que recurrir a situaciones simuladas, aunque el

hospital en su conjunto ya estaba funcionando. A pesar de todo, en comparación con el historial de puesta en marcha de otras instalaciones de similar complejidad, se puede decir que la de éste edificio se puede mostrar como ejemplar. La conclusión aquí extraída es que lo encontrado sobre IAQ es razonablemente satisfactorio y, desde luego, mejorable con la persistencia en el control de las instalaciones diseñadas. Como enseñanza este estudio experimental parece recomendable como parte del **protocolo a seguir ante la apertura de un nuevo hospital**, modelo que casi no hemos visto consignado en la bibliografía consultada, salvo en un documento concerniente a quirófanos emitido en nuestra Comunidad Autónoma (113, *Clivegesa-Sacyl*, 2007). De existir, aún inédito, cualquier otro propósito de este tipo, el estudio corrobora su pertinencia en todo el ámbito de un nuevo hospital.

Otra perspectiva concierne al **antiguo hospital**. Tomar la decisión de construir uno nuevo que lo reemplace no es una decisión fácil, por razones, entre otras, de tipo económico, y parece aconsejable se haga en razón de las posibilidades o los imponderables que ofrezca aquél. Puede haber múltiples elementos de juicio y entre ellos no es desdeñable la el riesgo que concierne al enfermo a partir del mantenimiento del medio interno. Si un edificio nuevo es promisorio de sus potencialidades, uno que se sospecha obsoleto o desfasado se entiende que ha llegado al límite de las propias. Si se comprueba que aún así su comportamiento es adecuado o lo puede ser con ajustes de coste asequible, la decisión sobre su reposición queda en entredicho. Para ello, entre otras actuaciones, sería importante auditar los parámetros aquí evaluados. Ante una ejecutoria de plazo tan prolongado, el sentido de la anticipación sería muy estimable.

Para considerar el grado de obsolescencia de las instalaciones del viejo hospital también se ha de recorrer de forma sucinta, pero suficiente, el historial del edificio. Según consta en la documentación accesible, a inicios de los años 90 del siglo pasado el antiguo hospital contaba con unas instalaciones precarias y en un grado de abandono que abocó a problemas de olores y “síndrome del edificio enfermo” en el bloque operatorio; no podía ocurrir de igual manera en otras zonas críticas ante la práctica inexistencia de éstas. La

solución provisional fue ser la actualización del acondicionamiento del aire de las instalaciones afectadas. Cuando se instalaron otras unidades, la adecuación constructiva se hizo dentro del contexto general del bloque edificativo compacto y vertical. En tanto se promovió la construcción de una nueva edificación que es la que ahora se ha estudiado. Estos hechos tienen cierta importancia en relación con los resultados de las mediciones en el antiguo edificio. Aunque mantenido el edificio dentro de un equilibrio, los datos del estudio parecen ser expresivos de la falta de algún grado de suficiencia.

La valoración de la IAQ y su coste no puede eludir hoy día entrar en el emergente **debate sobre la sostenibilidad**. Entra de lleno en la visión arquitectónica de los espacios evaluados cara no solo a los costes de su construcción, sino también de forma más comprometida sobre su mantenimiento. En el antiguo hospital simplemente habría que plantearse si un viejo modelo constructivo sería aún útil desde esa perspectiva, ya que cuando se levantó obedecía a un modelo dominante por razones que la historia hospitalaria nos muestra como coherentes en ese momento. Aún se podría sostener en la actualidad en la medida en que esas razones mantengan su vigencia, lo cual es dudoso dadas las transformaciones habidas a lo largo de décadas en cuanto al compromiso asistencial y al avance tecnológico a incorporar. De hecho ahora ha habido que manejar conceptos inéditos en aquella época, como el “ambiente protector” y todo lo elaborado sobre los parámetros físicos.

El sistema de acondicionamiento interior del nuevo hospital obedece a otro concepto totalmente diferente. Se concibió como dispositivo con proyección de bloque único con un diseño climático regulable para ser autosuficiente e independiente de las condiciones exteriores. Esta exigencia es evidente para las áreas críticas, pero como se puede apreciar en el estudio de la demanda que también contiene este trabajo, éstas son de limitada extensión y se pueden regular con cierta independencia de las no críticas, más aún dentro de un esquema constructivo que lo permita.

El punto de partida es el de que la institución hospitalaria está llamada a ofrecer cuidados y servicios técnicos a la población hospitalizada, además de otros pacientes allí atendidos. La asistencia a esta población está inmersa en un incesante proceso de cambio, y a ello que debe de responder el diseño del hospital. Estos cambios están generados por una serie de **fenómenos previos**:

Cambios demográficos: Durante años ha aumentado la proporción de personas de edad más avanzada por causa de la mayor supervivencia y de la contracción de la natalidad de la población autóctona. Pero, últimamente parece girar esta evolución por causa de la llegada de jóvenes inmigrantes que mantienen más elevadas tasas de natalidad. Estos datos marcan las necesidades pediátricas, obstétricas y geriátricas y de especialidades médicas, dadas por la prevalencia de patologías propias de unos y otros tramos de edad.

Cambios de morbilidad: En los países desarrollados la frecuencia de cierta patología presente en los hospitales es reemplazada por otra (unas u otras infecciones, cánceres o procesos cardiovasculares), que requieren otros tratamientos y otros tipos de ámbitos donde aplicarlos. Así, las posibles fuentes infecciosas de origen comunitario, por un lado, y las personas inmunodeficientes susceptibles de contraer infecciones por agentes oportunistas, por otro, obligan a replantear las formas de aislamiento antiinfeccioso.

Cambios de modalidad asistencial: Cierta patología que antes era objeto de ingreso está hoy día dirigida hacia la asistencia ambulatoria, incluso para intervención quirúrgica, merced al afinamiento de técnicas tanto o más resolutivas y menos agresivas. Por otra parte, el progreso de la tecnología médica planteó nuevos retos. Se consigue la supervivencia de pacientes graves a expensas de una fuerte instrumentación fuerte y de terapéuticas agresivas (intervenciones quirúrgicas complejas, aplicación de implantes, cuidados intensivos de pacientes de continuo instrumentados, inmunodepresión de enfermos oncológicos, especialmente de oncohematología y de los receptores de trasplantes) y cada vez más el ingreso

hospitalario queda reservado para estos pacientes altamente críticos, mientras que pasan a tener un tratamiento ambulatorio otros, menos graves, que antes eran objeto de internamiento. Tales pacientes más críticos requieren reforzar su protección frente a infecciones, llegadas por vías de fácil acceso (como la ventilación mecánica), y ante sus déficits defensivos.

Cambios en atención a la dependencia: La previsible derivación de enfermos cronificados hacia el marco asistencial de la dependencia hace que el hospital de agudos pueda centrarse en su cometido más propio, volcando la mayor parte de sus recursos hacia los cuidados más intensificados.

El estudio de la tipología de los pacientes hospitalizados señala las **características de los espacios** donde situarles, de tal forma que el hospital, como edificio e infraestructura, obedezca a una combinación de adecuación y eficiencia en su mantenimiento, que haga asequible su sostenibilidad. No son muchas las **fuentes de datos** de las que obtener una información suficiente sobre los pacientes que están dentro los hospitales. Una de uso más generalizado es el “**Conjunto Mínimo de Datos Básicos**” (CMBD) y otra podría proceder de estudios de tipo transversal, como las que se realizan en el multicéntrico “Estudio de Prevalencia de la Infección Nosocomial” (318, *EPINE*, 2004), al que se ha recurrido para, a través de su análisis y del contraste con la descripción de las necesidades de cada tipo de enfermos, **proyectar los requerimientos estructurales** del medio hospitalario.

Los tipos de hospitales han sido en los últimos años variados y a veces parece que se debaten entre ideas diferentes, que parecen alejadas de la actividad médica, como las derivadas del esteticismo. Aquí se expone una aproximación a los problemas higiénicos, medioambientales y sobre mantenimiento sostenible. Definitivamente cuestionado el hospital vertical, se aboga por **construcciones más planas y de complejo entramado** (100, *Casares*, 2008). Los principales de los **múltiples condicionantes de su diseño** en los tiempos actuales, se pueden agrupar de la siguiente manera:

- las características de las **personas** atendidas,
- el **equipamiento y tecnología** con que se les atiende, y

- las condiciones de **interrelación entre elementos** tan diversos (accesos, traslados internos de materiales y personas, comunicaciones), a los que se podrían añadir otros elementos complementarios de análisis (inclusión o no de consultas externas, actividades docentes e investigadoras, etc.).

Desde los años 80 (s. XX) lo que predomina es el hospital urbanístico, a imagen de lo que es una ciudad, que responde a la idea de que allí debe haber de todo y en un edificio compacto todo no cabía, aparte de que hay que consumir energía para mantener en un clima interior lo que en una ciudad es exterior. Además concurren otros problemas. La búsqueda del bienestar de los pacientes y la prevención de los riesgos que les amenazan han de ser más o menos coincidentes, pero no lo han sido siempre necesariamente. Tal ocurre con la prevención del riesgo más característico de las áreas críticas, el riesgo infeccioso, cuando obliga a establecer medidas de aislamiento. En los últimos tiempos estas cuestiones han abierto el gran apartado conceptual de la **seguridad del paciente**. La protección de los pacientes críticos sobrepasa con mucho el habitual cuidado de carácter estrictamente personal, alcanzando al entorno, forzosamente artificial, en que se les maneja y ubica, esto es, el diseño del espacio y las condiciones del mantenimiento físico del mismo. Todo lo cual requiere una actuación conjuntada del personal sanitario, especialmente el preventivista, con el técnico, en tanto que uno plantea los requerimientos del paciente y el otro ofrece las soluciones.

Entre los **factores que derivan del propio estado de los pacientes hospitalizados**, que se encuentran en condiciones diversas entre sí, y que, por tanto, requieren soluciones diferenciadas, se evidencian:

- La **situación psicoafectiva**, en lo que destaca la necesidad de reposo y mayor tranquilidad.
- El **impedimento físico**, evitando barreras arquitectónicas en los accesos y en la circulación interior de personas discapacitadas, como lo son muchos enfermos o personas de determinada edad (ancianos, niños, etc.)

- La **intensividad de los cuidados** y el entorno tecnológico que requieren (UVI, asistencia quirúrgica, neonatología, obstetricia, etc.)
- La posible propagación de **infecciones** al entorno, fundamento de las comentadas “precauciones y el aislamiento de fuentes”.
- La mayor **susceptibilidad para contraer infecciones**, fundamento del “aislamiento protector” también ya comentado con insistencia.

Así se concibe la delimitación de “áreas críticas”, donde se pueden concentrar diversos tipos de pacientes graves y/o con exigencias propias. Son, pues, **típicas las establecidas en razón de un “riesgo infeccioso”**. Su concepción se ha constituido como un tema clásico de la epidemiología hospitalaria, y, como se ha mencionado, desde hace bastante tiempo motivó la existencia de las salas operatorias, el aislamiento de infecciosos, y la protección ambiental de los ingresados con **déficit inmunitario**, propio (prematuros, etc.) o derivado del tratamiento que se le aplica (radioterapia, quimioterapia), como ocurre en las unidades de TAMO, trasplantados, cuidados intensivos y quemados extensos. De forma esquemática, esto ha llevado a diferenciar **dos clases de tales áreas críticas** que requieren especial protección ambiental: la de **exposición transitoria**, que son el caso destacado de los bloques quirúrgicos, y aquéllas en que se sitúa el paciente con mayor permanencia, **como ingresado**. Pero esta clasificación no deja de ser una simplificación, en la que cabe incluir diversos factores condicionantes: así en las unidades de cuidados intensivos es bien diferente la situación de una persona recientemente trasplantada de la de un politraumatizado o la de un paciente ya infectado. Asimismo, los criterios a aplicar ofrecen muy **diversa evidencia científica**. Por ejemplo, los efectos de la exposición a *Aspergillus* en enfermos onco-hematológicos han sido más evidenciados por la literatura científica (104, CDC, 2000) que una potencial transmisión microbiana por vía aérea en quirófanos (129, Dharan y Pitted, 2002; 183, Humphreys y Taylor, 2002; 89, Campayo et al, 2003) o en unidades de cuidados intensivos (65, Beggs, 2003; 212, Li et al, 2007), siempre que estén aceptablemente dispuestos.

Parece existir bastante consenso sobre la disposición unificada de los quirófanos en un hospital general, después de cómo fueron evolucionando las **zonas operatorias** fueron evolucionando con el tiempo. Con miras a la rentabilización del uso y a la previsible complejidad técnica se ha consolidado la idea de crear un único bloque quirúrgico que reúna toda la actividad quirúrgica y preparatoria del paciente en un mismo entorno. En cuanto a las **unidades de ingreso**, se podrían establecer para todos los ingresados estándares iguales, con arreglo a las máximas exigencias, pero no todos los pacientes son iguales y el coste de su habilitación y mantenimiento sería innecesariamente elevado y acaso se diesen impedimentos reales ante su realización. Por ello, cabe aplicar criterios de forma selectiva, con arreglo a un fundamento general de diferenciación en “zonas críticas”, en que se introducen las mayores exigencias, y “no críticas” en que no se encuentran necesarias. En tanto, los quirófanos, laboratorios, unidades de técnicas instrumentales (endoscopias) y el equipamiento de la medicina física han crecido dentro de las edificaciones hospitalarias y adquirido **complejos desarrollos tecnológicos** de altos costes; para obtener de ellos la mayor rentabilidad se ha planteado su dotación para estar disponibles para prestar servicio tanto a pacientes ingresados como a ambulatorios. En paralelo, las **consultas externas** y la **unidad de atención urgente** se han expandido en el hospital, creándose requerimientos de accesibilidad propia desde el exterior. Las **áreas de apoyo y actividades conexas con la asistencia**, como los archivos, dependencias administrativas, salas de reuniones y de docencia, despachos y zonas de almacenamiento, crecen de acuerdo a nuevas exigencias y presentan requisitos de ubicación añadidos. Las **unidades de investigación** llegan a reclamar zonas anexos conectadas con las áreas asistenciales, de importante dotación. Y, además, no hay que olvidar que en el hospital subyacen todas las necesidades de una **instalación hotelera**, con sus particulares ajustes, y todos los equipamientos de **aprovisionamiento energético** precisos para mantener en funcionamiento tan diversas instalaciones (80, Brager y Dear, 1998).

Todo ello hace suponer que se requieren unos lugares físicos diferenciadamente protegidos (quirófanos, protección frente a fuentes radioactivas, etc.) y que se pueden y deben delimitar. Los imperativos de la

seguridad corporativa además imponen algunas prescripciones sobre su distribución, ya desde la fase de proyecto obligando a idear posibles compartimentaciones y vías de evacuación; entre unos y otros lugares circulan, aparte de las conducciones y de los fluidos eléctricos propios de un avanzado edificio convencional (44, *Arévalo, 2001*), personas en condiciones específicas (las personas en tanto que pacientes, o como profesionales, o como visitantes), y materiales muy diferentes (efectos estériles, medicamentos, documentos clínicos, aprovisionamientos clínicos, comidas, ropa de cama, residuos, etc.). La distribución de materiales se orienta hoy día con dispositivos y organización logística. Estas interconexiones plantean ubicaciones estratégicas de unas y otras áreas, la disposición vertical u horizontal del conjunto del edificio, y, en el caso de una elección horizontal, la forma compacta o la distribuida en pabellones, considerando el tamaño del hospital como condicionante básico de la disposición conjunta.

El hospital, por todo ello, debe de responder a alguna idea clave funcional, que no distorsione su orientación básica (82, *Brigman y Roemer, 1974*): en suma es recibir asistencia que no se puede recibir en casa (ingreso), recibir asistencia especializada con visitas esporádicas al lugar (muy discutible que tenga que ser forzosamente allí) y hacerse exploraciones y tratamientos cuyos costes de instalación no admiten la dispersión (técnicas radiológicas, análisis, endoscopias, cirugías). No a todo el operativo lo ve en ocasiones en paciente, ni es necesario que así sea, pero crea una dependencia situacional respecto a lo que sí le atañe directamente (ingresar e ir a consulta). Como apéndice esencial está el acudir a urgencias ante un estado de gravedad y, como apoyo, las dependencias de hostelería y las administrativas y el mantenimiento técnico.

Mantener todo eso es costoso. A los consumos energéticos (279, *Rey y Velasco, 2006*), que tienen notable repercusión sobre los económicos, se añaden otros problemas a primera vista casi inapreciables de tipo medio-ambiental. Todo lo que hay que incluir en el hospital es difícil de concentrar en un mismo “bloque” que por fuerza tendría que ser gigantesco. En la era telemática (telemedicina), se trata de revisar la excesiva concentración en las

edificaciones hospitalarias (consultas externas junto con los laboratorios y hospitalización), para, en definitiva situarlo a veces demasiado lejos del usuario. Ante estos retos habría que retornar la cuestión casi en su punto de arranque, que es el modelo de hospital deseable. Con este trabajo se postula que lo sea el que mejor se comporte en cuanto a calidad ambiental y sostenibilidad. Algunas realizaciones han puesto en primer plano esta proyección (102, *Castella, 2009*). Ya se ha aludido, en el momento de exponer la opción elegida, las ventajas y desventajas de compartir el espacio en habitaciones (portadores, intimidad, relativo incremento del espacio, influencia indirecta en gastos de personal), un asunto que también tiene connotaciones sobre la calidad del ambiente, pues se comparte, aparte otros elementos el aire confinado que se respira. Volviendo al arranque introductorio de este trabajo ya era una cuestión informada por los tratadistas ilustrados. Contaminantes y microbios han suplido nuestra creencia en las miasmas, pero mantienen viva nuestra atención.

Finalmente hay que aludir al **carácter intersectorial** de esta investigación. Ha supuesto una experiencia el ensamblar diversos dominios científico-técnicos (arquitectura, ingeniería, sanidad). Es infrecuente la integración de información sobre asistencia sanitaria con conceptos sobre desarrollo arquitectónico y, menos aún, atendiendo la preocupación creciente sobre la sostenibilidad energética.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES

VII. CONCLUSIONES.

- 1ª.- Se han comparado diversos parámetros indicativos de la IAQ en las áreas críticas de dos edificios hospitalarios que tienen la misma misión asistencial, y con la diferencia de ser el uno un edificio antiguo y el otro el edificio nuevo cuya función suple a aquél, no encontrando notables diferencias en los resultados, salvo las excepciones que luego se mencionan.**

- 2ª.- En relación al antiguo edificio existe un historial de deficiencias que se han tenido que ir subsanando con instalaciones sectoriales que incluyen sistemas de acondicionamiento de aire en las áreas estudiadas y que a la vista de los resultados han conseguido mantener las condiciones básicas de IAQ. Hay que tener en cuenta que todos los recintos estudiados fueron objeto de tales acciones de rehabilitación.**

- 3ª.- La eficacia de ventilación del nuevo edificio es uno de los indicadores de carácter físico-químico en que la mejora es notoria en el nuevo edificio hospitalario.**

- 4ª.- Sin embargo, en el nuevo edificio se registraba contaminación por compuestos orgánicos volátiles, atribuibles a la emisión de vapores procedentes de los materiales de acabado recientemente aplicados. Por el contrario, en el antiguo edificio, que históricamente había tenido problemas con este tipo de contaminación, no se encontraron, prueba de la eficacia de las medidas correctoras en su momento aplicadas, y antes aludidas.**

- 5ª.- Un tipo de datos estimado en la bibliografía como de gran importancia, cara a la protección de los pacientes atendidos en áreas críticas y que son especialmente susceptibles de contraer infecciones es el de la contaminación biológica por hongos y**

concretamente por Aspergillus. Desde este punto de vista el nuevo hospital ofrece unas claras condiciones de una mayor seguridad en los momentos de muestreo simultáneo de todos los parámetros.

- 6ª.- Esta apreciación de mejora en el nuevo hospital relativa a la contaminación biológica se corrobora al cotejar los registros de periodicidad mensual de cinco años previos en el antiguo edificio y de una serie de meses en el nuevo, procedentes resultados de muestreos efectuados en las mismas áreas críticas objeto del muestreo en una etapa puntual.**
- 7ª.- En cualquiera de los casos la contaminación por partículas excede los niveles deseables, aunque al igual que otros autores no se ha encontrado correlato entre su concentración, particularmente las de mayor tamaño y la contaminación por las partículas biológicas muestreadas. A efectos comparativos, la concentración de partículas sí resulta debidamente reducida dentro de las cuatro cámaras de flujo laminar ubicadas en la farmacia del nuevo hospital.**
- 8ª.- No se han encontrado diferencias llamativas entre los resultados de las diversas áreas críticas estudiadas para el conjunto de parámetros sean éstas de uso temporalmente limitado en condiciones de gran exposición de los pacientes (quirófanos) o de ocupación permanente (cuidados intensivos, hospitalización de trasplantados y de enfermos hematológicos).**
- 9ª.- Se aconseja realizar este tipo de estudios, que en esta ocasión se ha efectuado con carácter experimental, con ocasión de la puesta en funcionamiento de nuevas instalaciones que tengan el carácter de zonas críticas. Posiblemente haya que plantearse un entrenamiento en los mismos en entidades o servicios expertos ante la perspectiva de aprobación de normativa específica como la**

Pre-norma de AENOR 171330-4 sobre lo que denomina “salas de ambiente controlado en hospitales”.

10ª.- No obstante cabe señalar la escasa presencia en la bibliografía de los estudios de este tipo, siendo deseable el contrastar experiencias por parte de investigadores y técnicos que las llevan a cabo. Dado el alto coste de la edificación hospitalaria deberían extenderse no solo a las nuevas construcciones, sino también a aquéllas con largos años de funcionamiento para valorar su aptitud cara a la acogida de estas unidades críticas.

11ª.- La instauración global de un mismo equipamiento de acondicionamiento del medio interno hospitalario habilitado para los estándares más rigurosos pensados para áreas críticas puede conllevar unos altos costes de mantenimiento. Apuntando hacia esta cuestión se han hecho estimaciones sobre las necesidades de este tipo de régimen riguroso para pacientes tanto susceptibles de contraer infección como de los que pueden ser fuente de infección, encontrando en ambos casos sus proporcionalmente reducidas necesidades espaciales, en relación con todo el espacio que supone toda una edificación hospitalaria.

12ª.- A la vista de dichas necesidades diferenciales se ha realizado un diseño arquitectónico de hospital sustentado en la mayor apertura exterior permisible, inspirado en la clásica y un tanto abandonada construcción de pabellones, con exigencias climáticas e higiénicas específicas, intentando prestar una mayor sostenibilidad a partir del diseño y recogiendo los persistentes mensajes últimos de conducir la investigación hacia la transferencia del conocimiento al plano de la potencial realización práctica.

CAPÍTULO VIII

ESTUDIOS FUTUROS SOBE LA MATERIA

VIII. ESTUDIOS FUTUROS SOBRE LA MATERIA.

La doctoranda, a medida que ha avanzado en el presente estudio, ha tomado conciencia de los interesantes retos que se plantean cara al futuro, en lo que concierne a las más adecuadas condiciones ambientales de los ámbitos hospitalarios y en relación a la construcción y mantenimiento de tales edificios y sus instalaciones, cara a su sostenibilidad. Es más, aprecia que se han constituido en una demanda social cada vez más exigente. Entiende que la más apropiada respuesta pasa por la combinación de diversos dominios del conocimiento, que se han de integrar para alcanzar las soluciones prácticas más innovadoras. En ese encuentro hay que situar las aportaciones de la sanidad asistencial y las tecnologías sanitarias, las de las ingenierías y el diseño constructivo arquitectónico. Respecto a este último contenido, en tanto que se está moviendo dentro de opciones y modelos diversos y, sin declinar de otras pretensiones como las estéticas y las urbanísticas, debe de primar la respuesta a los requerimientos de orden sanitario, y no solo aprovechar, sino promover plenamente la integración de los avances tecnológicos. Si bien el camino se atisba como prometedor, reclama un exigente esfuerzo. Dentro de estas perspectivas, la doctoranda destaca las siguientes líneas de prosecución en el estudio, prospección y transferencia:

1. APLICACIÓN DE LAS NUEVAS EXIGENCIAS NORMATIVAS Y EVALUACIÓN CON ARREGLO A LAS MISMAS.

Hay que destacar que, aunque la historia de los hospitales transcurre a lo largo de casi dos milenios, el grueso de la normativa de aplicación a su ambiente interior, por mucho que haya constituido una preocupación constante desde la época ilustrada, es extraordinariamente reciente, no contabilizando más de dos décadas. Su mayor despliegue coincide prácticamente con el último lustro. Aún así al redactar este texto se están elaborando los documentos técnicos más rigurosos. Por lo tanto, la experiencia sobre la aplicación de la principal normativa ya aparecida es forzosamente muy limitada y bien evidente la necesidad de contrastar su aplicación sobre la realidad.

Concretamente hay que mencionar todo lo que se deriva del Código Técnico de Edificación (2006), ya varias veces corregido, del Reglamento de las Instalaciones Térmicas de Edificios (2007), a la serie de Normas UNE EN ISO, Standards ANSI/ASHRAE y de otras agencias. Para el sector hospitalario, después de las innovadoras recomendaciones de bioseguridad de la SEMPSPH e INSALUD, de 2000, han aparecido la Norma UNE 100713 (2005), la ASHRAE (2008) y las Recomendaciones de los CDC (2003, 2007), por citar solo alguna de las más relevantes instrucciones, a la vez que se hace hincapié en las fechas de aparición. Todas ellas desde la perspectiva de la protección del paciente y sin olvidar las más tradicionales aportaciones hechas desde el punto de vista laboral, por agencias de crédito internacional, como la ACGIH o NIOSH, o en España el INHST. En fase reciente de esta redacción, dentro de la serie UNE 171330, se promete una nueva y específica norma sobre “áreas controladas” dentro de los espacios sanitarios.

2. INVESTIGACIÓN SOBRE PROPUESTAS QUE, ADEMÁS DE HIGIÉNICAS, SEAN SOSTENIBLES.

Se trata de abundar en el planteamiento de diseños y opciones sobre modelos que sean, a la vez, discriminativos y flexibles, para que en el futuro los requerimientos higiénicos normalizados sean coherentes y, a la par, asumibles en edificaciones e instalaciones, porque conlleven el menor coste de mantenimiento energético junto con el menor impacto ambiental. Se han calificado las precondiciones de discriminativas para que la aplicabilidad ofrezca eficiencia al tratarse de actuaciones focalizadas hacia aquello sobre lo que intervenir. Se han calificado de flexibles para una adaptación a situaciones nuevas en un mundo aceleradamente cambiante. La doctoranda concluye el presente estudio trazando un modelo de hospital general ideado sobre una división espacial acorde con las soluciones diferenciales a las demandas de calidad del aire interior. Sin pretensiones de constituir una opción única, plantea la definición funcional de los sectores o unidades físicas, delimitados de forma modular, para poder restringir el acondicionamiento más estricto allí donde sea inexcusable, contando para otras zonas con la mayor apertura que permitan las condiciones climáticas para la ventilación natural y sin incurrir en riesgos

especiales. Incluso se pueden introducir alternativas de adaptación de estos últimos espacios a las necesidades creadas por situaciones emergentes (como epidemias de virus de transmisión aérea). O hasta ajustando, al invertir el signo de la presurización, habitaciones a formas de aislamiento (ambiente protector, aislamiento de fuentes). No tratándose del objetivo principal de la tesis no se ha abundado en la gran cantidad de cálculos que debe soportar un proyecto de tales características y por ello mismo se menciona como potencial vía de investigación aplicada.

3. SANEAMIENTO DEL MEDIO HOSPITALARIO EXISTENTE.

Las enseñanzas que se puedan alcanzar sobre la materia serían aplicativas a la construcción e instalación de nuevos hospitales, pero en la mayoría de los casos lo que se presentarán son edificios ya existentes en los que su replanteamiento, si es necesario, ofrece más o menos dificultad. En orden a la protección de los pacientes la higienización del aire es importante para evitar la propagación infecciosa en su interior, incluso cuando se trate de instalaciones recientes. Desde la época pre-bacteriológica se ha intentado y, a veces, practicado de forma indiscriminada con agentes químicos fuera de control en cuanto a sus efectos tóxicos o potencialmente nocivos. En la segunda mitad del siglo XX las sustancias eran mejor conocidas, pero no por ello inocuas y en cualquier caso para su dispersión no se contaba con la presencia de sistemas de acondicionamiento de aire, o, simplemente no existían; si existían, la aplicación se limitaba a realizarse con la oclusión de las entradas y salidas en los recintos, en situación de parada del sistema. Un procedimiento tan elemental tuvo que ser revisado para obtener mejores garantías, al producirse algunos incidentes de fuerte repercusión social, como los atentados de tipo bacteriológico (de ántrax en Estados Unidos). Como consecuencia se probó el vapor seco de peróxido de hidrógeno que se comportó como un poderoso germicida inocuo para el medio ambiente. En tanto, la necesidad de un saneamiento integral y rigurosamente controlado del aire en los hospitales se volvió a plantear a propósito de la preparación del dispositivo asistencial ante la amenaza de sucesivas epidemias o pandemias de origen vírico. Esta necesidad requiere una respuesta y ya disponiendo del

producto adecuado se trata de investigar su viabilidad elaborando los patrones de aplicación. En esta línea la doctoranda se encuentra comprometida como tecnóloga en un proyecto de investigación, dentro del Subprograma Torres-Quevedo, patrocinado por el Ministerio del Gobierno español de Ciencia e Innovación. Su incorporación al mismo viene impulsada por la convicción de que en el futuro la calidad del aire interior de ámbitos tan críticos como son los de cuidados de salud debe de contar con la evaluación del riesgo, el procedimiento germicida y la instalación sobre la que se aplica, de forma debidamente integrada y calculada.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA.

1_ACGIH: Committee Activities and Reports: "Guidelines for the assessment of bioaerosols in the indoor environment." American Conference of Governmental Industrial Hygienists; Cincinnati, Ohio, USA, 1981.

2_AENOR: Norma UNE 100013:1985. "Climatización. Bases para el proyecto. Condiciones interiores de cálculo."

3_AENOR: Norma UNE 100011:1991. "Climatización. La ventilación para una calidad aceptable del aire en la climatización de los locales."

4_AENOR: Norma UNE 100705:1991. "Climatización. Medición del caudal de aire en rejillas o difusores."

5_AENOR: Norma UNE 100000:1995. "Climatización. Terminología." 1ª ed., ISBN 2910009233218; Madrid, 1995.

6_AENOR: Norma UNE ENV 12097:1998. "Ventilación de edificios. Conductos. Requisitos relativos a los componentes destinados a facilitar el mantenimiento de sistemas de conductos."

7_AENOR: Norma UNE 1886:1998. "Ventilación de edificios. Unidades de tratamiento de aire. Rendimiento mecánico."

8_AENOR: Norma UNE EN 1822: "Filtros absolutos (HEPA y ULPA). Parte 1: UNE EN 1822-1:1999. Clasificación. Principios generales de ensayo, marcado."

9_AENOR: Norma UNE EN 12599:2001/AC:2002. "Ventilación de edificios. Procedimientos de ensayo y métodos de medición para la recepción de los sistemas de ventilación y de climatización instalados."

10_AENOR: UNE EN 13098:2001. "Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la medición de microorganismos y endotoxinas suspendidas en el aire."

11_AENOR: Norma UNE EN 13725:2004/AC:2006. "Calidad del aire. Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica."

12_AENOR: UNE EN 14698-1:2004. "Salas limpias y ambientes controlados asociados. Control de la biocontaminación. Parte 1: Principios y métodos generales." (ISO 14698-1: 2003).

13_AENOR: UNE EN 14698-2:2004/AC:2006. "Salas limpias y ambientes controlados asociados. Control de la biocontaminación. Parte 2: Evaluación e interpretación de los datos de biocontaminación." (ISO 14698-2: 2003).

14_AENOR: Norma UNE 100713:2005. "Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales."

15_AENOR: Norma UNE 100012:2005. "Higienización de sistemas de climatización."

16_AENOR: Norma UNE EN 13779:2008. "Ventilación de edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de los sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos."

17_AENOR: Norma UNE EN 1507:2007. "Ventilación de edificios. Conductos de aire de chapa metálica de sección rectangular. Requisitos de resistencia y estanqueidad."

18_AENOR: Norma UNE EN ISO 14644-1:2000. "Salas limpias y locales anexos. Parte 1: Clasificación de la limpieza del aire." (ISO 14644-1:1999).

19_AENOR: Norma UNE EN ISO 14644-2:2001. "Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 2: Especificaciones para los ensayos y el control para verificar el cumplimiento continuo con la Norma ISO 14644-1." (ISO 14644-2:2000).

20_AENOR: Norma UNE EN ISO 14644-3:2006. "Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 3: Métodos de ensayo." (ISO 14644-3:2005).

21_AENOR: Norma UNE EN ISO 14644-4:2001. "Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 4: Diseño, construcción y puesta en servicio." (ISO 14644-4:2001).

22_AENOR: Norma UNE EN 779:2003. "Filtros de aire utilizados en ventilación general para eliminación de partículas. Requisitos, ensayos, marcado. Determinación de las prestaciones de los filtros."

23_AENOR: Norma UNE EN ISO 14644-5:2005. "Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 5: Funcionamiento." (ISO 14644-5:2004).

24_AENOR: Norma UNE EN ISO 14644-6:2008. "Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 6: Vocabulario." (ISO 14644-6:2007).

25_AENOR: Norma UNE EN ISO 14644-7:2005. "Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 7: Dispositivos de separación (campanas de aire limpio, cajas de guantes, aisladores, mini entornos)." (ISO 14644-7:2004).

26_AENOR: Norma UNE EN ISO 14644-8:2007. "Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 8: Clasificación de la contaminación molecular transportada por el aire." (ISO 14644-8:2006).

27_AENOR: Norma UNE EN ISO 7730:2006. "Ergonomía del medio ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar local." (ISO 7730:2005).

28_AENOR: Norma UNE 171330-1:2008. "Calidad ambiental interior. Parte 1: Diagnóstico de calidad ambiental interior."

29_AENOR: Norma UNE 171210:2008. "Calidad ambiental de interiores. Buenas prácticas en planes de desinfección, desinsectación y desratización."

30_AENOR: Norma UNE 171212:2008. "Calidad ambiental de interiores. Buenas prácticas en las operaciones de limpieza."

31_AENOR: Norma UNE 171330-2:2009. "Calidad ambiental interior. Parte 2: Procedimientos de calidad ambiental interior."

32_Allen, E.: "Cómo funciona un edificio. Principios fundamentales." Ed. Gustavo Gili, ISBN 978-84-251-1089-1; Barcelona, 1982.

33_Alocca, C.; Chen, Q.; Glicksman, L.: "Design analysis of single-sided natural ventilation." *Energy & Buildings*, 2003; 35 (8): 785-95.

34_Alonso Cuesta, P. EN: VVAA: "Hospital Universitario Río-Hortega." Junta de Castilla y León, SACYL y Acciona; 2008; 8-14.

35_American Institute of Architects and the Facilities Guidelines Institute: "Guidelines for design and construction of hospital and health care facilities." American Institute of Architects Press, ISBN 1-57165-002-4; Washington DC, 2001.

36_American Institute of Architects: "Guidelines for Design and Construction of Healthcare Facilities. 2006. The American Institute of Architects. Academy of Architecture for Health and the Facility Guidelines Institute, with assistance from the US Department of Health and Human

Services.” American Institute of Architects Press, ISBN 13: 978-1-57165-013-9; Washington DC, 2006.

37_Andersson, K.; Bakke, J.V.; Bjørseth, O., et al: “TVOC and health in non-industrial indoor environments. Report from a Nordic Scientific Consensus Meeting at Långholmen in Stockholm.” *Indoor Air*, 1996; 7 (2): 78-91.

38_Anónimo: “La problemática de la calidad del aire de interiores.” *Prev Expres*, 1991; 191: 8-10.

39_ANSI/ASHRAE: 62a 1990: “An American National Standard. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.” Atlanta.

40_APIC State-of-the-Art Report: “The role of infection control during construction in health care facilities.” *AJIC*, 2000; 28 (2): 156-69.

41_Aragó, I.: “La planificación hospitalaria.” Impr. RUANSA. Alcobendas (Madrid), 1974.

42_Arana y Amurrio, J.I. de: “Práctica y enseñanzas médicas en el Guadalupe bajomedieval.” *Medicina e Historia*, nº 18 (3ª época), 1987.

43_Araujo, R.; Cabral, J.P.; Rodrigues, A.G.: “Air filtration systems and restrictive access conditions improve indoor air quality in clinical units. Penicillium as a general indicator of hospital indoor fungal levels.” *AJIC*, 2008; 36 (2): 129-34.

44_Arévalo Fernández, T.: “Gestión de los riesgos del medio-ambientales: factor clave en las decisiones empresariales.” *Mapfre Seguridad*, 2001; 84: 31-8.

45_ASHRAE: ANSI/ASHRAE Standard 62-1989R: “Ventilation for acceptable Indoor Air Quality.” American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers; Atlanta.

46_ASHRAE: ANSI/ASHRAE: Standard 113-1990. “Method of testing for room air diffusion.” American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers; Atlanta.

47_ASHRAE: ANSI/ASHRAE 55-1992: “Thermal environmental condition for human occupancy.” American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers; Atlanta.

48_ASHRAE: "ASHRAE 1999 Handbook HVAC Applications. SI Edition. Building operations and management." American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers; Atlanta.

49_ASHRAE: ANSI/ASHRAE Standard 62-2001: "Ventilation for acceptable indoor air quality." American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers; Atlanta.

50_ASHRAE: "Addendum to ANSI/ASHRAE Standard 62-2001." American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers; Atlanta, 2003.

51_ASHRAE: "HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics." ASHRAE, ISBN 1-931862-26-5; American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers; Atlanta, 2003.

52_ASHRAE: ANSI/ASHRAE 55:2004, and Addendum 55a:2004: "Thermal environmental conditions for human occupancy." American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers; Atlanta.

53_ASHRAE Standard 62-2004: "Ventilation for acceptable indoor air quality." American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers; Atlanta.

54_ASHRAE: "HVAC Design and Construction of Health Care Facilities." ASHRAE, ISBN 1-931862-26-5; American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers; Atlanta, 2006.

55_ASHRAE Standard 62.1: "Ventilation for acceptable indoor air quality." ASHRAE, ISBN 1041-2336; American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers; Atlanta, 2007.

56_ASHRAE: Standard ANSI/ASHRAE/ASHE 170: 2008: "Ventilation of Health Care Facilities." American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers; Atlanta, 2008.

57_Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBRT 7256: "Tratamento de Ar em Unidades Médicos-assistenciais." Rio de Janeiro, 1982.

58_Ayliffe, G.A.: "Role of the environment of the operating suite in surgical wound infection." *Rev Infect Dis*, 1991; 13 (Suppl. 10): S800-S804.

59. Ayliffe, G.A.J; English, MP: "Infection control. From miasmas to MRSA." The Press Syndicate of the University of Cambridge (1st ed.), ISBN 0521531780; Cambridge, 2003.

60_Balaras, C.A.; Daskalaki, E.; Gaglia, A.: "HVAC and indoor thermal conditions in hospital operating rooms." *Energy & Buildings*, 2007; 39: 454-70.

61_Barquin, M.: "Historia de los hospitales." En: "Dirección de hospitales." Interamericana (3ª ed.); México, 1972: 1-2.

62_Barquin, M.: "Planeación de los servicios de hospitalización." En: "Dirección de hospitales. Organización de la atención médica." Interamericana (3ª ed.); México, 1972: 11-39.

63_Barquin, M.: "Planeación de los servicios directos complementarios de la atención médica y de los servicios generales." En: "Dirección de hospitales. Organización de la atención médica." Interamericana (3ª ed.); México, 1972: 57-65.

64_Bartual Sánchez, J.; Berenguer Subils, M.J.; Bernal Domínguez, F. et al: "Calidad del aire interior." Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; Madrid, 2002.

65_Beggs, C.B.: "The airborne transmission of infection in hospital buildings. Fact or fiction?" *Indoor and Built Environment*, 2003; 12: 9-18.

66_Beggs, C.B.; Kerr, K.G.; Noakes, C.J.; Hathway, E.A.; Sleigh, P.A.: "The ventilation of multiple-bed hospital wards: review and analysis." *AJIC*, 2008; 36(4): 250-9.

67_Benítez del Rosario, J.; Santandreu Jiménez, M.E.; Molina Cabrillana, J.; Gutiérrez Guedes, P.: "Bioseguridad ambiental en un hospital con grandes obras: medidas correctoras y organización de control." *Todo Hospital*, 2006; 229: 439-45.

68_Berenguer Subils, M.J.; Martí Solé, M.C.: "Ambientes cerrados: calidad del aire." Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, NTP 243; Madrid, 1989.

69_Berenguer Subils, M.J.: "Olores: un factor de calidad y confort en ambientes interiores." NTP 358. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, NTP 358; Madrid, 1994.

70_Berenguer Subils, M.J.: "Calidad de aire interior: Emisiones de materiales utilizados en la construcción, decoración y mantenimiento de edificios." Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, NTP 521; Madrid, 1999.

71_Berenguer Subils, M.J.; Bernal Domínguez, F.: "El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior." Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, NTP 549; Madrid, 2001.

72_Berry, L.L.; Parker, D.; Coile, R.C.Jr.; Hamilton D.K.; O'Neill, D.D.; Sadler, B.L.: "The business case for better buildings." *Front Health Serv Manage*, 2004; 21(1): 3-24.

73_Bertrand, F. ; Bocquet, J-P.: Les différents aspects de l'hygiène dans les hôpitaux du XVIII^e siècle." *XIèmes Journées Internationales de Perfectionnement en Hygiène Hospitalière*. Nice, 24-26 sept 1980.

74_Bishop, V.L.: "The sick building syndrome." *Nat Saf Health News*, 1985; V.132, nº 6: 31-41.

75_Blowers, R.; Mason, G.A.; Wallace, K.R.; Walton, M.: "Control of infection in a thoracic surgery unit." *Lancet*, 1955; ii: 786-94.

76_Blowers, R.; Crew, B.: "Ventilation of operating theatres." *J Hyg*, 1960; 58: 427-48.

77_Bluysen, P.M.; Cox, C.: "Indoor environment quality and upgrading of European office buildings." *Energy & Buildings*, 2002; 34: 155-62.

78_Botella, A.; Ruiz Yébenes, R., Casares A.: "La nueva Residencia Sanitaria de Guadalajara." *Revista de Hospitales del Instituto Nacional de Previsión*. Ministerio de Sanidad y Seguridad Social, 1978; VI, 4: 48-54.

79_Bourdillon, R.B.; Colebrook, L.: "Air hygiene in dressing rooms for burns or major wounds." *Lancet*, 1946; i: 561-5 & 601-5.

80_Brager, G.S, de Dear, R.J.: "Thermal adaptation in the built environment: a literature review." *Energy & Buildings*, 1998; 27 (1): 83-96.

81_Brigman, R.F., Roemer, M.I.: "Arquitectura de hospitales y gastos de construcción." En: "La legislación y la administración hospitalarias." *Organización Mundial de la Salud*. Cuadernos de Salud Pública, nº 50; Ginebra, 1974: 181-84.

82_Brigman, R.F., Roemer, M.I.: "Construcción de hospitales." En: "La legislación y la administración hospitalarias." *Organización Mundial de la Salud*. Cuadernos de Salud Pública, nº 50; Ginebra, 1974: 53-55, 244-47.

83_Brown, S.K.: "Volatile organic pollutant emissions from building materials. Impacts on indoor air quality." *Thesis, RMIT University; Melbourne, 2000*.

84_Bueno, J., Santacruz Martín, J.M.: "Legislación aplicable en seguridad y mantenimiento de edificios: el libro del edificio." *Todo Hospital*, 2005; 215: 182-92.

85_Burge, P.S.: "The sick building syndrome: where are we in 1992." *Indoor Environment*, 1992; 1 (4): 199-203.

86_Cabello, R.: "Residencia Sanitaria de la Seguridad Social. Cádiz." *Revista de Hospitales del Instituto Nacional de Previsión. Ministerio de Sanidad y Seguridad Social*, 1978; VI, 4: 24-9.

87_Cacciari, P.; Giannoni, R.; Marcelli, E.; Cercenelli, L.: "Considerations on isolation rooms and alternative pressure ventilation systems." *Ann Ig.*, 2004; 16 (6): 777-801.

88_CAFE Commission: "The Clean Air for Europe. Ocular lighting effects on human physiology and behavior." CIE (Commission Internationale de L'Eclairage), 158:2004; Vienna, 2004.

89_Campayo Rojas, F.J.; Jiménez Molina, J.L.; Miranda López, C.; Vicente López, J.C.; Albarracín Marín-Blázquez, M.; Pacheco-Guevara, R.: "Comparación de la eficacia de dos sistemas de ventilación: bioseguridad ambiental en quirófanos y otras salas de riesgo." *Todo Hospital*, 2003; 196: 270-4.

90_Canadian Centre for Occupational Health and Safety: "Indoor Air Quality Health and Safety Guide." 2nd ed., 2004.

91_Cárdenas, M.X.; Cortés, J.A., Parra, C.M.: "Presencia de *Aspergillus* spp. en áreas de riesgo en pacientes trasplantados en un hospital universitario." *Rev Iberoam Micol*, 2008; 25: 232-6.

92_Carnicer Royo, E.: "Aire acondicionado." Thomson Paraninfo, Biblioteca del Instalador (5^a ed.), ISBN 84-283-2048-9; Madrid, 2006.

93_Carrasco Prieto, A.L.; González Arias, E.: "Manual práctico de acreditación de hospitales." Editora Médica Europea, ISBN 84-87336-16-7; Valladolid, 1993.

94_Carreras Panchón, A.: "Las leproserías y los hospitales de apestados (I)." En: "Historia de los hospitales." *Revista El Médico*, 14 de mayo de 1993; nº 489: 223-30.

95_Carreras Panchón, A.: "Las leproserías y los hospitales de apestados (y II)." En: "Historia de los hospitales." *Revista El Médico*, 21 de mayo de 1993; nº 490: 235-42.

96_Carreras Roca, M.: "El lazareto de Mahón." De Manuel Rodríguez de Villalpando. *Medicina e Historia*; Barcelona, 1974; nº 40.

97_Carrillo, J.L.; Riera Perelló, P.; Gago, R.: "La introducción en España de las hipótesis miasmáticas y prácticas fumigatorias. Historia de una polémica (J.M. Aréjula-M.J. Cabanellas)." *Medicina e Historia*; Barcelona, abril de 1977; nº 67.

98_Casares Ávila, A., Botella Clarella, A.: "La nueva residencia sanitaria de Badalona en Barcelona." *Revista de Hospitales del Instituto Nacional de Previsión. Ministerio de Sanidad y Seguridad Social*, 1978; II, 1: 34-40.

99_Casares Ávila, A.: "Arquitectura hospitalaria." En: Temes, Pastor y Díaz: "Manual de gestión hospitalaria." Interamericana, McGraw-Hill; Madrid, 1992.

100_Casares Ávila, A., Ruiz Yébenes, R.: "La arquitectura del hospital." Díaz de Santos, 2008.

101_Castro, F.; San José, J.F.; Villafruela, J.M.; Méndez, C.; Guijarro, A: "Mejora de la ventilación de una habitación de hospital." *Ingeniería Hospitalaria*, 2008; 37: 1-7.

102_Castella, F.: "Hospital de Mollet, eficiencia y sostenibilidad." *Ingeniería Hospitalaria*, 2009; 42: 20-32.

103_CDC: "Guidelines for preventing the transmission of *Mycobacterium tuberculosis* in health care facilities." *MMWR*, 1994; 43 (RR 13): 1-132.

104_CDC: "Guidelines for preventing opportunistic infections among hematopoietic stem cell transplant (HSCT) recipients. Recommendations of CDC, the Infectious Disease Society of America, and the American Society of Blood and Marrow Transplantation." *MMWR*, 2000; 49 (RR-10): 1-125.

105_CDC: "Guidelines for Environmental Infection Control in Health Care Facilities. Recommendations of CDC and Health Care Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC)." *MMWR*, 2003; 52 (RR 10): 1-42.

106_CDC. "Guidelines for Preventing Health Care Associated Pneumonia, 2003. Recommendations of the CDC and the Health Care Infection Control Practices Advisory Committee." *MMWR Recomm Rep.*, 2004; 53 (RR-3): 1-40.

107_CDC: "Guideline for Preventing Transmission of *Mycobacterium Tuberculosis* in Health-Care Settings, 2005." *MMWR*, 2005; 54 (RR 17): 1-141.

108_CEN: CR 1752:1999: "Ventilation of buildings: Design criteria for indoor environment." European Committee for Standardization. Brussels, 2001.

109_Chávez del Valle, F.J.: "Zona variable de confort térmico." Tesis, Universidad Politécnica de Catalunya; Barcelona, mayo de 2002.

110_Chen, G.; Jiang, Z.; Moser, A.: "Control of airborne concentration and Draught Risk in an operating room." *Indoor Air*, 1992; V.2, Issue 3: 154-167.

111_Chen, H.W.; Chuang, C.Y.; Lin, H.T.: "Indoor air distribution of nitrogen dioxide and ozone in urban hospitals." *Bull Environ Contam Toxicol*, 2009; 83 (2): 147-50.

112_Cheong, K.W.; Chong, K.Y.: "Development and application of an indoor air quality audit to an air-conditioning building in Singapore." *Buildings and Environment*, 2001; 36: 181-8.

113_Clivegesa-Sacyl: "Directriz para la climatización y ventilación de bloques quirúrgicos." 17 de septiembre de 2007; *www.hospitecnia.com* (7/6/2010).

114_Coe, R.M.: "Las instituciones sanitarias: el hospital." En: "Sociología de la medicina." Alianza Editorial, ISBN 84-206-2055-6; Madrid, 1973: 271-366.

115_Comisión de las Comunidades Europeas: "Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo y al Comité Económico y Social Europeo. Estrategia europea de medio ambiente y salud." COM (2003), 338 final; Bruselas, 11 de junio de 2003.

116_Commission of the European Communities: "Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee. The European Environment & Health. Action Plan 2004-2010." COM (2004), 416 final; Brussels, 2004.

117_Commission of the European Communities, Commission Staff Working Paper. "Impact Assessment of the Thematic Strategy on Air Pollution and the Directive. Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe. Summary." Brussels, 2005.

118_Comisión de las Comunidades Europeas: "Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo sobre Calidad del Aire Ambiente y una Atmósfera más limpia en Europa." COM (2005), 447 final, 2005/0183 (COD); Bruselas, 2005.

119_Cornet, M.; Levy, V.; Fleury, L., et al: "Efficacy of prevention by high-efficiency particulate air filtration or laminar airflow against *Aspergillus* airborne contamination during hospital renovation." *Infect Control Hosp Epidemiol*, 1999; 20 (7): 508-13.

120_Crimi, P.; Argellati, F.; Macrina, G.: "Microbiological surveillance of hospital ventilation systems in department at high risk of nosocomial infections." *J Prev Med Hyg*, 2006; 47 (3): 105-9.

121_Cruceta, G.: *www.segla.net* (7/6/2010)

122_Cruceta, G.: "Verificación y validación de la calidad ambiental en áreas quirúrgicas." *Ingeniería Hospitalaria*, 2005; 30: 12-7.

123_Cruz Lavado, A.: "Integración de la seguridad, medio ambiente y calidad: la última tendencia." *Mapfre Seguridad*, 2001; 81: 3-11.

124_Daskalaki, E.G; Lagoudi, A.; Balaras, C.A.; Gaglia, A.: "Air quality in hospital operating rooms." *Building & Environment*, 2008; 43(11): 1945-52.

125_De la Fuente Casado, B.; San José Alonso, J.; Castro Pérez, F.; Villafruela Espina, J.M.; Feijó Muñoz, J.: "Determinación de la eficacia de ventilación en locales residenciales"; *www.inive.org/members_area/medias/pdf/inive/climamed/05.pdf* (10/7/2010).

126_De Muller, S.; Guerrero, M., Schroth, T.: "La vanguardia para la filtración de aire para hospitales. Nuevas normativas. Mantenimiento preventivo de los filtros." *Ingeniería Hospitalaria*, 2001; nº 22. *www.acih.org* (18/11/2008).

127_Dept. of Human Services, Victoria, Australia: "Guidelines for the classification and design of isolation rooms in health care facilities." July 1999.

128_Dettenkofer, M.; Seegers, S.; Antes, G.; Motschall, E.; Schumacher, M; Daschner, F.D.: "Does the architecture of hospital facilities influence nosocomial infection rates? A systematic review." *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2004; 25: 21-5.

129_Dharan, S., Pitted, D.: "Environmental control in operating theatres (review)." *J Hosp Infect*, 2002; 51: 79-84.

130_Dirección General de Asistencia Sanitaria. Osakidetza. D.G. Salud Pública. Departamento de Sanidad. "Recomendaciones para la minimización de los riesgos microbiológicos asociados a las infraestructuras hospitalarias de Osakidetza/Servicio Vasco de Salud." Vitoria, 1999.

131_Domínguez Hernández, V.: "Documento de consenso de la SEMPSPH sobre la validación de salas de ambiente controlado en hospitales." Málaga, junio de 2009.

132_Donahue, M. P.: "Historia de la enfermería." Ediciones Doyma. Versión española de: "Nursing. The finest art. An illustrated history." The CV Mosby Company; St. Louis Missouri (USA), 1985.

133_Dorchies, F.: "Nosocomial infections and air filtration in operating theatre suites. Application of French Standard NFS 90-351: 2003." Business Briefing: Hospital, Engineering & Facilities Management, 2005.

134_Duaris Ortí, M.: "Sistemas de gestión de las instalaciones." *Todo Hospital*, 2008; 250: 562-5.

135_Eames, I.; Tang, J.W.; Li, Y; Wilson, P.: "Airborne transmission of disease in hospitals." *J R Soc Interface*, 2009; 6, suppl.6: S 697-702.

136_Eames, I.; Shoaib, D.; Klettner, C.A. Taban, V.: "Movement of airborne contaminants in a hospital isolation room." http://rsif.royalsocietypublishing.org/content/6Suppl_6/S757.long (18/6/2010).

137_Editorial: "Cuidados intensivos. Un poco de historia." *Jano*, 1989; XXXVI (851): 9.

138_EPA: "Air quality criteria for particulate matter and sulphur oxides." US Environmental Health Protection Agency Staff; Report N. EPA-600/8-82-029, 1982.

139_EPA: "Report to Congress on indoor air quality. Assessment and control of indoor air pollution." US Environmental Health Protection Agency Staff; Report N. EPA-400/1-89-001C, 1989.

140_EPA & NIOSH: "Building Air Quality: A guide for building owners and facility managers." US Environmental Protection Agency Staff & National Institute for Occupation Safety and Health; EPA, 1991.

141_Esquerria Pizá, P.: "La eficiencia energética en la climatización." *Ingeniería Hospitalaria*, 2008; 38: 18-24.

142_Essex-Lopresti, M.: "Operating theatre design." *Lancet*, 1999; 353: 1007-10.

143_Etheridge, D.; Sandberg, M.: "Building ventilation. Theory and measurements." John Wiley & Sons, ISBN 471 960877; 1996.

144_Evangelista Benítez, M.: "Organización del hospital. Estructuras y líneas de función." Ediciones Ministerio de Sanidad y Seguridad Social, ISBN 84-500-2.463-3; Madrid, 1980.

145_Falagán Rojo, M.J.: "Ambiente con sobre carga térmica." En: "Higiene Industrial-Manual práctico. V. II: Agentes físicos y actividades especiales." Fundación Luis Fernández Velasco, ISBN 978-84-936086-0-6; Oviedo, 2008.

146_Falvey, D.G.; Streifel, A.J.: "Ten-year sample analysis of Aspergillus prevalence in a university hospital." J Hosp Infect, 2007; 67: 35-41.

147_Fang, L.; Clausen, G.; Fanger, P.O.: "Impact of temperature and humidity on chemical and sensory emissions from building materials." Indoor Air, 1999; 9: 193-201.

148_Feijó, J.: "Instalaciones de climatización en la arquitectura." Universidad de Valladolid, ISBN 8484480623; Valladolid, 2000.

149_Federal Interagency Committee for Indoor Air Quality. Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/iaq/ciaq/> (10/4/2010).

150_Fernández Abasolo, A.: "Del enfoque de la reparación al enfoque de la fiabilidad: evolución del mantenimiento hospitalario." Todo Hospital, 2004; 208: 405-8.

151_Fernández Inglada, L.: "El modo de hacer." En: VVAA. "Hospital Universitario Río-Hortega." Junta de Castilla y León, Sacyl y Acciona, 2008; 15-23.

152_Figuerola Tejerina, A.: "Prevención y medidas de control de la contaminación fúngica ambiental en áreas quirúrgicas." Jornadas bioMérieux-Bioseguridad en Áreas Quirúrgicas; Madrid, 29 de junio de 2010.

153_Flórez, F.: "El programa de necesidades: su planteamiento." Revista de Hospitales del Instituto Nacional de Previsión. Ministerio de Sanidad y Seguridad Social; INP, 1977; Año I, nº 1: 22-29.

154_Flórez, F.: "La arquitectura del Centro Ramón y Cajal." Revista de Hospitales del Instituto Nacional de Previsión. Ministerio de Sanidad y Seguridad Social; INP, 1977; Año I, nº 1: 6-17.

155_Flórez, F.: "El bloque quirúrgico." Revista de Hospitales del Instituto Nacional de Previsión. Ministerio de Sanidad y Seguridad Social; INP, 1978; Año II, nº 3: 3-15.

156_Flórez, F.: "El espacio físico en las unidades de cuidados especiales." Revista de Hospitales del Instituto Nacional de Previsión. Ministerio de Sanidad y Seguridad Social; INP, 1978; Año II, nº 1: 23-33.

157_Flórez Plaza, F.; López-Fando de Castro, L.: "Teoría arquitectónica de los hospitales comarcales." Revista de Hospitales del Instituto Nacional de Previsión. Ministerio de Sanidad y Seguridad Social; INP, 1978; Año II, nº 4: 36-47.

158_Freixa Pamiás, R.: "Unidades coronarias: evolución histórica." Rev Lat Cardiol, 1999; 20: 154-7.

159_FREMAP: "Higiene industrial." Madrid, 1992.

160_Fuente, B.: "Metodología para el estudio de la calidad de la ventilación en recintos residenciales." Tesis Doctoral, Departamento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica; Universidad de Valladolid, 2007.

161_Gallostra Isern, J.; de la Torre Caballero, L., Goiricelaya Massobrio J.: "Criterios de diseño de sistemas eléctricos y ambientales en las áreas de riesgo de un hospital: tendencias actuales y de futuro." XXII Seminario de Ingeniería Hospitalaria, Congreso Nacional de la AEIH; Barcelona, 13-16-X-2004.

162_García, J.; Hernández, S.: "Bioseguridad ambiental en instituciones sanitarias." Med Prev, 2001; 7 (3): 23-34.

163_García Guerra, D.: "El hospital general." En: "Historia de los hospitales." Revista El Médico, 26 de marzo de 1993; nº 482: 147-58.

164_García Orcoyen, S.; Serigó Segarra, A.: "El hospital, nuevo dispositivo de la sanidad pública." Policlínica, 1975; 17: 21-31.

165_Garner, J.S.; Simmons, B.P.: "CDC Guideline for isolation precautions in hospitals." Atlanta GA: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centres for Disease Control, 1983; HHS Publication, nº (CDC) 83-8314; Infect Control, 1983; 4: 245-325.

166_Gaspar, C.; Calvente, M.J.; Fernández, C.; Fereres, J.: "Control microbiológico aéreo de quirófano de ventilación plena. Sugerencia de estándares." Enferm Infecc Microbiol Clin, 1997; 15: 250-4.

167_Girón Irueste, F.: "Los hospitales en la España islámica." *Jano*, 5-10 de febrero de 1986; XXX (nº 3), nº 711: 437-46.

168_Givoni, B.: "Conservation and the use of integrated-passive energy systems in architecture." *Energy & Buildings*, 1981; 3(3): 213-227.

169_González, V., Grupo JG Ingenieros Consultores: "Sistemas de distribución de energía en grandes complejos hospitalarios: criterios de decisión estratégicos." *Todo Hospital*, 2009; 260: 621-31.

170_González Clará, V.: "Guía para el diseño o reforma de un bloque quirúrgico." *Ingeniería Hospitalaria*, 2009; 34: 4-15.

171_González de Pablo, A.: "La aparición de los hospitales en Bizancio." En: "Historia de los hospitales." *Revista El Médico*, 21-28 de noviembre de 1992; nº 468: 51-62.

172_González de Pablo, A.: "Los hospitales italianos." En: "Historia de los hospitales." *Revista El Médico*, 1994; nº 523: 543-50.

173_Goyenechea Alcalá-Zamora, L. de: "El Hospital de Mujeres de Cádiz." *Medicina e Historia*, 1988; nº 24 (3ª época).

174_Goodley, J.M.; Clayton, Y.M.; Hay, R.J.: "Environmental sampling for aspergillii during building construction on a hospital site." *J Hosp Infect*, 1994; 26: 27-35.

175_Grupo de Trabajo de la SEMPSPH (Sociedad Española de Medicina Preventiva, Salud Pública e Higiene) y el INSALUD: "Recomendaciones para la verificación de la bioseguridad ambiental respecto a hongos oportunistas." *Med Prev*, 1999; 1: 15-20.

176_Grupo de Trabajo de la SEMPSPH (Sociedad Española de Medicina Preventiva, Salud Pública e Higiene) y el INSALUD-2000: "Recomendaciones para la vigilancia, prevención y control de infecciones hospitalarias en hospitales en obras." Madrid, 2000; www.mpsp.org/mpsp/Documentos/otros/otros.htm.

177_Harvey, M.A.: "Critical-care-unit bedside design and furnishing: impact of nosocomial infections." *Infect Control Hosp Epidemiol*, 1998; 19(8): 597-601.

178_Hernández Calleja, A.: "Calidad del aire interior: Riesgos biológicos en los sistemas de ventilación/climatización." Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, NTP 313; Madrid, 1993.

179_Hernández Calleja, A.: "Ambiente térmico: inconfort térmico local." Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, NTP 501; Madrid, 1998; www.insht.es (7/6/2010).

180_Hernández Calleja, A.: "Agentes biológicos: equipos de muestreo (I)." Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, NTP 609.

181_Hernández Calleja, A.: "Agentes biológicos: equipos de muestreo (II)." Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, NTP 610.

182_Hernández Calleja, A.: "Bienestar térmico: criterios de diseño para ambientes térmicos confortables." Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, NTP 779; s/f www.insht.es (7/6/2010).

183_Humphreys, H.; Taylor, E.W.: "Operating theatre ventilation standards and the risk of postoperative infection." *J Hosp Infect*, 2002; 50: 85-90.

184_Humphreys H: "Positive pressure isolation and the prevention of invasive aspergillosis. What is the evidence?" *J Hosp Infect*, 2004; 56 (2): 93-100.

185_Hutchinson, F.W.: "Energy savings due to changes in design of ventilation and air flow systems." *Energy & Buildings*, 1977; 1(1): 69-76.

186_IDAE: "Guía de edificación sostenible. Calidad energética y medioambiental en edificación." Ministerio de Fomento y Fundación Institut Idefons Cerdà; Madrid, 1999

187_IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía): "Comentarios RITE-2007. Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios." Ministerio de Industria, Turismo y Comercio; Madrid, 2007; www.idae.es. (5/6/2010).

188_INSALUD: "Normas básicas para controlar quirófanos dedicados a patologías de alto riesgo." Ministerio de Sanidad y Consumo. Subdirección General de Gestión de Atención Hospitalaria; Madrid, 1990.

189_INSALUD: "Guía práctica para el diseño y mantenimiento de la climatización en quirófanos." INSALUD; Madrid, 1996; nº de publicación 1685.

190_Institute of Environmental Sciences: "Federal Standard 209E. Airborne particulate cleanliness classes in clean rooms and clean zones. Revised 1992." US General Service Administration, Illinois.

191_INSHT-Martí Solé, M.C.: "Método para el recuento de bacterias y hongos del aire." Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, NTP 299; Madrid, 1993.

192_INSHT-Martí Solé, M.C.; Alonso Espadalé, R.M.; Constans Aubert, A.: "Calidad del aire interior: evaluación de la presencia de polen y esporas fúngicas." Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, NTP 335; Madrid, 1994.

193_INSHT-Hernández Calleja, A.: "Contaminantes biológicos: criterios de valoración." Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, NTP 409; 1996.

194_Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo: "Guía Técnica para la Evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo." Ministerio de Trabajo e Inmigración; Madrid, 2006.

195_Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo: "Guía Técnica. Directiva 98/24/CE, sobre protección contra los riesgos por agentes químicos. RD 374/2001, de 6 de abril." Madrid, 2003.

196_ISO 7243: 1989. "Hot environments. Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (Wet Bulb Globe Temperature)."

197_ISO 7726: 1998. "Ergonomics of the thermal environments. Instruments and methods for measuring physical quantities."

198_Izard, J.L.; Guyot, A.: "Arquitectura Bioclimática." Ed. Gustavo Gili, ISBN 968-6085-69-6; Barcelona, 1980.

199_Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations: "Infection control issues in the environment of care." Library of Congress, ISBN 0-86688-874-8; USA, 2005.

200_Joly, R.; Jarzuel, Y.: "Climatisation et santé." CAMIP, 1992; 4: 475-79.

201_Kelland, P.: "Sick building syndrome, working environment and hospital Staff." *Indoor Environ*, 1992; 1(6): 335-40.

202_Kennedy, H.F.; Michie, J.R.; Richardson, M.D.: "Air sampling for *Aspergillus* spp-during building activity in a paediatric hospital ward." *J Hosp Infect*, 1995; 31 (4): 322-5.

203_Kinmoth, J.B.; Hare, R.; Tracy, G.D.; Thomas, C.G.; Marsh, J.D.; Jantet, G.H.: "Studies of theatre ventilation and surgical wound infection." *Br Med J*, 1958; ii: 407-411.

204_Khan, N.; Su, Y.; Riffat, S.B.: "A review on wind driven ventilation techniques." *Energy & Buildings*, 2008; 40 (8): 1586-604.

205_Kottek, S.S.: "The hospitals in Jewish history." *Reviews of Infectious Diseases*, 1981; V. 3, nº 4: 636-9.

206_Kusne, S.; Krystofak, S.: "Infection control issues after solid organ transplantation in transplant infection." En: Bowden, R.A.; Ljungman, P.; Paya, C.V. (Eds): "Transplant infections." Lippincott, Williams & Wilkins (2nd ed.), ISBN 0-7817-3907-1; Philadelphia, 2003.

207_Landrin, A.; Bissery, A.; Kac, G.: "Monitoring air sampling in operating theatres: can particle counting replace microbiological sampling?" *J Hosp Infect*, 2005; 61 (1): 27-9.

208_Lee, L.D.; Berkheiser, M.; Jiang, Y., et al: "Risk of bioaerosol contamination with *Aspergillus* species before and after cleaning in rooms filtered with high-efficiency particulate filters that house patients with hematologic malignancies." *Inf Control Hosp Epidemiol*, 2007; 28 (9): 1066-70.

209_Leclerc, P.; Roussel, A.: "La aerobiocontaminación hospitalaria: ejemplos de los bloques operatorios." *La Vie Médicale* (ed. española), 1982; 148: 40-4.

210_Leski, E.: "El hospitalismo. Consideración histórica." *Hexágono Roche*, 1979; año 2, nº 1: 1-10.

211_Leung, M.; Chan, A.H.S.: "Control and management of hospital indoor air quality." *Med Sci Monit*, 2006; 12 (3), SR 17-23.

212_Li, Y.; Leung, G.M.; Tang, J.W.; Yang, X., et al: "Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment – a multidisciplinary systematic review." *Indoor Air*, 2007; 17: 2-18.

213_Lidwell, O.M.: "Airborne bacteria and surgical infection." *Am J Med*, 1981; 70: 693-7.

214_Lidwell, O.M.; Williams, R.E.O.: "The ventilation of operating theatres." *J Hyg* 1960; 58: 449-64.

215_Lidwell, O.M.; Lowbury, E.J.L.; Whyte, W.; Blowers, R.; Stanley, S.J.; Lowe, D.: "Effect of ultraclean air in operating rooms on deep sepsis in the joint after total hip or knee replacement: a randomised study." *Br Med J*, 1982; 285: 10-4.

216_Lidwell, O.M.; Lowbury, E.J.L.; Whyte, W.; Blowers, R.; Stanley, S.J.; Lowe, D.: "Airborne contamination of wounds in joint replacement operations: the relationship to sepsis rates." *J Hosp Infect*, 1983; 4: 111-31.

217_Llevot, J.: "Una introducción a la evaluación de la ventilación de quirófanos." *Todo Hospital*, 2009; 262: 759-63.

218_Llewelyn-Davies, R., Macaulay, H.M.C.: "Diseño del hospital." En: "Planificación y administración de los hospitales." Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 1970; 59-60; 65-87.

219_Llewelyn-Davies, R., Macaulay, H.M.C.: "Instalaciones y servicios de hospitalización." En: "Planificación y administración de los hospitales." Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 1970; 111-20.

220_Llewelyn-Davies, R., Macaulay, H.M.C.: "Los servicios médicos técnicos." En: "Planificación y administración de los hospitales." Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 1970; 145-54.

221_Lomas, K.J.; Cook, M.J.; Fiala, D.: "Low energy architecture for a severe US climate: Design and evaluation of a hybrid ventilation strategy." *Energy & Buildings*, 2007; 39 (1): 32-44.

222_Lomas, K.J.: "Architectural design of an advanced naturally ventilated building form." *Energy & Buildings*, 2007; 39 (2): 166-81.

223_López Arroyo, R.: "Métodos alternativos para evaluar la contaminación fúngica del aire en el trabajo." *Mapfre Seguridad*, 2006; 103: 6-19.

224_Lynch, P.; Jackson, M.M.; Cummings, M.J.; Stamm, W.E.: "Rethinking the role of isolation practices in the prevention of nosocomial infections." *Ann Intern Med*, 1987; 107 (2): 243-6.

225_Marincic, I.: "Respuestas térmicas dinámicas en edificios: Control térmico a través de la climatización natural." Tesis, Universidad Politécnica de Catalunya; Barcelona, junio de 1999.

226_Maroni, M (Ed.): "Ventilation and indoor Air Quality in Hospitals." Springer, ISBN: 978-0-7923-4076-8; 1996.

227_Marqués Marqués, F.: "Protocolo para el estudio integral de la calidad del aire en espacios." Medicina de empresa, 1991; V. 25; nº 3: 23-35.

228_Martí Solé, M.C.; Obiols Quinto, J.: "Síndrome del edificio enfermo: enfermedades relacionadas y papel de los bioaerosoles." Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, NTP 228, 1991; 1-6.

229_Martín, R.: "Módulos de flujo laminar para quirófanos." Ingeniería Hospitalaria, 2008; 11 (11): 14-7.

230_Martínez Estrada, J.: "Las instituciones sanitarias de la Seguridad Social. La Ley de Bases de la Seguridad Social." En: VVAA: "Temas de Administración Hospitalaria." Escuela de Dirección y Administración Hospitalaria." Madrid, 1975; 203-20.

231_Martínez García, F.: "Prevención integral en el diseño de edificios e instalaciones." Mapfre Seguridad, 2005; 97: 15-28.

232_Ministerio de Sanidad y Consumo (Ed.): "Guía para la prevención y control de la infección en el hospital." ISBN: 84-7670 265; Madrid, 1981.

233_Ministerio de Sanidad y Consumo: "Recomendaciones para la prevención y control de la legionelosis." Secretaría General Técnica, ISBN 84-7670-507-7; Madrid, 1999.

234_Molina, J.; de Miguel, I.; Bolaños, M.; Santandreu, M.; López, I.: "Bioseguridad ambiental en un hospital con grandes obras: 5 años de vigilancia de la contaminación fúngica." Med Prev, 2008; XIV (2): 11-7.

235_Mollat, M.; Gutton, J.P.; Imbert, J.; Raynaud, P.; Veyret, L.: "Histoire des hôpitaux en France." Privat, ISBN 2-7089-8813-1; Toulouse, 1982.

236_Monge-Jodra, V.: "Contaminación ambiental en zonas de riesgo hospitalario." Ingeniería Hospitalaria, 2001; nº 22; www.aih.org (18/11/2008).

237_Mora, R.; English, M.J.M.; Athienitis, A.K.: "Assessment of thermal comfort during surgical operations." ASHRAE Transactions, 2001; 107: 52-62.

238_Morawska, L.; Jamriska, M.; Francis, P.: "Particulate matter in the hospital environment." Indoor Air, 1998; 8: 285-94.

239_Morris, G.; Kokki, M.H.; Anderson, K.; Richardson, M.D.: "Sampling on Aspergillus spores in air." *J Hosp Infect*, 2000; 44 (2): 81-92.

240_Münch, W.; Rüdén, H.; Schkalle, Y.D.; Thiele, F.: "Flow of microorganisms in a hospital stair-shaft-A full scale measurements and mathematical model." *Energy & Buildings*, 1986; 9 (3): 253-62.

241_Muñoz, P.; Burillo, A.; Bouza, E.: "Environmental surveillance and other control measures in the prevention of nosocomial fungal infections." *Clin Microbiol Infect*, 2001; 7 (Supl 2): 38-45.

242_Murray, W.A.; Streifel, A.J.; O'Dea, T.J.; Rhame, F.S.: "Ventilation for protection of immune compromised patients." *ASHRAE Transactions*, 1988; 94: 1185.

243_Nathanson, T.: "Indoor air quality in office buildings. A technical guide." Minister of Supply and Services Canada, ISBN 0-662-23846-X; Ottawa, Ontario, 1995.

244_National Health Service States: "Ventilation in healthcare premises." Health Technical Memorandum 2025; London, 1998.

245_Neufert, E.: "Arte de proyectar en arquitectura." Ed. Gustavo Gili S.A.. (14ª ed.), ISBN 84-252-0053-9; Barcelona, 1995; 477-517.

246_Ortiz, G.; Yagüe, G.; Segovia, M.; Catalán, V.: "A study of air levels in different areas of a hospital." *Current Microbiology*, 2009; 59 (1): 53-8.

247_Otaiza, F.: "Prevención de infecciones intrahospitalarias de transmisión aérea." 3^{er} Congreso de Infraestructura Hospitalaria; Santiago de Chile, 5-7 de agosto de 2009; www.hospitalaria.cl (23/11/2009).

248_Padma Srikanth; Suchithra Sudharsanam; Steinberg, R.: "Bioaerosols in indoor environment: composition, health effects and analysis." *Indian Journal of Medical Microbiology*, 2008; 26 (4): 302-12.

249_Pardell Alenta, H.: "El bloque quirúrgico." *Policlínica*, 1976; 31: 47-56.

250_Pasanen, P.; Pasan, A.L.; Janunen, M.: "Water condensation promoter fungal growth in ventilation ducts." *Indoor Air*, 1993; 3: 106-112.

251_Pascual Cañellas, J.M.; De los Santos Arnau, F.: "Dos proyectos de ampliación: Hospital General Valle de Hebrón, Barcelona, y Corporación Sanitaria Parc Paulí, Sabadell." XXII

Seminario de Ingeniería Hospitalaria, Congreso Nacional, AEIH; Barcelona, 13-16 de octubre de 2004.

252_Pastor, P.: "Partículas en suspensión." Hoja Informativa HiA-02, Ambisalud; www.ambisalud.es (1/5/2010)

253_Pastor Pérez, P.: "Sanidad ambiental de ambientes interiores. Diagnóstico de calidad ambiental." Ambisalud; www.ambisalud.es (1/5/2010).

254_Pastor Pérez, P.: "Nuevos desarrollos normativos en entornos hospitalarios." Seminario de Ingeniería Hospitalaria; Santiago de Compostela, octubre de 2009; www.ambisalud.es (10/6/2010).

255_Patel, R.; Paya, C.V.: "Infections in solid organ transplant recipients." *Clin Microbiol Rev*, 1997; 10: 86-124.

256_Paugam, A.; Renaud, B.; Bousset, B.; Salmon, D.; Dupouy-Camet, J.: "Contribution of the air mycological control for the prevention of invasive aspergillosis." *Pathol Biol*; París, 1997; 45: 410-3.

257_Pérez Jordá, P., Pastor, P.: "Consumos energéticos y calidad del aire en los quirófanos." *Ingeniería Hospitalaria*, 2009; 42: 4-13.

258_Pérez Rubio, A.; Luquero Alcalde, F.J.; Sanz, S, et al: "Calidad de aire en ambientes interiores." *Todo Hospital*, 2006; 232: 666-70.

259_Pérez Sheriff, M.: "Requisitos funcionales que condicionan el diseño del bloque quirúrgico: guión de programación y diseño." En: VVAA: "Temas de dirección hospitalaria." T. III. Escuela de Gerencia Hospitalaria, ISBN: 84-500-4723 4; Madrid, 1981; 329-67.

260_Pérez Sheriff, M.: "Unidad de enfermería." En: VVAA: "Temas de dirección hospitalaria." Ministerio de Sanidad y Seguridad Social. Servicio de Publicaciones; Madrid, 1978; 153-98.

261_Pérez Sheriff, M.: "Arquitectura hospitalaria." En: VVAA: "Temas de dirección hospitalaria." T. I. Escuela de Gerencia Hospitalaria. Ministerio de Sanidad y Seguridad Social. Servicio de Publicaciones; Madrid, 1980; 227-307.

262_Peset, J.L.: "El hospital en el mundo contemporáneo (II)." En: "Historia de los hospitales." *Revista El Médico*, 1993; nº 486: 195-206.

263_Peset, J.L.: "El hospital en el mundo contemporáneo (III)." En: "Historia de los hospitales." Revista El Médico, 1993; nº 488: 211-18.

264_Pich Aguilera, F.; París, J.: "Estrategias medioambientales en los diseños hospitalarios." Todo Hospital, 2009; 260: 602-6.

265_Piédrola Angulo, G: "Introducción." En: "La higiene hospitalaria en la obra de Benito Bails (1730-1797)." Universidad de Granada, 1978; I-IV.

266_Porras Gallo, M.I.: "El Hospital del Rey de Madrid." En: "Historia de los hospitales." Revista El Médico, 20 de mayo de 1994; nº 530: 603-10.

267_Porras Orúe, P.: "Algunos aspectos económicos de la evolución del concepto de hospital." En: VVAA: "Temas de administración hospitalaria." Escuela de Dirección y Administración Hospitalaria; Madrid, 1975: 131-43.

268_Qian, H.; Li, Y.; Nielsen, P.V.; Hylgaard, C.E.; Wong, T.W.; Chwang, A.T.Y.: "Dispersion of exhaled droplet nuclei in a two-bed hospital ward with three different ventilation system." Indoor Air, 2006; V. 16; Issue 2: 111-28.

269_Capital Works Guidelines: "Building and refurbishment: infection control guidelines." Queensland Health. Australia , 2002.

270_Quinn, M.M.; Fuller, T.P.; Bello, A.; Galligan, C.J.: "Pollution prevention-occupational safety and health in hospitals: alternatives and interventions." J Occup Environ Hyg, 2006; 3(4): 182-93.

271_Rashid, M.: "The architecture of safety: hospital design." Curr Opin Crit Care, 2007; 13 (6): 714-9.

272_Real Decreto 486/1997, del 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (BOE núm. 97, del 23 de abril de 1997).

273_Real Decreto 1027/2007, del 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (BOE núm. 207, del 29 de agosto de 2007).

274_Real Decreto 1286/2009, de 27 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios, aprobado por el Real Decreto 1027/2007, del 20 de julio (BOE núm. 298, del 11 de diciembre de 2009).

275_ Real Decreto 173/2010, del 19 de febrero, por el que se modifica el Código Técnico de Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, del 17 de marzo, en materia de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad (BOE núm. 61 del 11 de marzo de 2010).

276_Remón Aldave, M.: "Historia de los hospitales." Revista El Médico, 18 de enero de 1985; 45-53.

277_Rescalvo Santiago, F., De la Fuente Martín, J.M.: "Condiciones ambientales en ergonomía." En: Rescalvo Santiago: "Ergonomía y salud." Junta de Castilla y León, 2004: 337-79.

278_Rey Martínez, F.J., Ceña Callejo, R.: "Edificios saludables para trabajadores sanos: calidad de ambientes interiores." Consejería de Empleo y Fomento, ISBN 84-933938-5-1; Junta de Castilla y León, 2006.

279_Rey Martínez, F.J., Velasco Gómez, E.: "Eficiencia energética en edificios." Thomson Paraninfo, ISBN 84-9732-419-6; Madrid, 2006.

280_Rey Martínez, F.J., Velasco Gómez, E.: "Calidad de ambientes interiores." Thomson, ISBN 84-9788497325400; Madrid, 2007.

281_Rey, F.J.; Velasco, E.; Varela, F.: "Building Energy Analysis (BEA): A methodology to asses building energy labelling." Energy & Buildings, 2007; 39 (6): 709-16.

282_Riera, J.: "El hospital: su evolución histórica." En: "Historia, medicina y sociedad." Eds. Pirámide S.A., ISBN 84-368-0294-2; Madrid, 1985; 377-404.

283_Riley, R.L.: "The ecology of indoor atmospheres: airborne infection in hospitals." J Chronic Dis, 1972; 25 (8): 421-3.

284_"RITE 2007 + resumen de normas UNE." Cano Pina S.L. Ediciones Ceysa (2ª ed.), ISBN 978-84-96960-14-5; 2008.

285_Rodrigue, J.Y.; Raffaelli, C.: "Climatisation et santé: la même aspiration." Rev Gen Sec, 1990; 94: 40-1.

286_Rodriguez, F.; Vila-Masana, J.: "Espacios, arquitectura y equipos básicos en el Área Quirúrgica." Todo Hospital, 2009; 262: 752-8.

287_Romero, M.: "Los sistemas de aire acondicionado y su relación con la calidad del aire ambiente en los hospitales." *Ingeniería Hospitalaria*, 2005; nº 30: 22-9.

288_Ronzano, E.; Dapena, J.L.: "Sistemas de aireación." *www.cidta.usal.es* (7/6/10).

289_Rosell Farrás, M.G.; Guardino Solá, X.; Berenguer Subils, M.J.: "El control de la ventilación mediante gases trazadores." Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, NTP 345.

290_Rosen, G: "El hospital. Sociología histórica de una institución comunitaria." En: "De la policía médica a la medicina social." Siglo Veintiuno Eds., ISBN 968-23-1225-6; México, 1985; 315-50.

291_Rosenfield, I.: "Hospital architecture and beyond." Van Nostrand Reinhold and Co.; New York, 1969.

292_Ruiz Yébenes, R.; Casares Ávila, A.: "La arquitectura del hospital." Ed. Díaz de Santos S.A., ISBN 8479788550; Madrid, 2008.

293_Rydock, J.P.; Pål Kjetil Eian, P.; Lindqvist, C.; Welling, I.; Lingaas, E: "Best Practice in Design and Testing of Isolation Rooms in Nordic Hospital." NT Technical Report. Oslo, September 2004; Nordic Innovation Centre, Nordtest. TR 564. Approved 2005-11. *www.nordicinnovation.net* (11/7/2009)

294_Sabaté, J.: "Arquitectura y eficiencia energética." *Todo Hospital*, 2008; 250: 566-71.

295_San José-Alonso, J.F.; Velasco-Gómez, E.; Rey-Martínez, F.J.; Álvarez-Guerra, M.; Gallego-Peláez, C.: "Study on environmental quality of a surgical block." *Energy & Buildings*, 1999; 29 (2): 179-82.

296_San José Alonso, J.F. et al.: "Indicadores de energía térmica en los hospitales de Castilla y León." *Todo Hospital*, 2009; 260: 641-8.

297_Sánchez Granjel, L: "Instituciones asistenciales." En: "Historia política de la medicina española." Instituto de Historia de la Medicina Española y Real Academia de Medicina de Salamanca, ISBN 84-600-4038-0; Salamanca, 1985: 214-8.

298_Sánchez Vaqué, A.: "Dirección de obra de las instalaciones de un hospital." *Todo Hospital*, 209, 2005; 457-66.

299_Sandberg, M.; Sjöberg, M.: "The use of moments for assessing air quality in ventilated rooms." *Building & Environment*, 1993; 18: 181-97.

300_Santacruz Martín, J.M.: "Legislación aplicable en seguridad y mantenimiento de edificios." *Todo Hospital*, 2005; 215: 182-92.

301_Santamaría Ramiro, J.; Polo Bamala, A.C.; Aguado Sierra, S.; Coronas Cerezuela, J.: "Eliminación de compuestos orgánicos volátiles del ambiente interior de edificios." *Mapfre Seguridad*, 2002; 87: 23-32.

302_Santos Guerras, J.J.: "Verticalidad versus horizontalidad. Historia de la construcción de los hospitales en el siglo XX." *Informes de la Construcción*, 2003; V. 55, nº 485: 13-25, 143-83.

303_Saravia, E.J.: "Sistema autónomo de adquisición de datos portátil Data Logger." Noviembre de 2004; www3.fi.mdp.edu.ar/electronica/Tesis_Grado.htm (5/5/2008).

304_Sarica, S.; Asan, A.; Otkun, M.T.; Ture, M.: "Monitoring indoor airborne fungi and bacteria in the different areas of Trakya University Hospital. Edirne, Turkey." *Indoor Air Environ*, 2002; 11: 285-92.

305_Schneider, T.; Sundell, J.; Bischoff, W., et al.: "EUROPART. Airborne particles in the indoor environment. A European interdisciplinary review of scientific evidence on associations between exposure to particles in building and health effects." *Indoor Air*, 2003; 13: 38-48.

306_Schulster, L.M.; Chin, R.Y.W.; Arduino, M.J., et al.: "CDC Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities." Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC), US Department of Health and Human Services. Centres for Disease Control and Prevention (CDC); Atlanta GA 30333, 2003.

307_Scott, C.C.: "Laminar/linear flow system of ventilation." *Lancet*, 1970; 989-93.

308_Sennet, R.: "Carne y piedra." Alianza Editorial S.A., ISBN 84-206-9489-4; Madrid, 1997; 369-72.

309_Serigó Segarra, A.: "Evolución del concepto de hospital." En: "Bases para la organización de los servicios sanitarios." PANAP; Madrid, 1972; 147-63.

310_Serra Florensa, R., Coch Roura, H.: "Arquitectura y energía natural." Eds. UPC. Barcelona, 1995.

311_Serra, R.: "Arquitecturas y climas." Ed. Gustavo Gili, ISBN 978-84-252-1767-8; Barcelona, 1999.

312_Shaw, D.; Doig, C.M.; Douglas, D.: "Is airborne infection in operating theatres an important cause of wound infection in general surgery?" *Lancet*, 1973; i: 17-19.

313_Shooter, R.A.; Taylor, G.W.; Ellis, G.; Ross, J.P.: "Postoperative wound infection." *Surg Gynecol Obstet*, 1956; 103: 257-62.

314_Siegel JD, Rhinehart E, Jackson M, Chierello L, and Healthcare Infection Control Practice Advisory Committee: "Guideline for Isolation Precautions: Preventing Transmission of Infectious Agents in Healthcare Settings 2007." CDC; Atlanta, 2007; http://www.cdc.gov/ncidod/dhqp/pdf/isolation_2007/pdf.

315_Skoog, J.; Fransson, N.; Jagemar, L.: "Thermal environment in Swedish hospital." *Energy and Building*, 2005; 37 (8): 272-7.

316_Smalley, H.E., Freeman, J.R.: "Dirección y organización de clínicas y hospitales." Ibérico Europe de Ediciones S.A.; Madrid, 1970; 41-51.

317_Smyth, E.T.; Humphreys, H.; Stacey, A.; Taylor, E.W.; Hoffman, P.; Bannister, G.: "Survey of operating theatre ventilation facilities for minimally invasive surgery in Great Britain and Ireland." *J Hosp Infect*, 2005; 61: 112-22.

318_Sociedad Española de Medicina Preventiva, Salud Pública e Higiene (SEMPSPH): "Estudio de prevalencia de las infecciones nosocomiales en los hospitales españoles. EPINE-2007 (18º estudio). Protocolo del estudio." Marzo de 2007.

319_Sociedad Madrileña de Medicina Preventiva y Sociedad Madrileña de Microbiología: "Guía para la buena práctica en prevención de micosis invasoras nosocomiales." Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid; Madrid, 2003.

320. Soriano Rull, A.: "Código técnico de la edificación." 2 vols. Marcombo S.A. ISBN 978-84-267-1752-2 y 978-84-267-1573-9; Barcelona, 2009.

321. Spaul, W.A.: "Building-related factors to consider in indoor air quality evaluations." *J Allergy Clin Immunol*, 1994; 94 (2Pt2): 385-9.

322_Srinivasan, A.; Beck, C.; Buckey, T., et al: "The ability of hospital ventilation system to filter Aspergillus and other fungi following a building impulsion." *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2002; 23 (9): 520-4.

323_Stetzenbach, L.D. (P.I.) et al: "Appendix E-VIVO thermal comfort sensors." En: "Management and verification of building performance characteristics." National Centre for Energy Management and Building Technologies. University of Nevada, Las Vegas, 2008; 108-29.

324_Sundell, J.: "On the history of indoor air quality and health." *Indoor Air*, 2004; 14 (Suppl 7): 51-8.

325_Tarodo, J.A.R.; García Fuertes, J.R.: "Gripe A y calidad del aire interior." *El Instalador*, 2009; 466: 4-9.

326_Technical Report nº 23: "Ventilation, good indoor air quality and rational use of energy. European Collaborative Action. Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure." European Commission EUR 20.741 EN, ISBN 92-894-5664-7; Luxembourg, 2003.

327_Thio, C.L.; Smith, D.; Merz, W.G., et al: "Refinements of environmental assessment during an outbreak investigation of invasive aspergillosis in a leukemia and bone marrow transplant unit." *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2000; 2 (1): 18-23.

328_Thompson JD & Goldin G.: "The Hospital: a social and architectural history." New Haven and London, 1975.

329_Tornés Granados, E.: "Arquitectura asistencial en Madrid (1800-1930)." *Revista El Médico*, 18 de enero de 1985; 54-60.

330_Tornes Granados, E.: "El antiguo hospital de San Francisco de Paula." *TM Hospitales*, 1990; IV, nº 61: 13-14.

331_Tornes, E.: "Escuela de Matronas y Casa de Salud de Santa Cristina." *TH Hospitales*, 1991; IV, nº 68: 10-1.

332_Trueells, J.: "Los hospitales flotantes contra la viruela en el Londres victoriano." *Vacunas*, 2009; 10 (1): 268-75.

333_Valdés Budge, F.: "Diseño arquitectónico y eficiencia energética." 3^{er} Congreso de Infraestructura Hospitalaria; Santiago de Chile, 5-7 de agosto de 2009; www.hospitalaria.cl (22/11/2009).

334_Valea Pérez A., Alonso Girón JM: "Radiación infrarroja y ultravioleta. Tecnologías y aplicaciones." McGraw-Hill, ISBN 84-481-2041-8; Madrid, 1998.

335_Van Berkel, B.: "La ventana perfectible. Vivienda en detalle." Arquitectura Viva, 2000; 86: 10-5.

336_Vaqué, J., Grupo de Trabajo EPINE: "Evolución de la prevalencia de las infecciones nosocomiales en los hospitales españoles." SEMPSPH, 2004.

337_Vaquero Puerta, J.L.: "La organización hospitalaria de la Seguridad Social." Ed. Universidad de Salamanca, ISBN 84-7481-021-3; Salamanca, 1979.

338_Vaquero Puerta J.L., Castrodeza Sanz J.J.: "Nuevos problemas epidemiológicos relacionados con el medio ambiente: síndrome del edificio enfermo y múltiple sensibilización química." Medicina Preventiva, 1997; III (4): 26-9.

339_Vaquero Puerta, J.L.; Ceña Callejo, R: "Prevención de riesgos laborales: seguridad, higiene y ergonomía." Pirámide (2ª), ISBN 84-368-1377-4; Madrid, 1999.

340_Vaquero, J.L. "Breve historia de la antisepsia y asepsia quirúrgicas." Revista Española de Investigaciones Quirúrgicas, 2006; IX (1): 41-48.

341_VVAA: "Normas UNE del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)." Asociación Española de Normalización y Certificación (1ª ed.), ISBN 8481435369; 2007.

342_Verein Deutscher Ingenieure, VDI 6002: "Hygienic standards for ventilation and air-conditioning systems." 6002-1 (2006): "Hygienic standards for ventilation and air-conditioning systems. Offices and assembly rooms." 6002-2 (2007): "Hygienic standards for ventilation and air-conditioning systems. Standards for hygienic training." 6002-3 (2007): "Hygienic standards for ventilation and air-conditioning systems. Conditioning system in production facilities and business enterprises."

343_Vidal Lucena, J.: "Norma UNE 171330-4." Jornadas bioMérieux-Bioseguridad en Áreas Quirúrgicas; Madrid, 29 de junio de 2010.

344_Viollet-Le Duc: "La arquitectura hospitalaria francesa en los siglos XI a XVI." Revista de Hospitales del Instituto Nacional de Previsión, Ministerio de Sanidad y Seguridad Social; INP, 1978; año II, nº 3: 33-45.

345_Wargocki, P.; Sundell, J.; Bischof, W., et al: "Ventilation and health in nonindustrial indoor environments. Report for a European multidisciplinary scientific consensus meeting." Indoor Air, 2002; 12: 113-28.

346_WHO: "Health aspects to indoor air quality. Report on a WHO working Group." World Health Organization, WHO EURO Reports and Studies 21, Regional Office for Europe; Copenhagen, 1979.

347_WHO: "Indoor air pollutants: exposure and health effects. Report on a WHO meeting." World Health Organization Regional Office for Europe, WHO EURO Reports and Studies 78; Copenhagen, 1983.

348_WHO: "Indoor air research." World Health Organization Regional Office for Europe, EURO Reports and Studies 103; Copenhagen, 1986.

349_WHO: "Air Quality Guidelines for Europe." World Health Organization Office for Europe. Regional Publications; European Series nº 23; 1987.

350_WHO: "Air quality guidelines for Europe." WHO Regional Office for Europe. WHO Regional Publications; European Series nº 23; Copenhagen, 1987.

351_WHO: "Air Quality Guidelines for Europe 2000." World Health Organization Regional Office for Europe; Copenhagen, 2000.

352_WHO: World Health Organization: "Air Quality Guidelines 2000." World Health Organization; Geneva, 2000.

353_WHO: "Evaluation and use of epidemiological evidence for environmental health risk assessment." Guideline Document, EURO 100/so20369; World Health Organization, Europe; Copenhagen, 2000.

354_WHO: "WHO strategy on air quality and health. Occupational and environmental health protection of the human environment." World Health Organization; Geneva, 2001.

355_WHO: "Addressing the links between indoor air pollution, household energy and human health." World Health Organization; Geneva, 2002.

356_WHO: "Practical guidelines for infection control in health care facilities." 2004; [http://www.wpro.who.int/NR/\(10/7/2009\)](http://www.wpro.who.int/NR/(10/7/2009)).

357_Whyte, W.; Shaw, B.H.: "An experimental laminar-flow operating room." *Lancet*, 1971; ii: 905-971.

358_Whyte, W.; Shaw, B.H.: "A bacteriological evaluation of laminar flow systems for orthopaedic surgery." *J Hyg.*, 1973; 71: 559-64.

359_Whyte, W.; Hodgson, R.; Trinkler, J.: "The importance of airborne bacterial contamination of wounds." *J Hosp Infect*, 1982; 3: 123-36.

360_Working Committee for Building/Engineering of Patients Bedroom for Infectious Diseases: "New Guideline for planning/design of patients bedroom for infectious diseases." Health Publications, 2003.

361_Xie, X.; Li, Y.; Chwang, A.T.; Ho, P.L.; Seto, W.H.: "How far droplets can move in indoor environments. Revisiting the Wells evaporation-falling curve." *Indoor Air*, 2007; 17 (3): 211-25.

362_Zapatero Villalonga, E., Yuste Grijalba, F.J.: "El hospital." En: "Introducción a la medicina preventiva y social." Pulso Editorial; Barcelona, 1971; 166-80.

363_Zhai, Z.J.; Chen, Q.Y.: "Performance of coupled building energy and CFD simulations." *Energy & Buildings*, 2005; 37 (4): 333-44.

ANEXOS

DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

ANEXO A. ANTIGUO HURH.

ANEXO B. NUEVO HURH.

ANEXO C. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y URBANÍSTICA
DEL ANTIGUO Y NUEVO HURH.

ANEXO D. MODELO HOSPITALARIO.

ANEXO A. ANTIGUO HURH.

Las imágenes y planos mostrados a continuación son, exclusivamente, referentes al antiguo hospital.

Se estructura a partir de la visión más lejana con la documentación general del edificio (emplazamiento y fotografías del exterior, así como de sus plantas generales) hasta acercarnos a los puntos de estudio, con la definición exacta de los recintos (plantas con sus dimensiones y fotografías interiores)

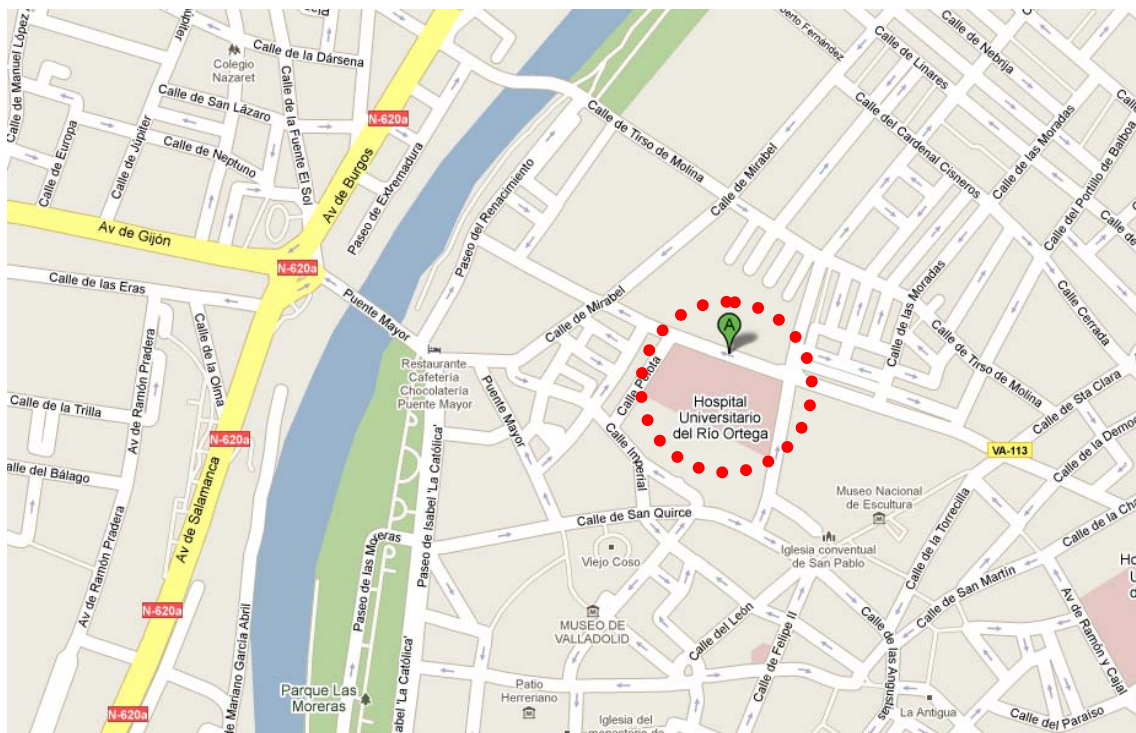
Al tratarse de un edificio en uso en el momento de estudio, se aprecian fotografías de interiores totalmente amuebladas.

A.1. DOCUMENTACIÓN GENERAL DEL EDIFICIO.

1. EMPLAZAMIENTO.



FOTOGRAFÍA A.1. Vista satélite (Google) del emplazamiento del antiguo HURH.



FOTOGRAFÍA A.2. Vista mapa (Google) del emplazamiento del antiguo HURH.

2. VISTAS EXTERIORES.



FOTOGRAFÍA A.3. Vista exterior del acceso rodado al aparcamiento del antiguo HURH.



FOTOGRAFÍA A.4. Vista exterior del acceso peatonal principal del antiguo HURH.



FOTOGRAFÍA A.5. Vista exterior del acceso rodado a urgencias del antiguo HURH.



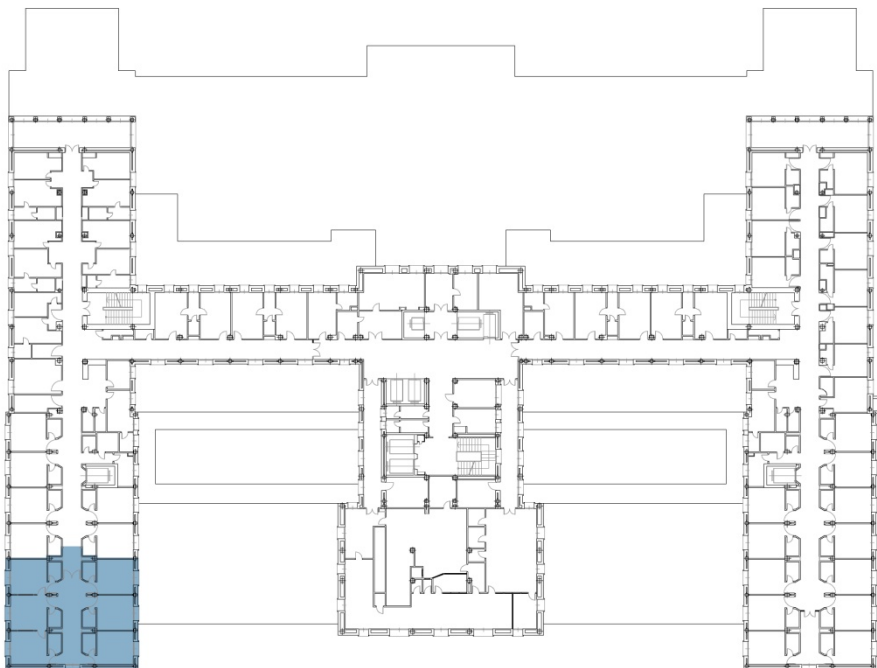
FOTOGRAFÍA A.6. Vista exterior del acceso a urgencias del antiguo HURH.

3. PLANTAS GENERALES DE LAS ZONAS DE ESTUDIO.

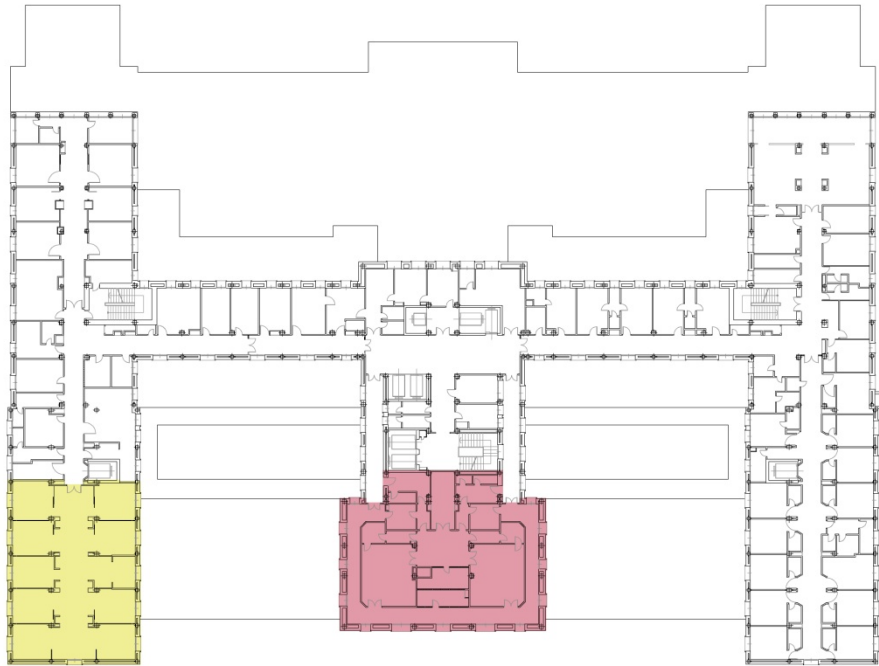
Se trata de un edificio situado que se desarrolla en altura, pues dispone de 10 plantas (incluyendo planta baja y planta sótano donde se encuentra urgencias) por lo que los bloques no siempre coinciden siempre según uso en la misma planta. Los accesos son dos bien diferenciados para el acceso principal y acceso de urgencias.

Las plantas donde se localizan las zonas de estudio son:

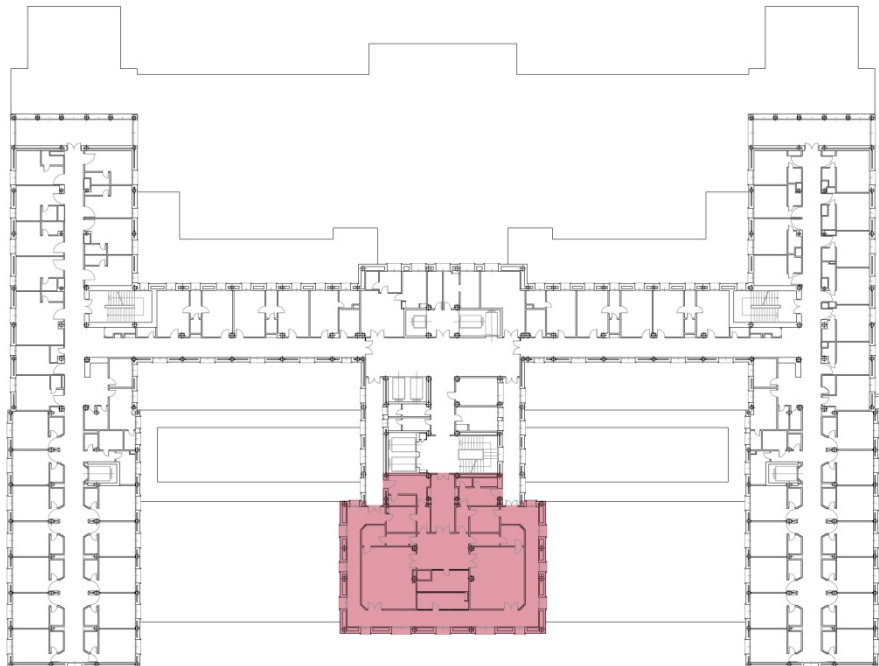
- **planta de acceso de urgencias** donde se realizaron las mediciones de las zonas no críticas (despacho y urgencias),
- **planta segunda** donde se encuentra TOH (color azul),
- **planta tercera** donde se localiza UVI (color amarillo) y los quirófanos 1 y 2 (color rosa),
- **planta cuarta** donde se hallan los quirófanos 3 y 4 (color rosa),
- **planta quinta** donde está TAMO (color verde),
- **planta séptima** donde se ubican los quirófanos 9 y 10 (color rosa).



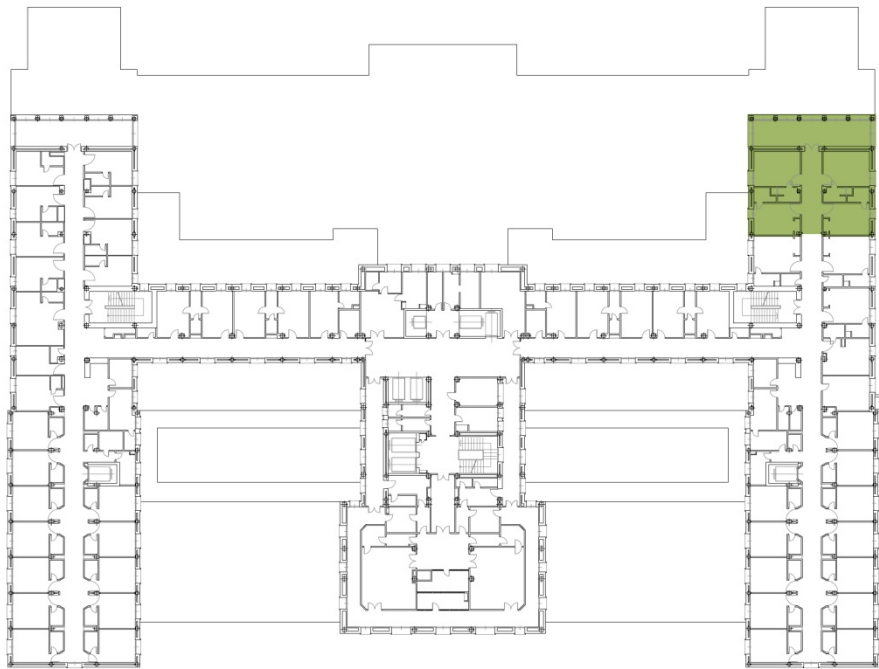
PLANO A.1. Planta 2 con localización de TOH del antiguo HURH.



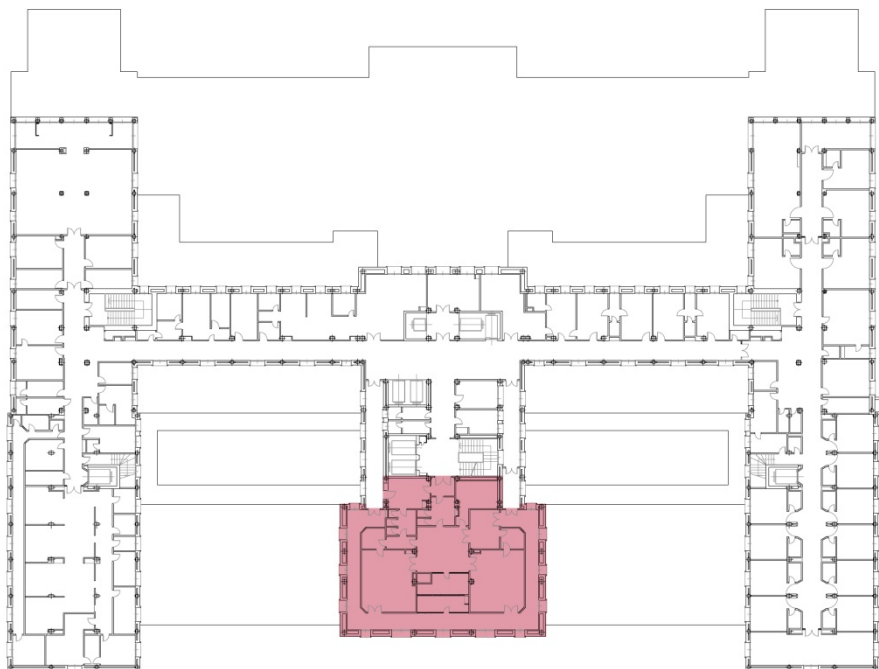
PLANO A.2. Planta 3 con localización de UVI y bloque quirúrgico (Q1-Q2) del antiguo HURH.



PLANO A.3. Planta 4 con localización del bloque quirúrgico (Q3-Q4) del antiguo HURH.



PLANO A.4. Planta 5 con localización de TAMO del antiguo HURH del antiguo HURH.



PLANO A.5. Planta 7 con localización del bloque quirúrgico (Q9-Q10) del antiguo HURH.

A.2. QUIRÓFANOS.

Los bloques quirúrgicos se encuentran situados en el mismo lugar de la planta del hospital, pero en diferentes alturas, abarcando desde la planta 3 (quirófanos 1 y 2) hasta la 7 (quirófanos 9 y 10), habiendo 2 quirófanos en cada bloque y planta.

Las instalaciones de todos ellos son las mismas, y se esquematizan en la FIGURA A.1 y se definen sus diferentes fases en la FIGURA A.2, la cual se encuentra esquematizada en sentido inverso al resto de los planos de los bloques quirúrgicos.

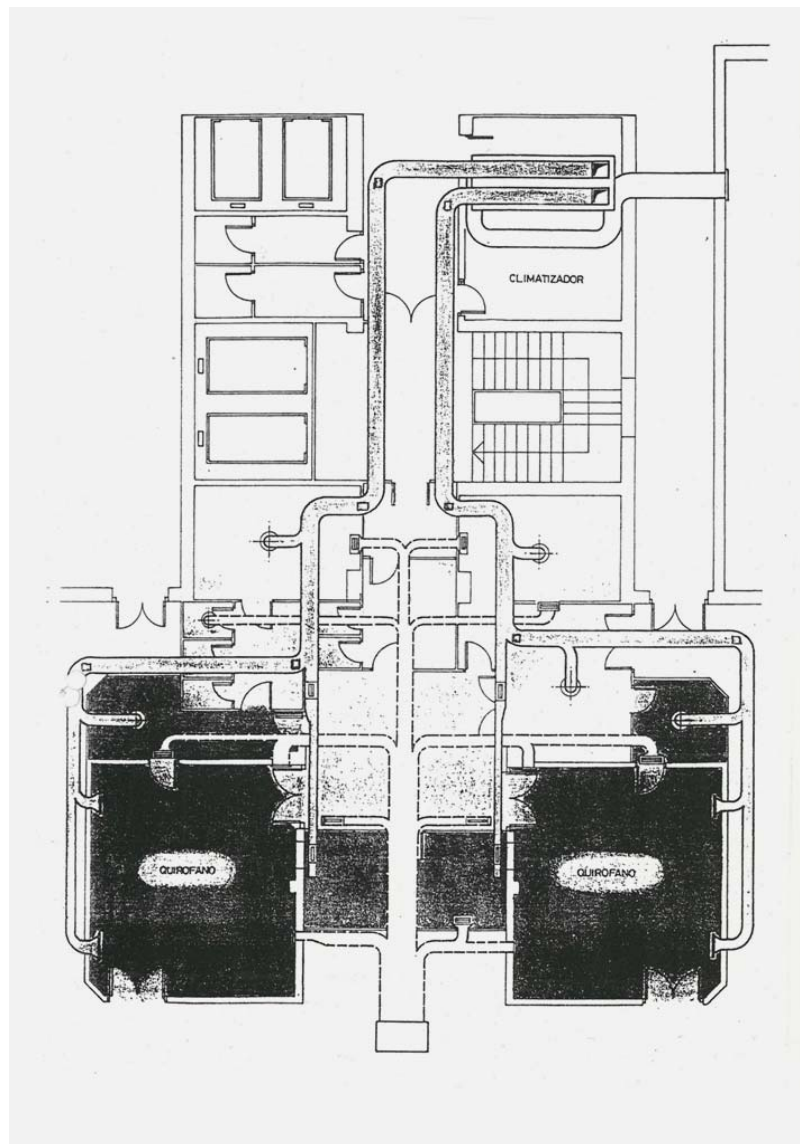


FIGURA A.1. Esquema de climatización en quirófanos del antiguo HURH.

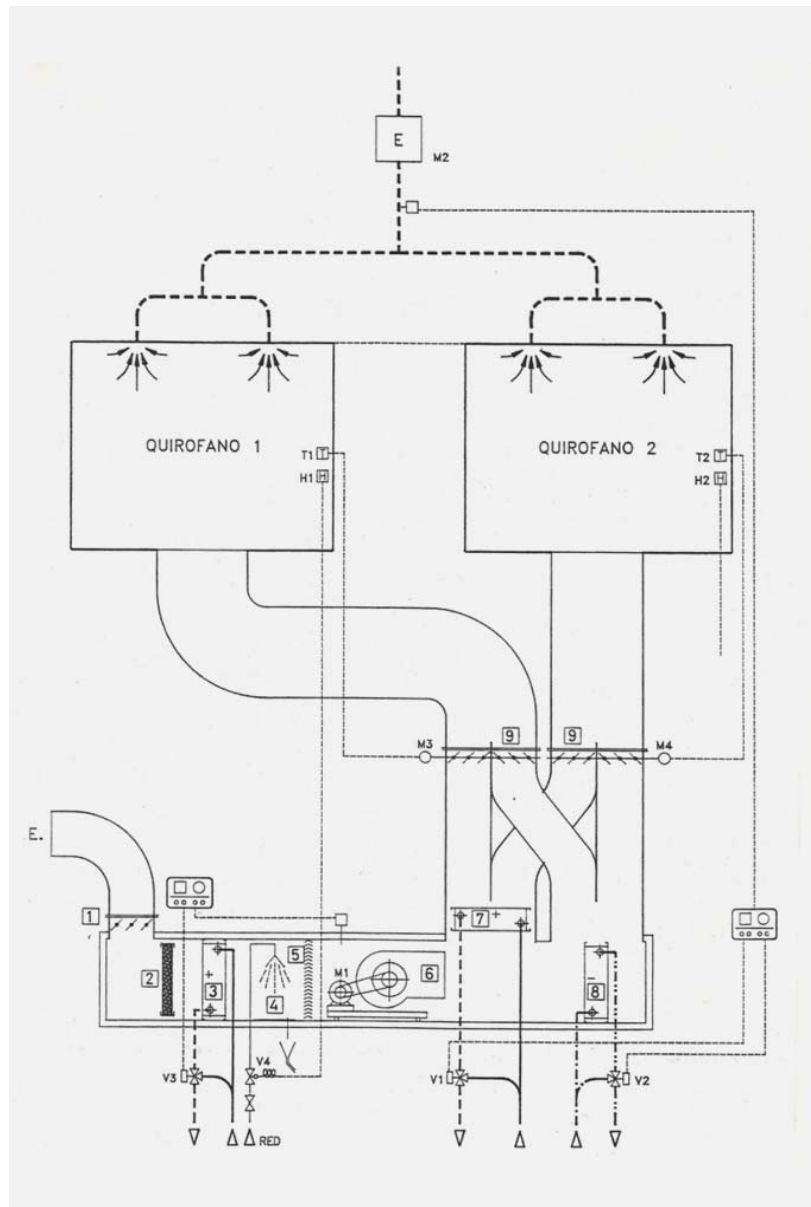


FIGURA A.2. Esquema de climatización en quirófanos del antiguo HURH con sus fases:

- Toma de aire 100% exterior (1)
- Prefiltro (2)
- Batería de precalentamiento (3)
- Humidificación (4)
- Separador de gotas (5)
- Ventilador centrífugo (6)
- Batería de postcalentamiento (7)
- Batería de frío (8)
- Compuerta de mezcla (9)
- Filtro (10)
- Extractor (11)

Entre la batería de precalentamiento y el extractor de gotas se situaba el sistema de humidificación (4), que fue retirado al cabo de pocos años, al comprobarse la aparición de los microorganismos en los sedimentos.

A continuación vemos esquematizado la dimensión de las rejillas de ventilación, en la FIGURA A.3 que aparecen señaladas en los planos de detalle de los quirófanos.



FIGURA A.3. Esquema de las rejillas de ventilación en quirófanos del antiguo HURH.

En todos los quirófanos cuenta con el mismo número de rejillas de ventilación, resumidas en la figura como ventilación 1 y ventilación 2, siendo estas:

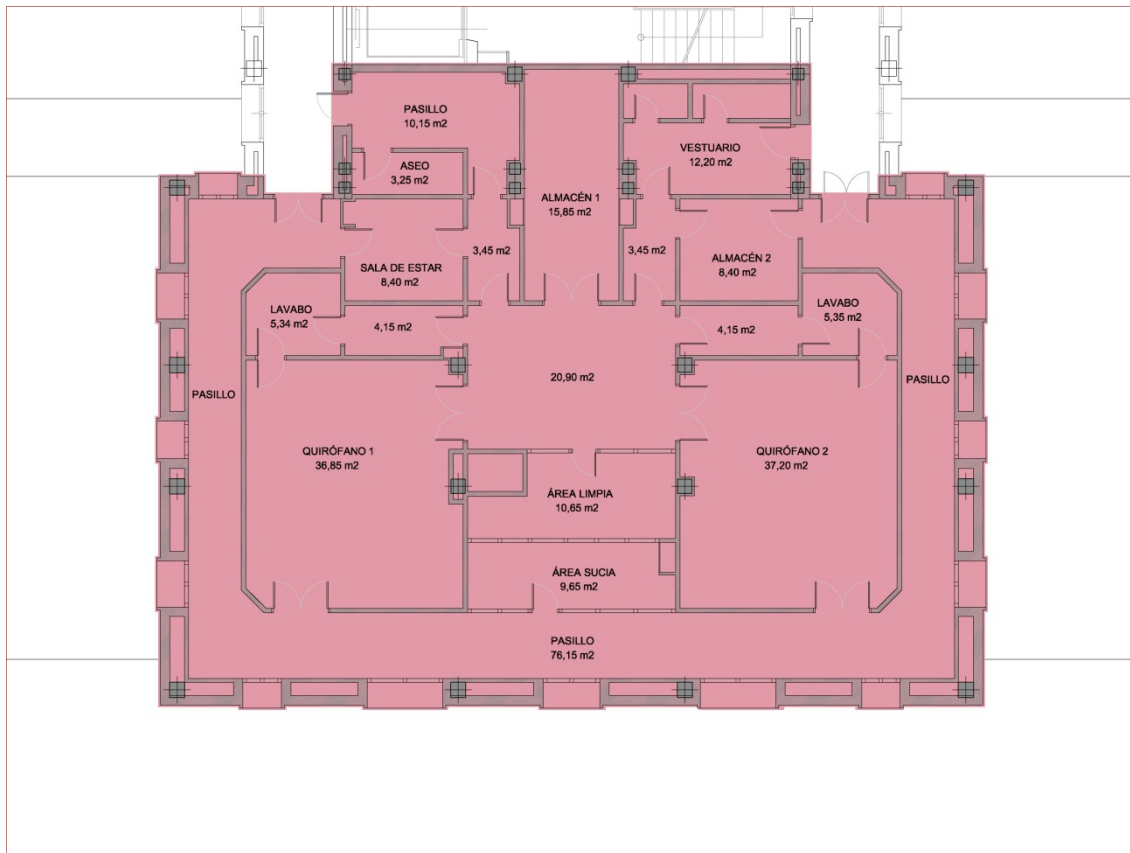
- **ventilación 1:** dos rejillas colocadas horizontalmente en la parte frontal del falso techo perimetral,
- **ventilación 2:** dos grupos de rejillas colocadas verticalmente en las paredes del quirófano.

A continuación, se muestran unas fotografías donde se visualiza lo descrito.



FOTOGRAFÍA A.7. Detalles de las rejillas de ventilación de los quirófanos del antiguo HURH.

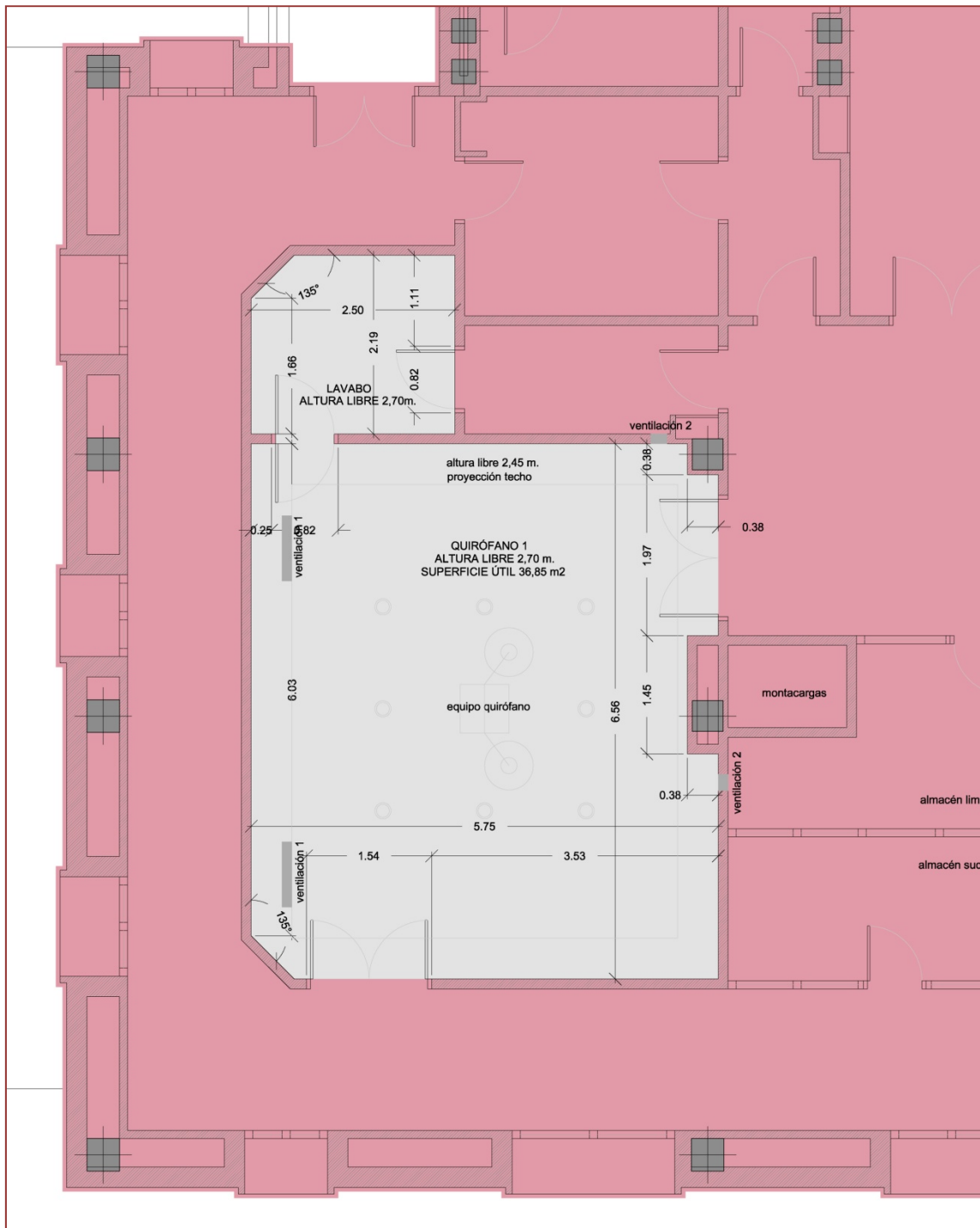
1. QUIRÓFANO 1.



PLANO A.6. Detalle del bloque quirúrgico Q1 y Q2 en planta 3 del antiguo HURH.



FOTOGRAFÍA A.8. Comunicaciones de los quirófanos con la zona común del antiguo HURH.

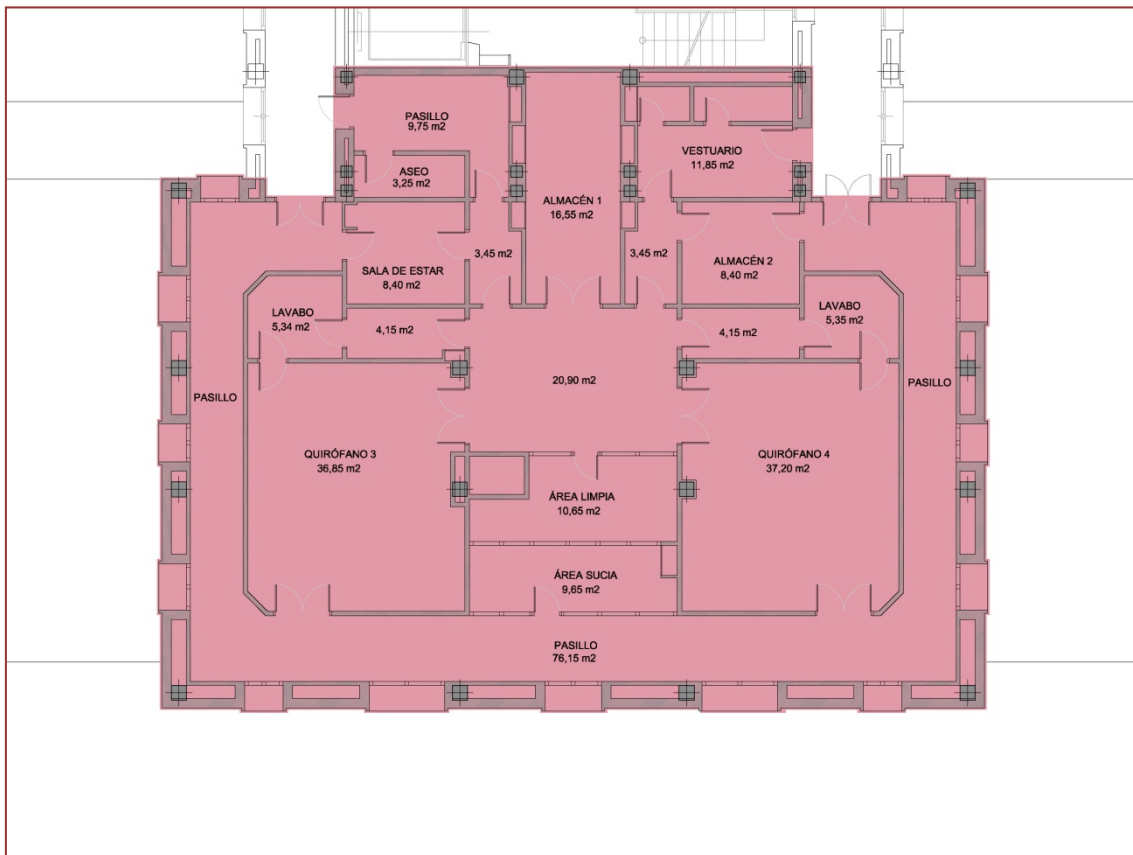


PLANO A.7. Detalle de quirófano Q1 en planta 3 del antiguo HURH.



FOTOGRAFÍA A.9. Secuencia panorámica interior del Q1 del antiguo HURH.

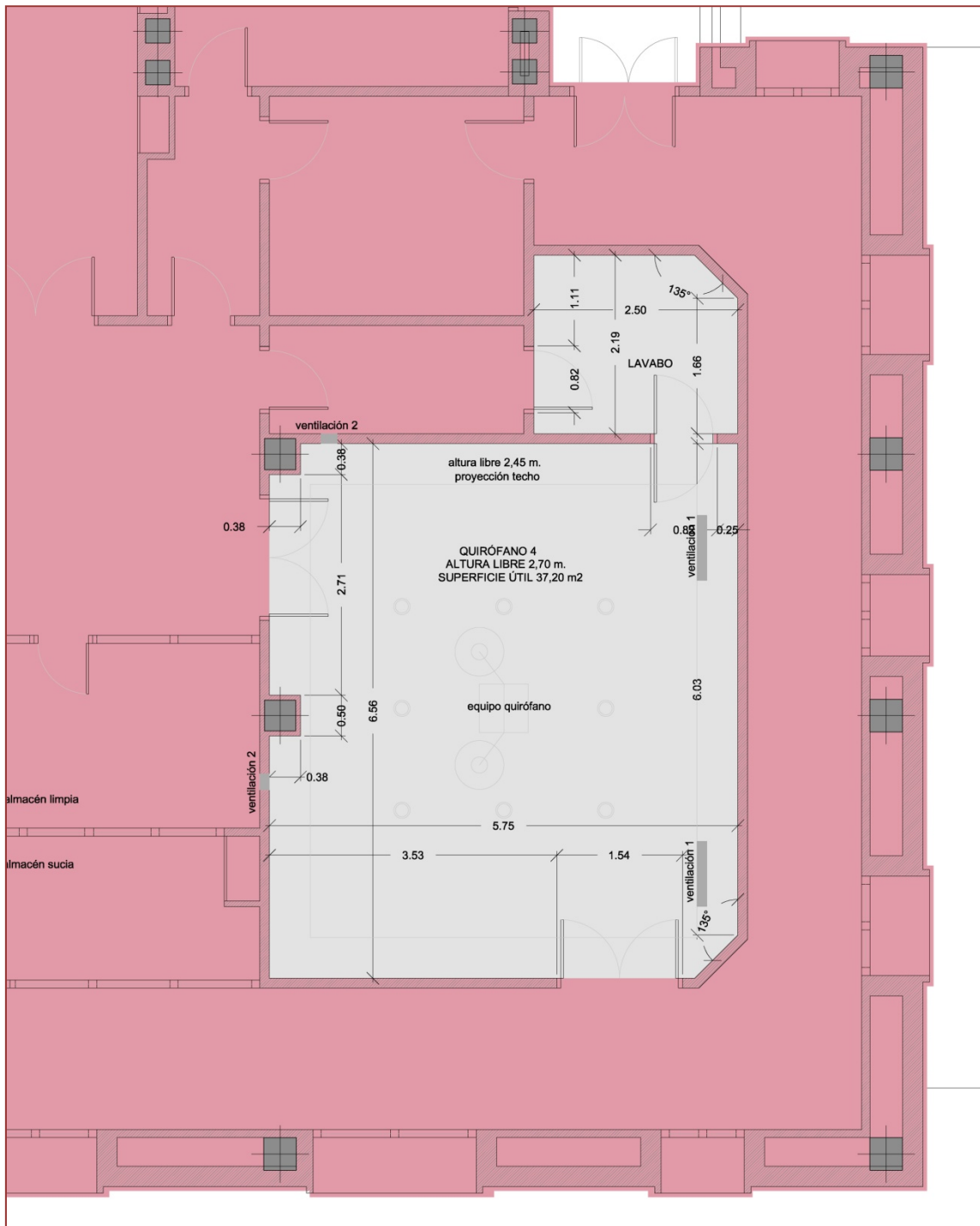
2. QUIRÓFANO 4.



PLANO A.8. Detalle del bloque quirúrgico Q3 y Q4 en planta 4 del antiguo HURH.



FOTOGRAFÍA A.10. Comunicaciones de los quirófanos con la zona común del antiguo HURH.

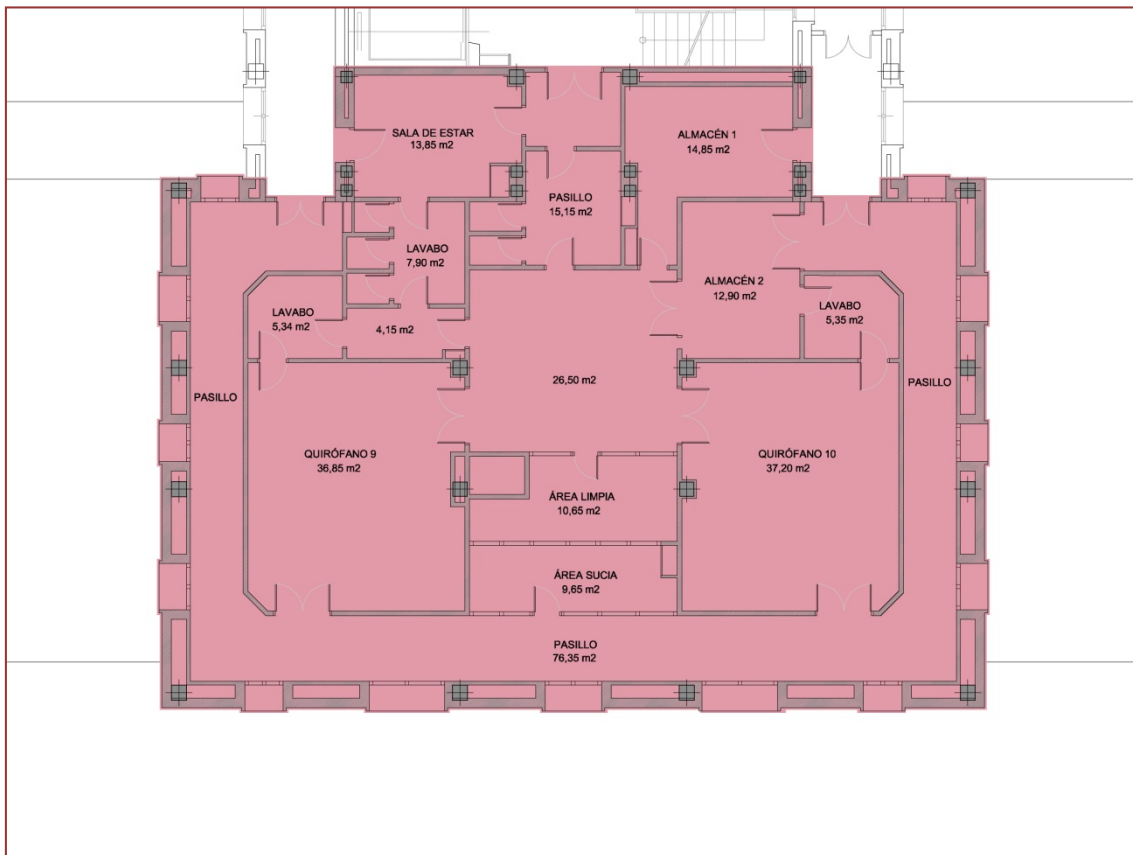


PLANO A.9. Detalle del quirófano Q4 en planta 4 del antiguo HURH.



FOTOGRAFÍA A.11. Secuencia panorámica interior de Q4 del antiguo HURH.

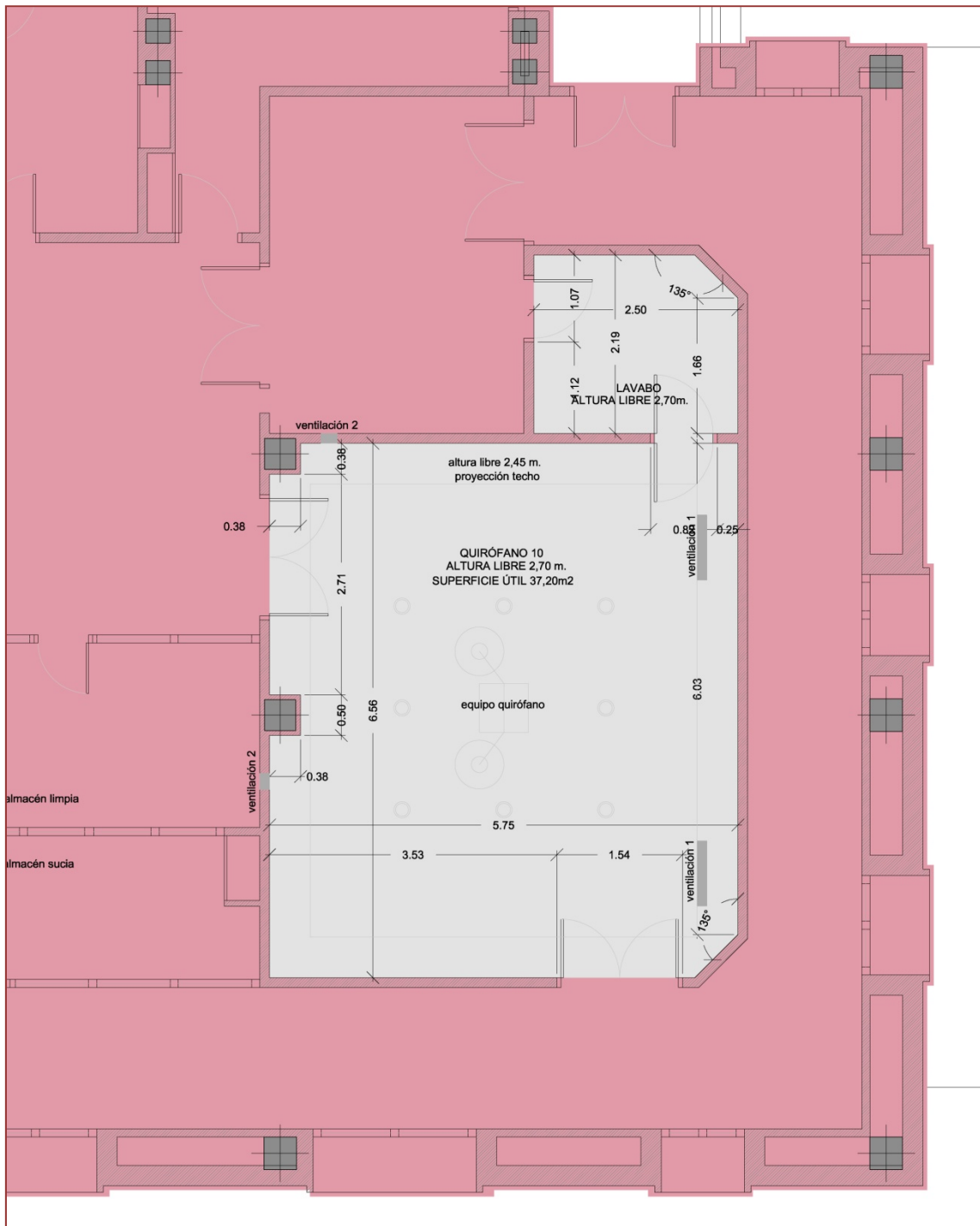
3. QUIRÓFANO 10.



PLANO A.10. Detalle del bloque quirúrgico Q9 y Q10 en planta 7 del antiguo HURH.



FOTOGRAFÍA A.12. Detalles de los quirófanos (lavabo e iluminación) del antiguo HURH.



PLANO A.11. Detalle del quirófano Q10 en panta 7 del antiguo HURH.



FOTOGRAFÍA A.13. Secuencia panorámica interior de Q10 del antiguo HURH.

A.3. TRASPLANTADOS DE MÉDULA ÓSEA (T.A.M.O.).

Esta zona está aislada del resto, con un pasillo interno (FOTOGRAFIA A.14) de comunicación entre las habitaciones, que da comienzo en un acceso previo de limpieza e higiene, que lo aísla del resto del hospital (FOTOGRAFIA A.15), y termina en su propio laboratorio.



PLANO A.12. Detalle de TAMO en planta 5 del antiguo HURH.



FOTOGRAFÍA A.14. Pasillo de comunicación de las habitaciones TAMO del antiguo HURH.



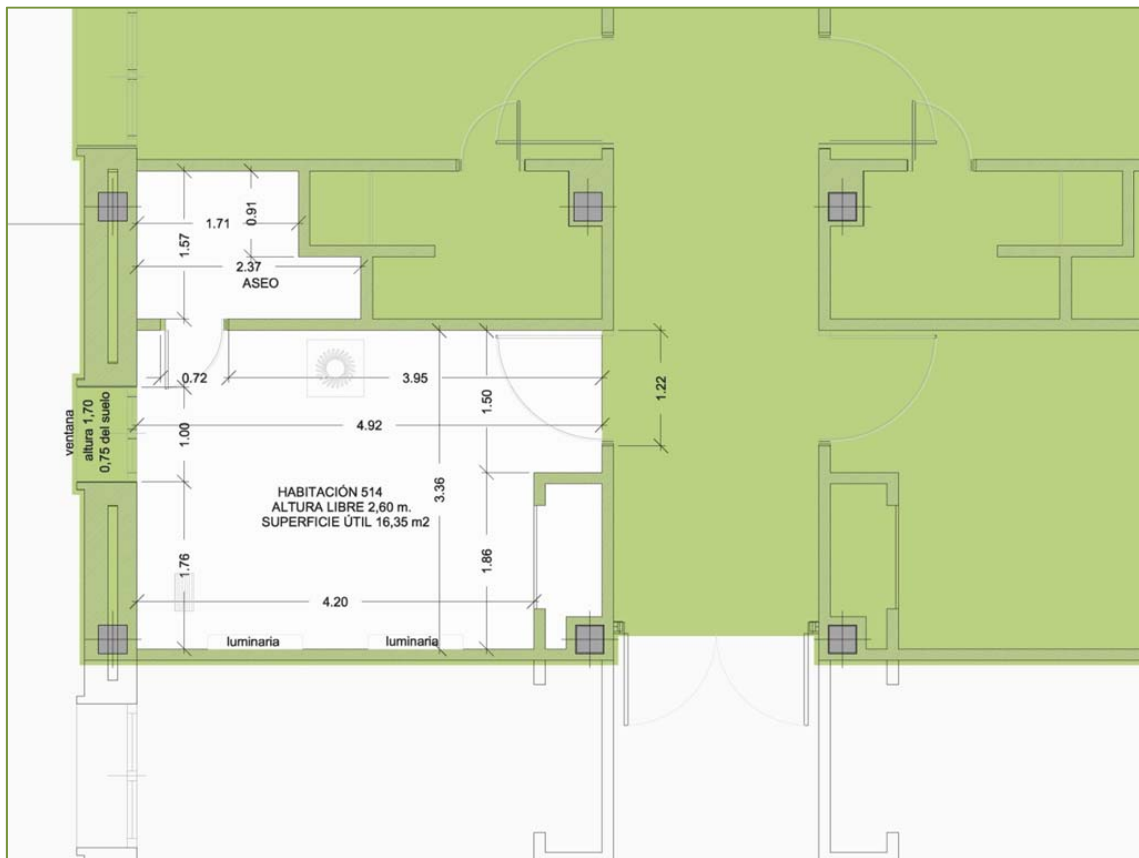
FOTOGRAFÍA A.15. Puertas de la zona previa de acceso a las habitaciones TAMO del antiguo HURH.

El sistema de climatización está formado por un único difusor de dimensiones 60x60cm en la alineada con la puerta de acceso y centrada con la habitación en el otro eje. También cuenta con una rejilla de 40x80cm situada próxima a la esquina más distancia de la puerta de entrada. A continuación se muestran detalles de estos elementos. Además, las habitaciones cuentan con armario empotrado, ventana exterior y aseo propio.



FOTOGRAFÍA A.16. Detalle de la ventilación de las habitaciones TAMO del antiguo HURH.

1. HABITACIÓN 514.

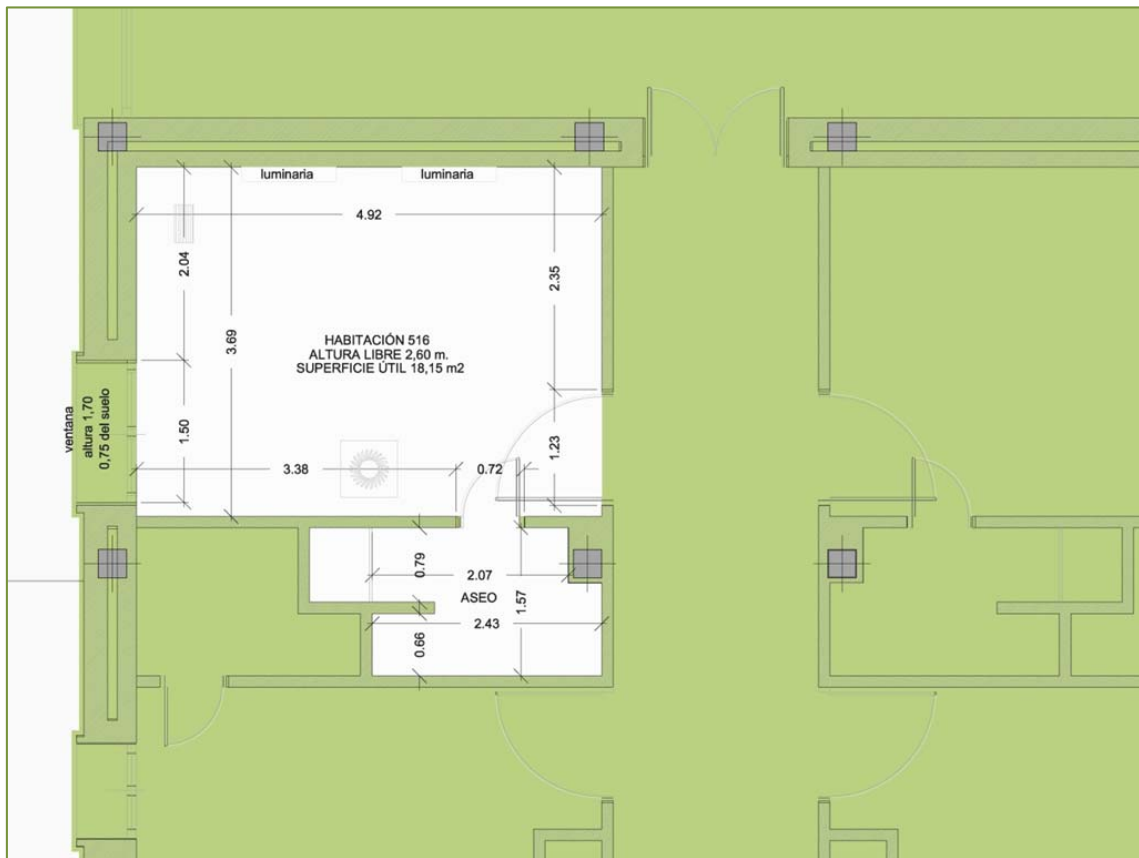


PLANO A.13. Detalle de la habitación H514 en planta 5 del antiguo HURH.



FOTOGRAFÍA A.17. Vista panorámica del interior de H514 del antiguo HURH.

2. HABITACIÓN 516.

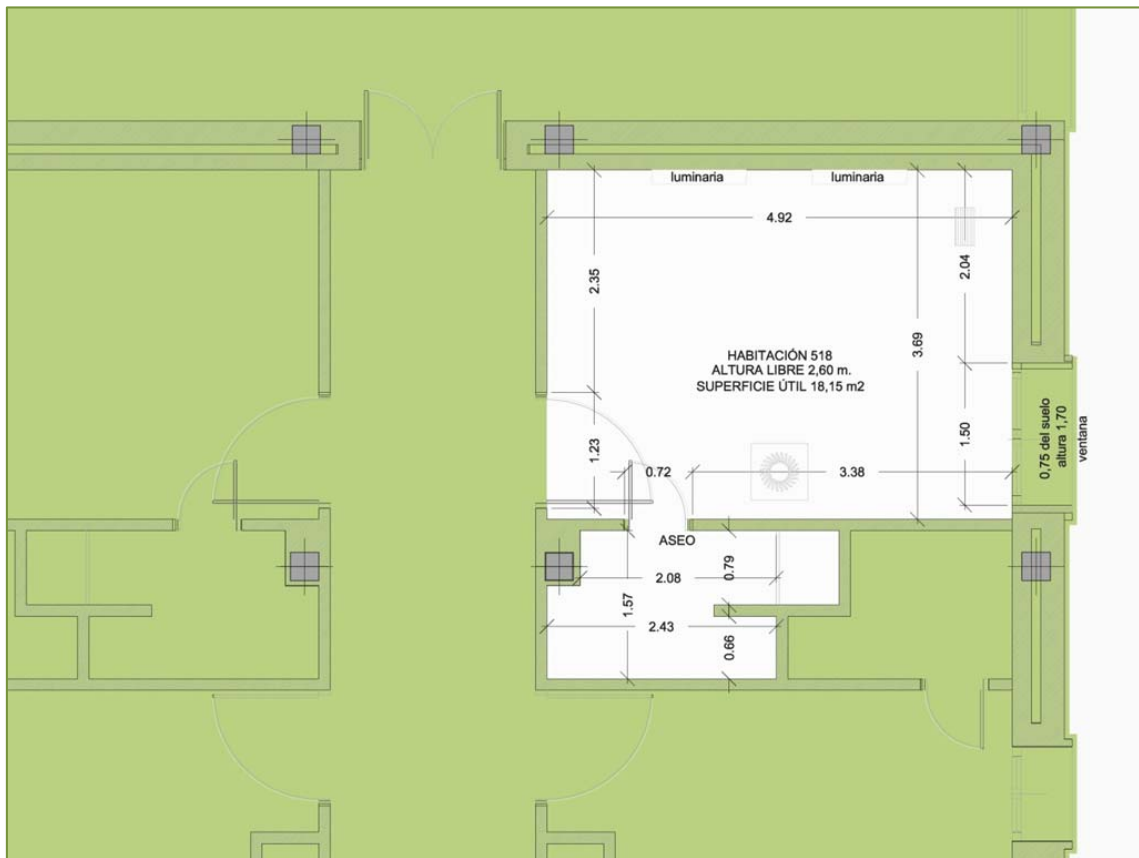


PLANO A.14. Detalle de la habitación H516 en planta 5 del antiguo HURH.



FOTOGRAFÍA A.18. Vista panorámica del interior de H516 del antiguo HURH.

3. HABITACIÓN 518.

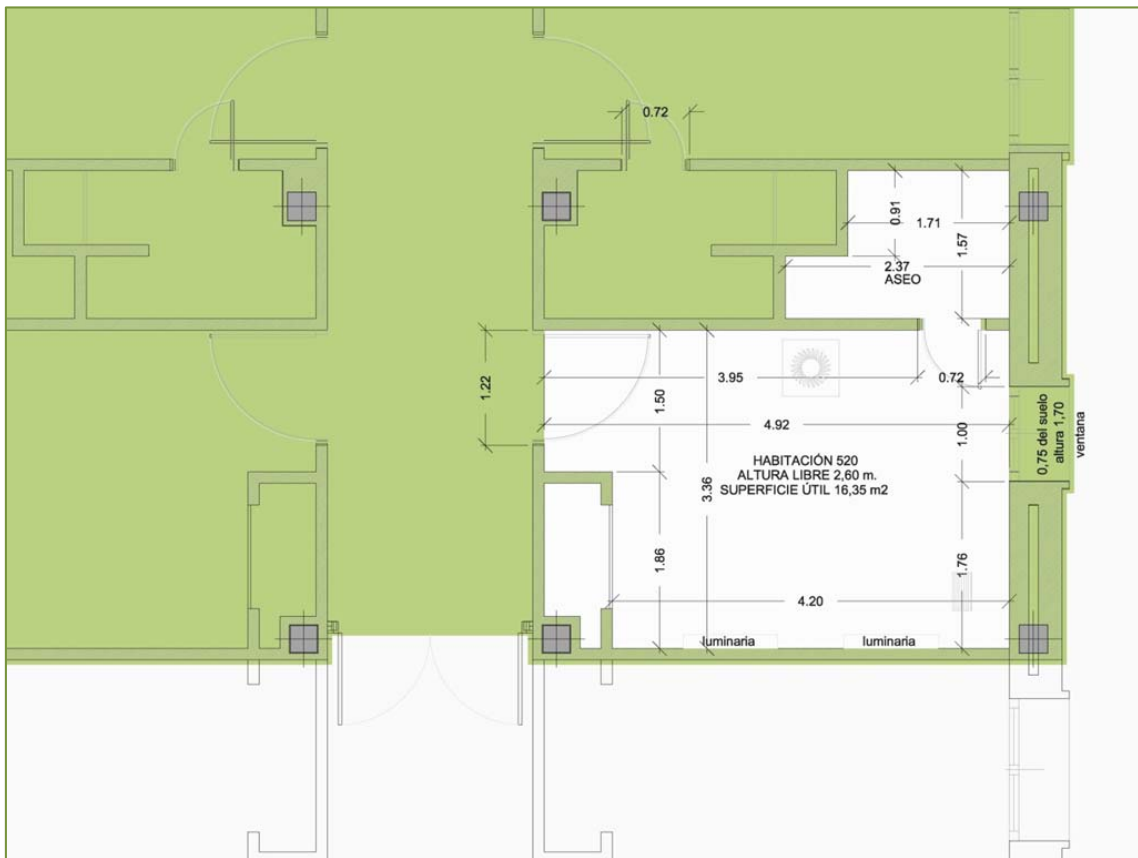


PLANO A.15. Detalle de la habitación H518 en planta 5 del antiguo HURH.



FOTOGRAFÍA A.19. Vista panorámica del interior de H518 del antiguo HURH.

4. HABITACIÓN 520.



PLANO A.16. Detalle de la habitación H520 en planta 5 del antiguo HURH.



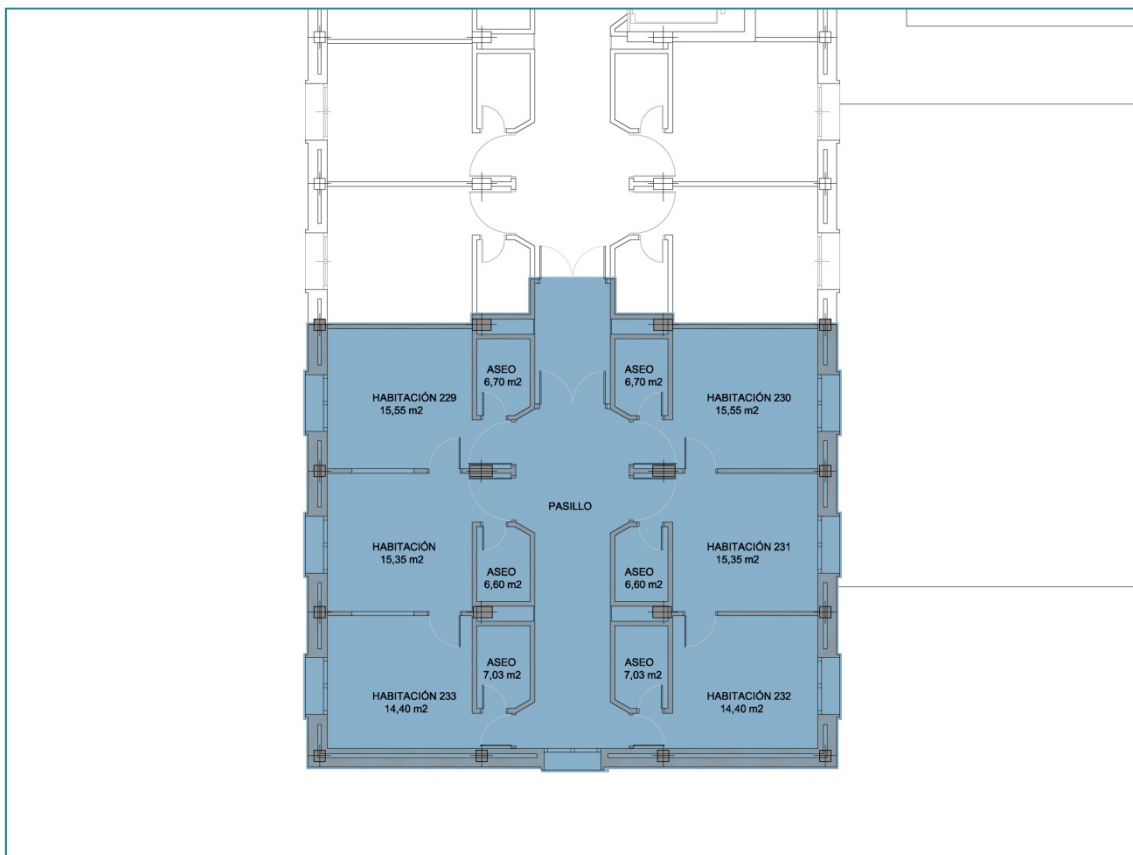
FOTOGRAFÍA A.20. Vista panorámica del interior de H520 del antiguo HURH.

A.4. TRASPLANTADOS HEPÁTICOS (T.O.H.).

Esta zona está aislada del resto y cuenta con su propio servicio de enfermería. Las habitaciones que han sido objeto de estudio, están comunicadas con el control de enfermería por puertas y grandes ventanales que permiten tener un contacto visual continuo. Además todas ellas cuentan con aseo propio, y están comunicadas al pasillo interior de comunicación.

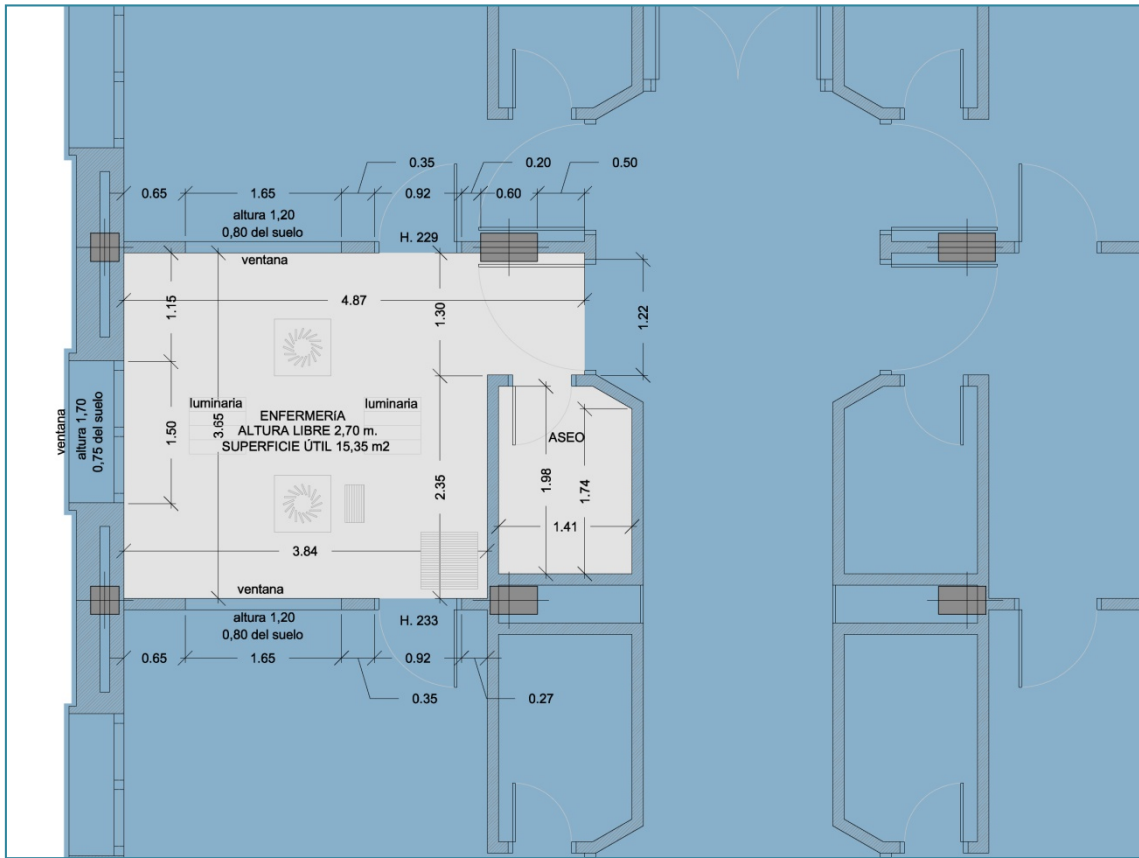
La climatización (FOTOGRAFIA A.24) en cada una de las estancias es la misma pero con pequeñas variaciones en la localización y consta de:

- dos difusores de 60x60cm siempre colocados y linealmente centrados,
- dos rejillas de ventilación, una de 80x80cm colocada en una de las esquinas y la otra de 40x80cm colindante con uno de los difusores.



PLANO A.17. Detalle de TOH en planta 2 del antiguo HURH.

1. CONTROL DE ENFERMERÍA.



PLANO A.18. Detalle del control de enfermería de TOH en planta 2 del antiguo HURH.

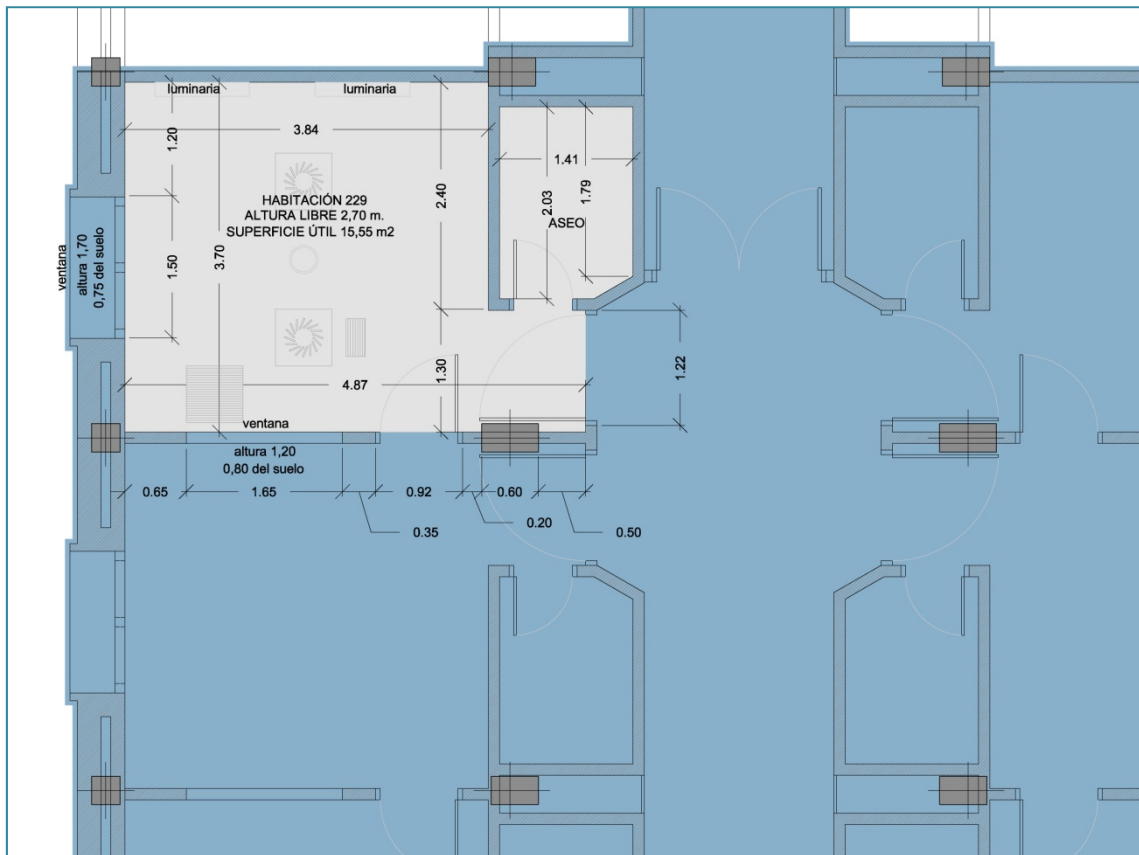


FOTOGRAFÍA A.21. Vista panorámica del interior del control de enfermería del antiguo HURH.



FOTOGRAFÍA A.22. Vista panorámica del interior del control de enfermería del antiguo HURH.

2. HABITACIÓN 229.



PLANO A.19. Detalle de la habitación H229 de TOH en planta 2 del antiguo HURH.

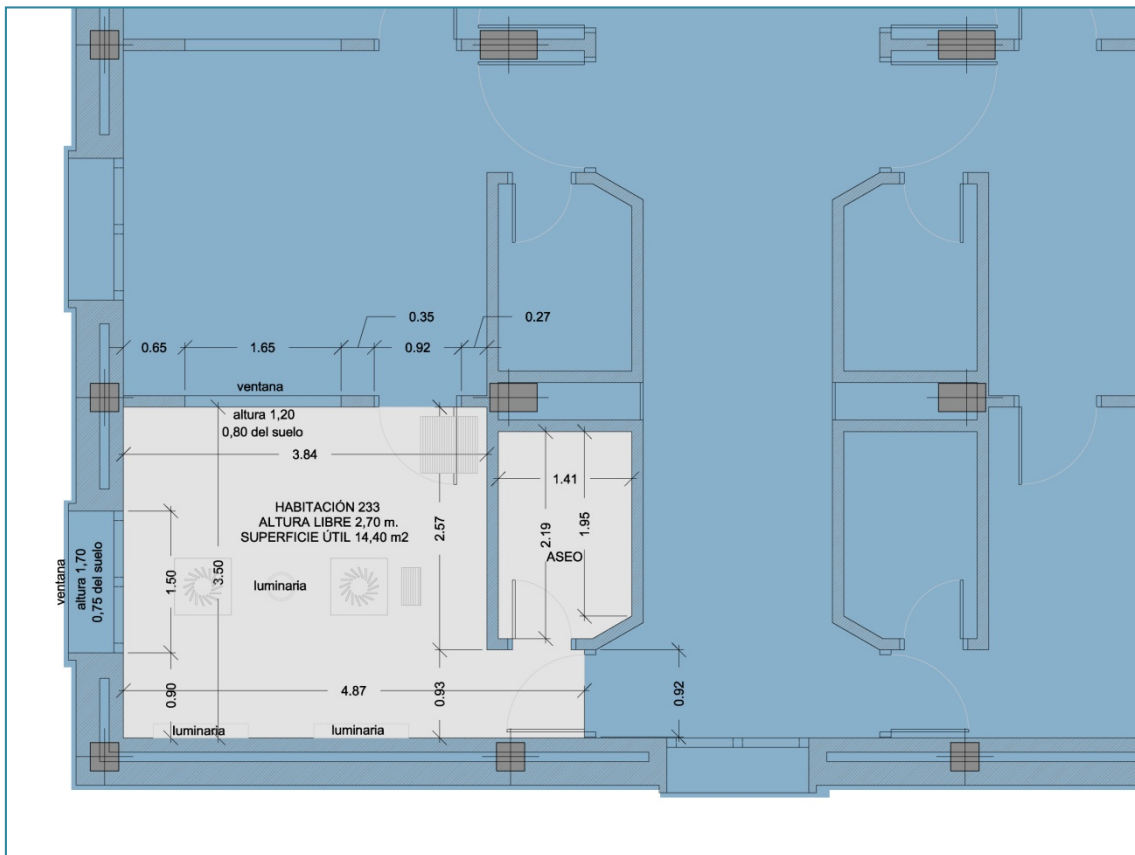


FOTOGRAFÍA A.23. Vista panorámica del interior de H229 del antiguo HURH.



FOTOGRAFÍA A.24. Detalle de la ventilación de las habitaciones TOH del antiguo HURH.

3. HABITACIÓN 233.



PLANO A.20. Detalle de la habitación H233 de TOH en planta 2 del antiguo HURH.



FOTOGRAFÍA A.25. Vista panorámica del interior de H233 del antiguo HURH.

A.5. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (.U.V.I.).

La unidad de cuidados intensivos cuenta con unos climatizadores especiales para acondicionar la estancia. Las instalaciones de todos los boxes son las mismas, y se esquematizan en las figuras que se detallan a continuación y que proceden del proyecto original.

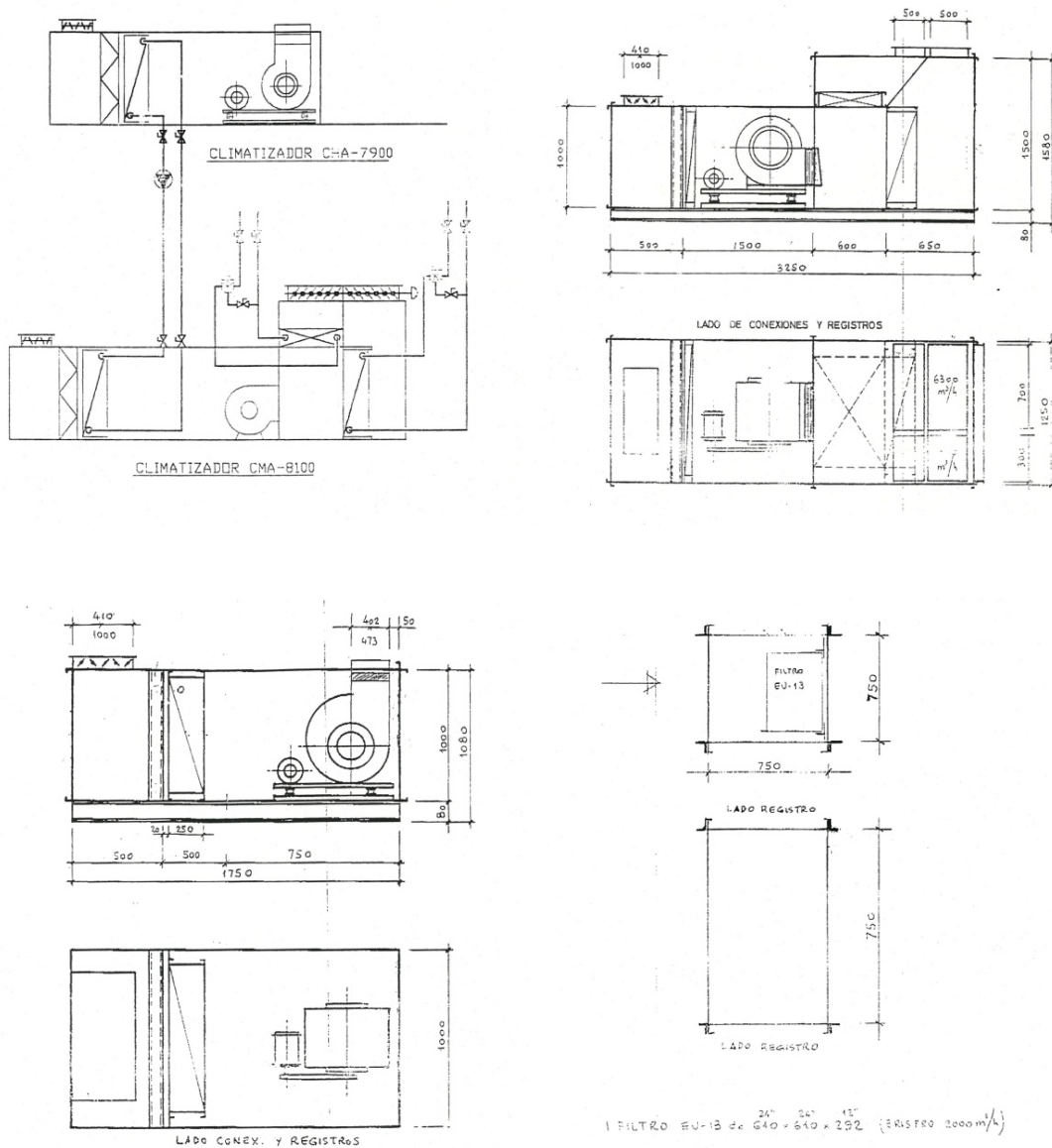


FIGURA A.4. Esquemas del climatizador general de UVI del antiguo HURH.

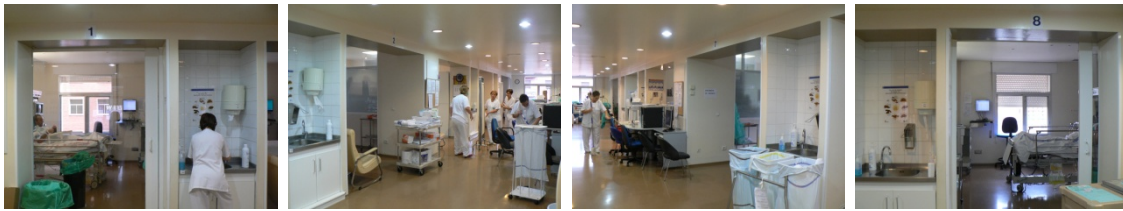
Esta zona se encuentra aislada del resto por unas compuertas, y dentro del recinto cuenta con su propia enfermería y sala de medicación. Los boxes de los que se hizo el estudio son los que se encuentran protegidos con una compuerta adicional para mantener unas condiciones de máxima limpieza y se encuentran a la entrada de la UVI.



PLANO A.21. Detalle de UVI en planta 3 del antiguo HURH.



FOTOGRAFÍA A.26. Secuencia de entrada a UVI del antiguo HURH.



FOTOGRAFÍA A.27. Secuencia panorámica desde la entrada de UVI del antiguo HURH.



FOTOGRAFÍA A.28. Vista desde los dos extremos del pasillo interior de UVI del antiguo HURH.

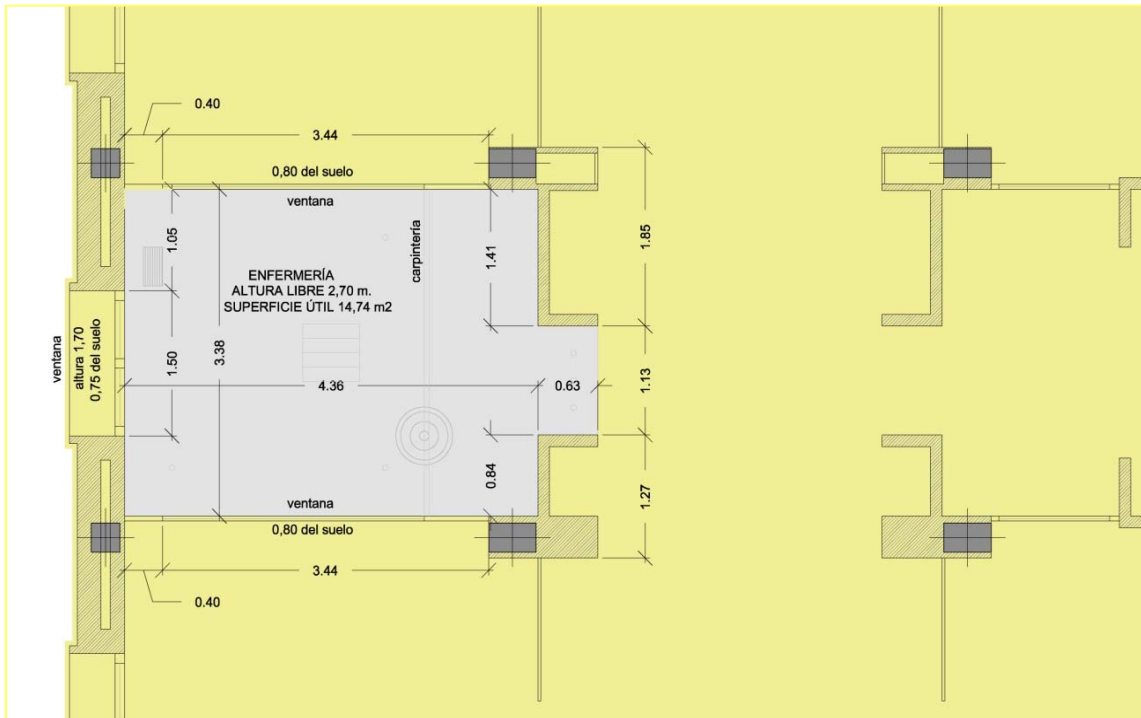


FOTOGRAFÍA A.29. Vistas interiores de boxes de los boxes 5 al 8 de UVI del antiguo HURH.



FOTOGRAFÍA A.30. Vista interior de los boxes 1 al 4 de UVI del antiguo HURH.

1. CONTROL DE ENFERMERÍA.



PLANO A.22. Detalle del control de enfermería de UVI en planta 3 del antiguo HURH.

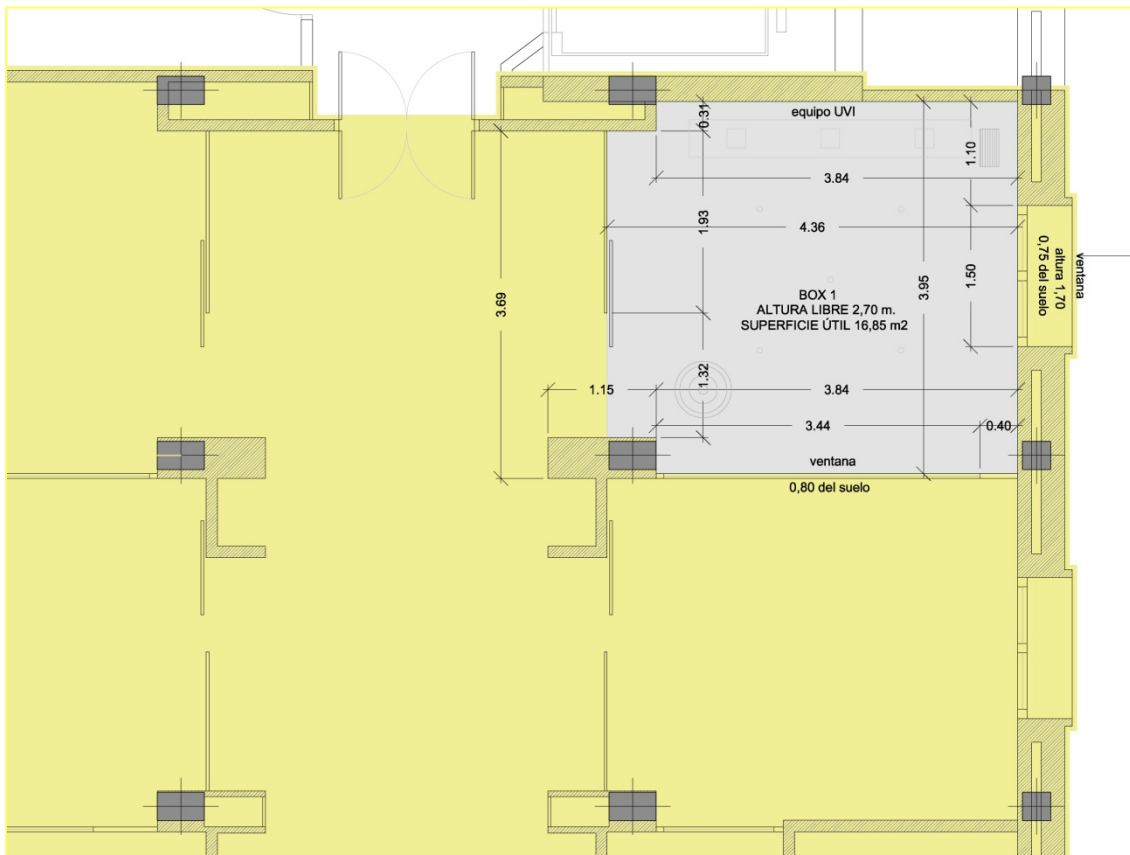


FOTOGRAFÍA A.31. Vista del control de enfermería de UVI del antiguo HURH.



FOTOGRAFÍA A.32. Vista de enfermería de UVI del antiguo HURH.

2. BOX 1.

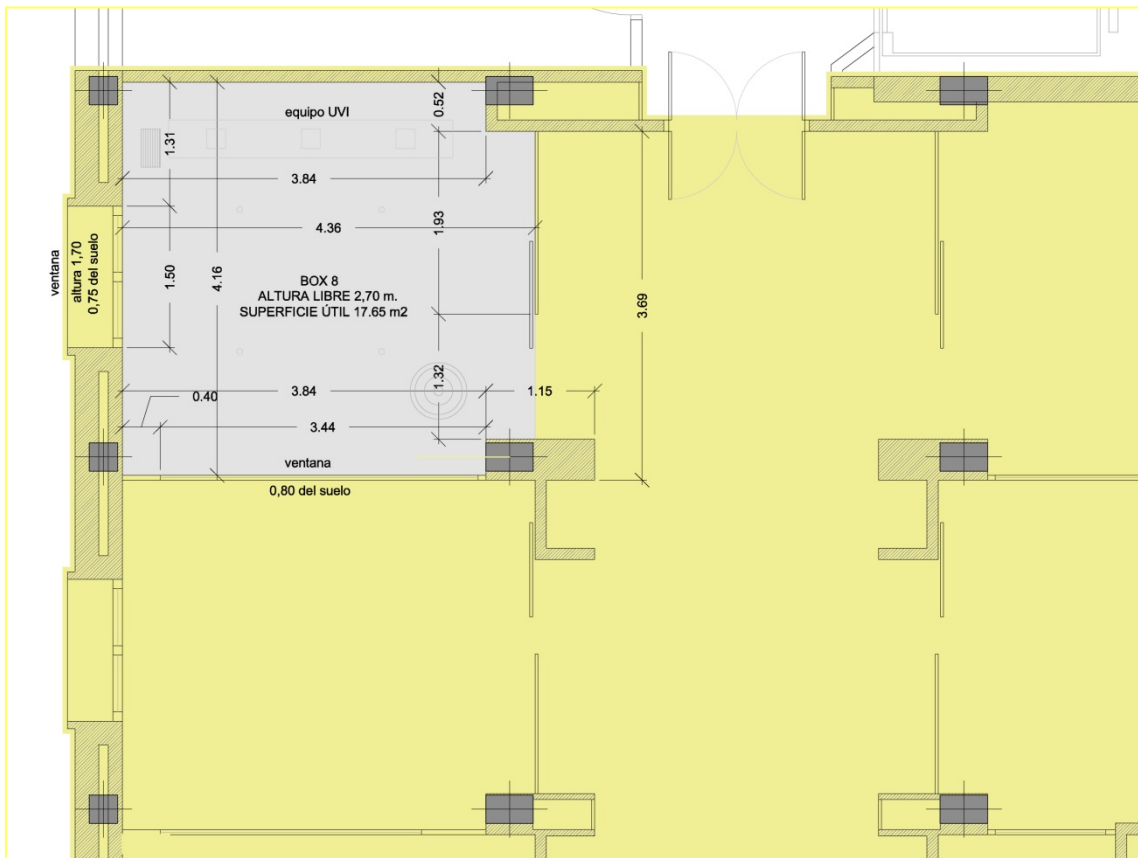


PLANO A.23. Detalle del BOX 1 de UVI en planta 3 del antiguo HURH.



FOTOGRAFÍA A.33. Vista panorámica del interior del BOX 1 del antiguo HURH.

3. BOX 8.



PLANO A.24. Detalle del BOX 8 de UVI en planta 3 del antiguo HURH.



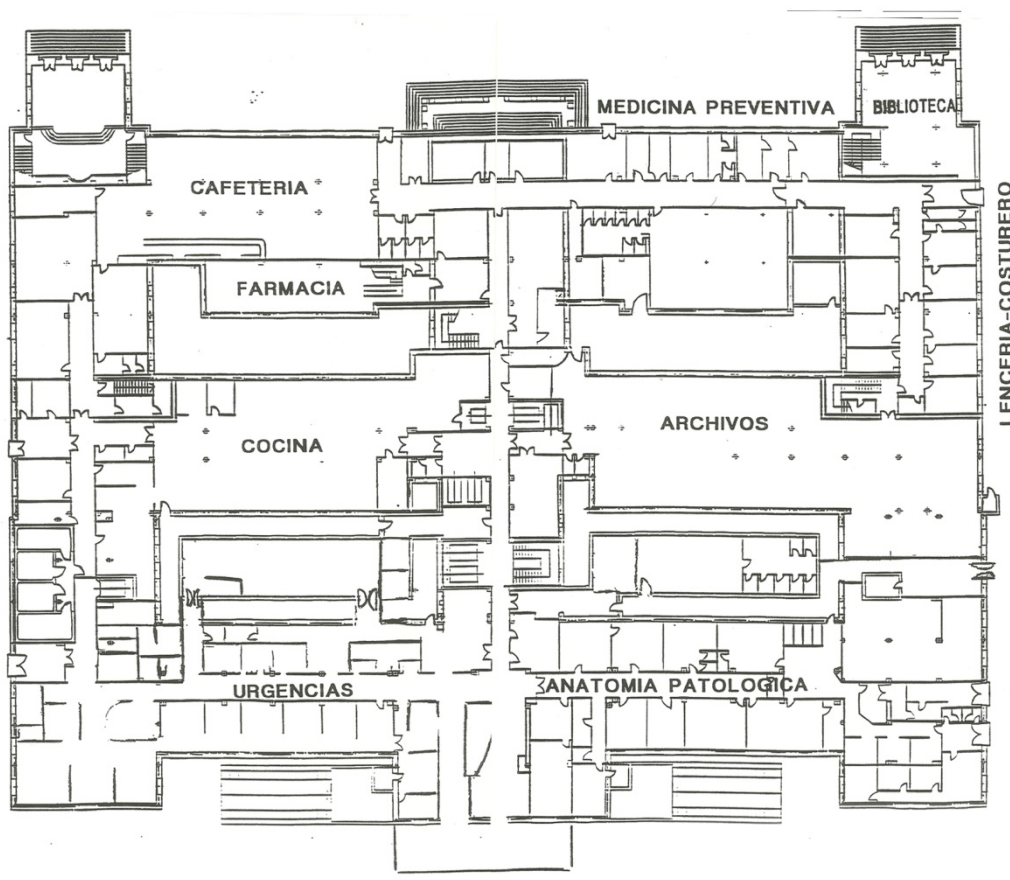
FOTOGRAFÍA A.34. Vista panorámica del interior del BOX 8 del antiguo HURH.

A.6. ZONAS NO CRÍTICAS.

Las zonas no críticas han sido espacios o recintos tomados al azar como simples zonas comparativas de las limpias, y por ello la documentación gráfica de la que se compone es puramente ilustrativa, pues bien podrían haber sido estas zonas como cualquier otra. Las escogidas fueron:

- un espacio concreto de urgencias, también situado en planta sótano, ubicado debajo de uno de los sistemas de ventilación (difusor y rejilla), como ejemplo de cualquier espacio de tránsito.
- un despacho, que se encuentra en planta sótano, de medicina preventiva, como ejemplo de cualquier despacho.

Se muestra el plano del proyecto donde se hallan estas zonas, y así localizar las zonas de estudio.



PLANO A.25. Planta baja del antiguo HURH.

1. URGENCIAS.

El espacio que forma urgencias no tiene separaciones dentro del su propio espacio interior, y el modo utilizado para preservar la intimidad entre pacientes, es con el uso de cortinas. Por eso resulta complicado definir el espacio donde se realizaron las mediciones, pudiendo ser cualquiera dentro de la unidad de urgencias. Se procuró que el lugar tuviese todos los condicionantes típicos de la zona, contando con sistemas de ventilación natural (ventana exterior y puerta de acceso) y artificial (difusores y rejillas), así como pacientes cercanos. Las fotografías permiten hacernos una idea del espacio y el lugar.



FOTOGRAFÍA A.35. Lugar de la toma de datos de urgencias del antiguo HURH.



FOTOGRAFÍA A.36. Vistas interiores de urgencias del antiguo HURH.

2. DESPACHO.

Se trata de un recinto cerrado con dos puertas, una de ellas de acceso al pasillo exterior de comunicación del hospital, y la otra en relación con otro despacho. Además consta de una venta exterior y dos únicas rejillas de ventilación situadas en el techo al lado de la puerta y ventana.



FOTOGRAFÍA A.37. Secuencia interior del despacho del antiguo HURH.



FOTOGRAFÍA A.38. Puerta de entrada y salida del despacho del antiguo HURH.

ANEXO B. NUEVO HURH.

Las imágenes y planos mostrados a continuación son, exclusivamente, referentes al nuevo hospital.

Se estructura a partir de la visión más lejana con la documentación general del edificio (emplazamiento y fotografías del exterior, así como de sus plantas generales, fotografías interiores e instalaciones) hasta acercarnos a los puntos de estudio, con la definición exacta de los recintos (plantas con sus dimensiones y fotografías interiores)

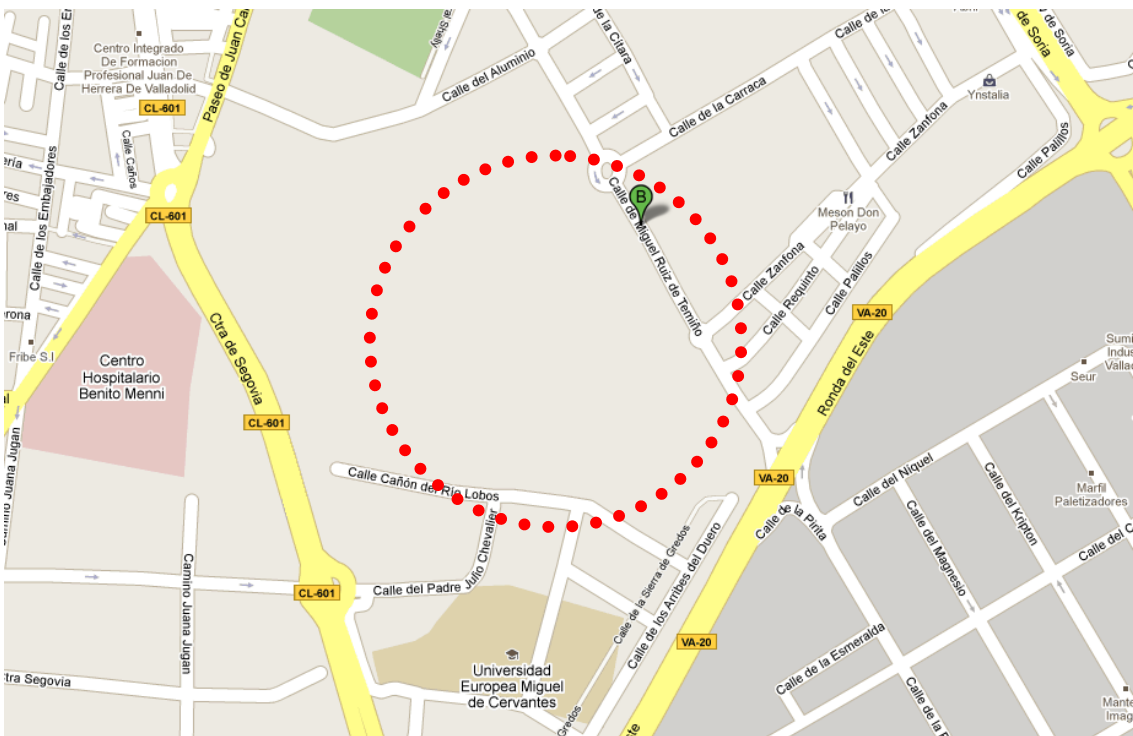
Al tratarse de un edificio nuevo, el cual aún no estaba en completo funcionamiento en el momento de estudio, se aprecian fotografías de algunos interiores sin amueblar, e incluso, en algunos casos, con recientes obras (véase TAMO).

B.1. DOCUMENTACIÓN GENERAL DEL EDIFICIO.

1. EMPLAZAMIENTO.



FOTOGRAFÍA B.1. Vista satélite (Google) del emplazamiento del nuevo HURH.

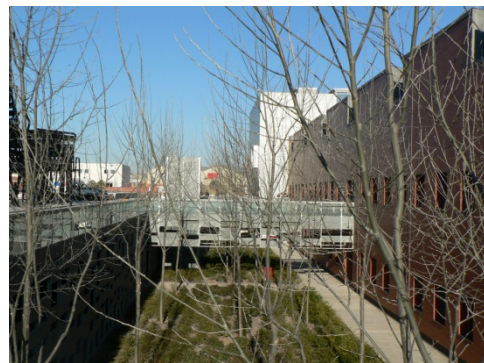


FOTOGRAFÍA B.2. Vista mapa (Google) del emplazamiento del nuevo HURH.

2. VISTAS EXTERIORES.



FOTOGRAFÍA B.3. Vista de acceso principal peatonal del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.4. Vistas de la fachada de acceso del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.5. Vista panorámica de las fachadas delantera y lateral del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.6. Vista panorámica de las fachadas lateral y posterior del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.7. Vista panorámica de la fachadas posterior y lateral del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.8. Vista de los patios interiores del nuevo HURH.

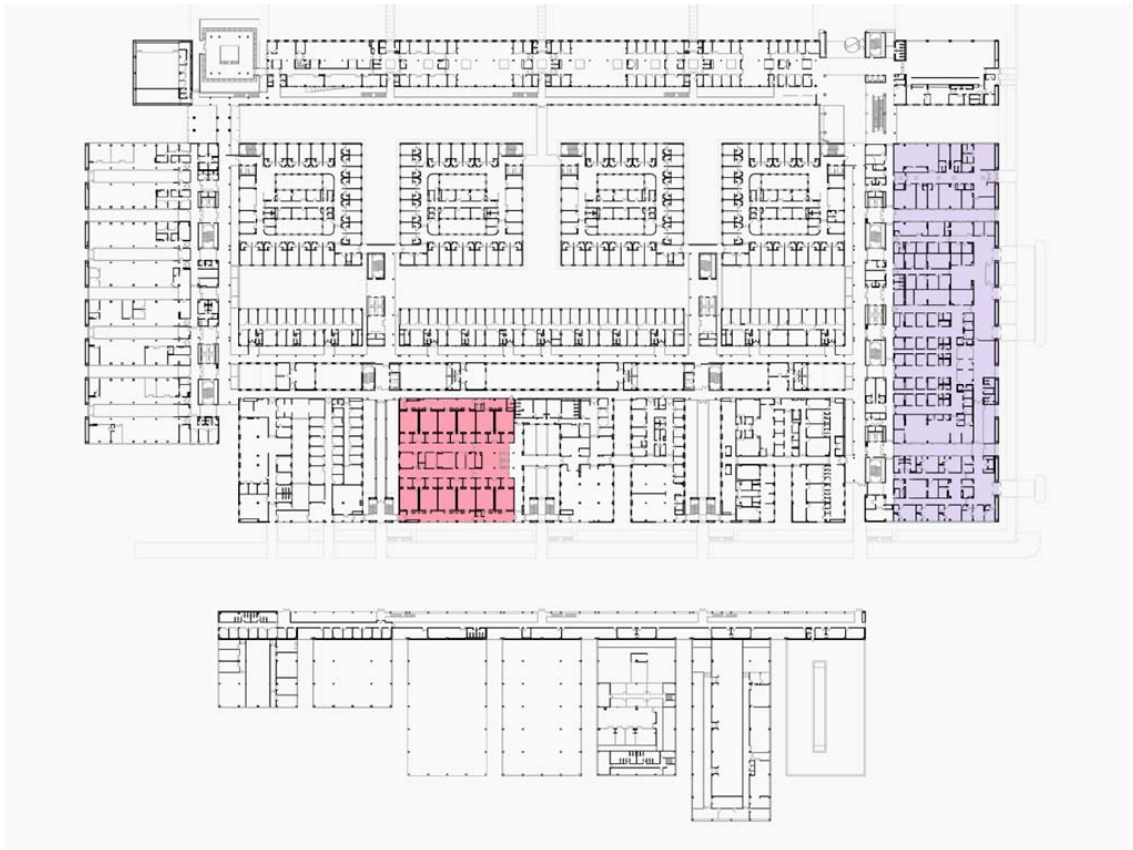
3. PLANTAS GENERALES DE LAS ZONAS DE ESTUDIO.

Se trata de un edificio que se desarrollo horizontal. Adquieren gran importancia las conexiones de comunicación: pasillos, corredores, etc. Los niveles donde encontramos las zonas que se han sometido a estudio, se resumen en:

- **Nivel cero** donde se localiza TAMO (color verde). Aquí se encuentran ubicadas la mayoría de las instalaciones. Tiene un acceso rodado para las ambulancias.
- **Primer nivel**, es el nivel principal; por él acceden los peatones. Es donde se halla el bloque quirúrgico (color rosa), además de las zonas no críticas (color morado) y farmacia de la que se hizo un pequeño estudio únicamente en este hospital.
- **Segundo nivel** en el que se ubica TOH (color azul) y UVI (color amarillo).



PLANO B.1. Nivel 0 con localización de TAMO del nuevo HURH.



PLANO B.2. Nivel 1 con localización del bloque quirúrgico y zonas no críticas del nuevo HURH.



PLANO B.3. Nivel 2 con localización de TOH y UVI del nuevo HURH.

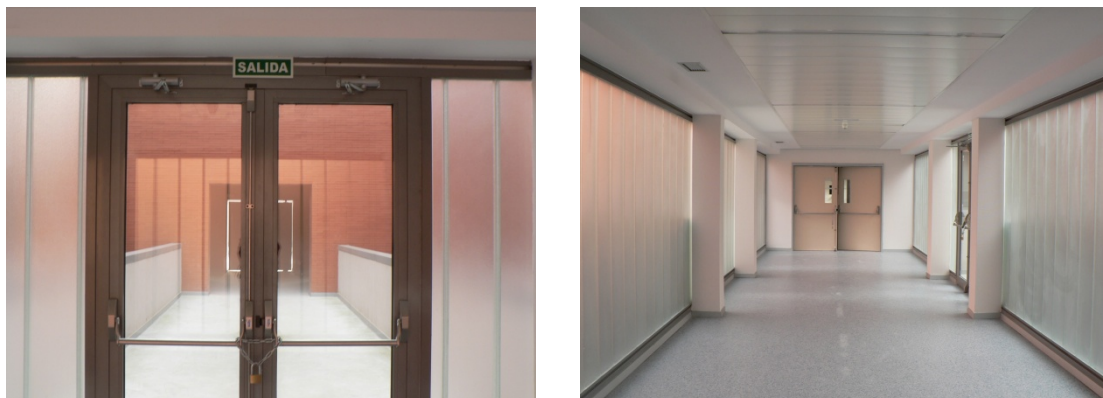
4. VISTAS INTERIORES.



FOTOGRAFÍA B.9. Diferentes vistas del hall de entrada del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.10. Vista de los grandes corredores interiores del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.11. Pasillos exteriores de conexión de diferentes áreas del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.12. Pasillos del área de instalaciones y mantenimiento del nuevo HURH.

5. INSTALACIONES.



FOTOGRAFÍA B.13. Climatizadoras de quirófanos.



FOTOGRAFÍA B.14. Bomba primario y tuberías.



FOTOGRAFÍA B.15. Grupos de bombeo secundario.



FOTOGRAFÍA B.16. Sistema de producción y acumulación de ACS y sala de calderas.



FOTOGRAFÍA B.17. Central de producción de vapor y vasos de expansión.

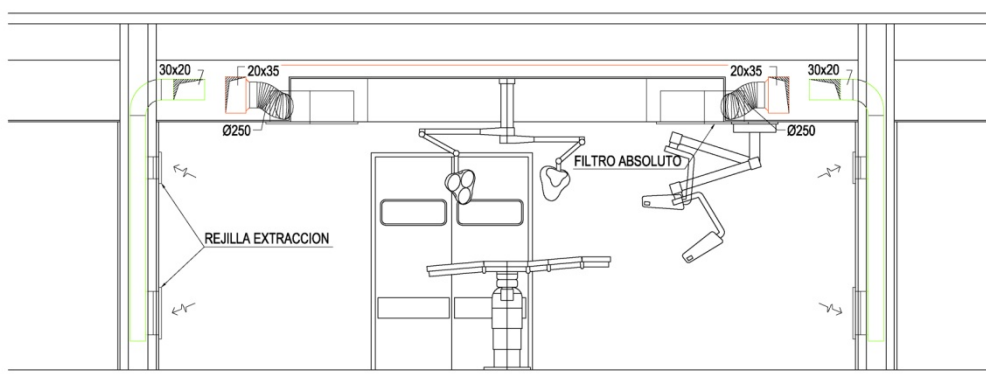


FOTOGRAFÍA B.18. Enfriadoras situadas al exterior.

B.2. QUIRÓFANOS.



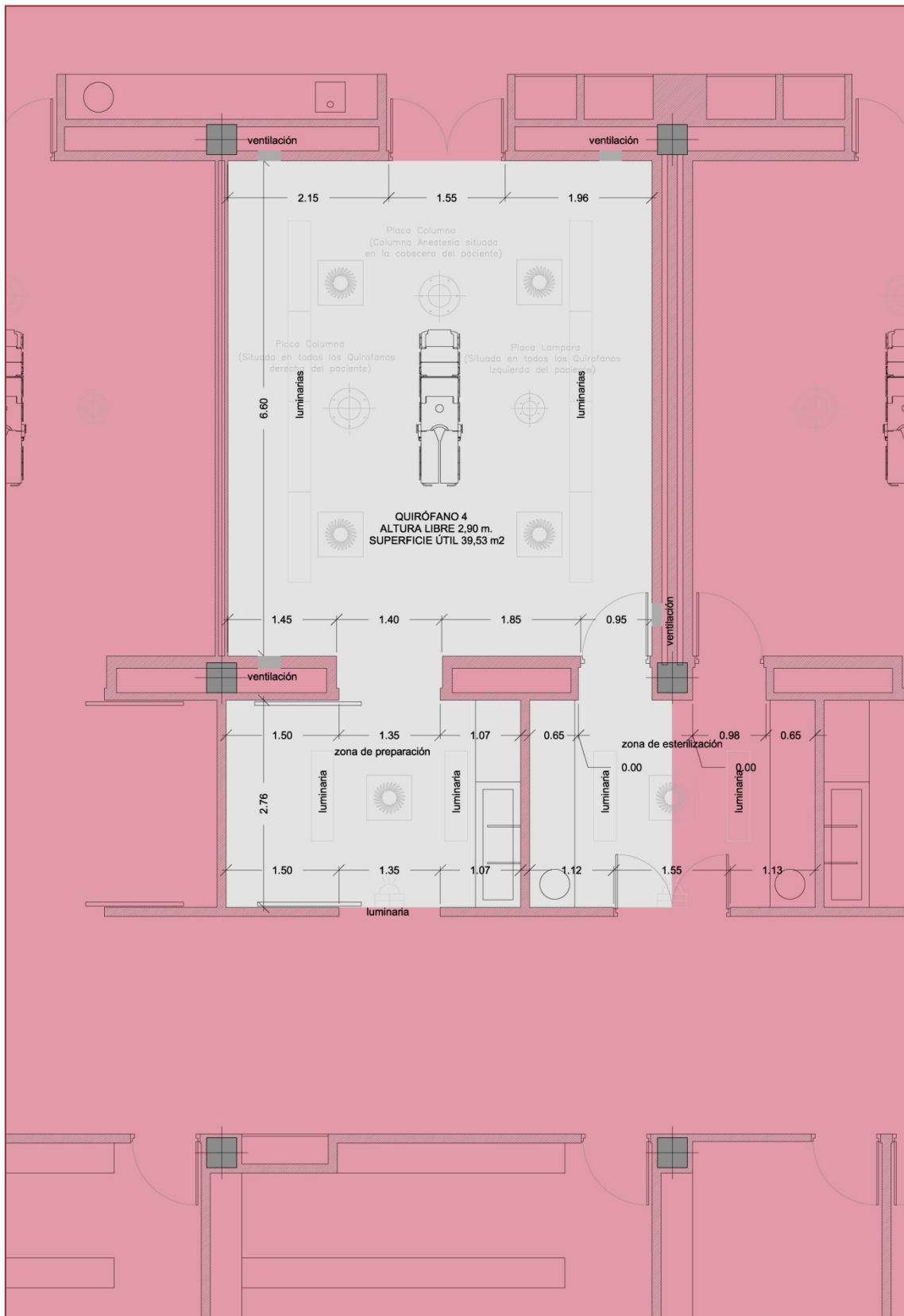
PLANO B.4. Detalle del bloque quirúrgico en nivel 1 del nuevo HURH.



DETALLE TIPO QUIRÓFANOS

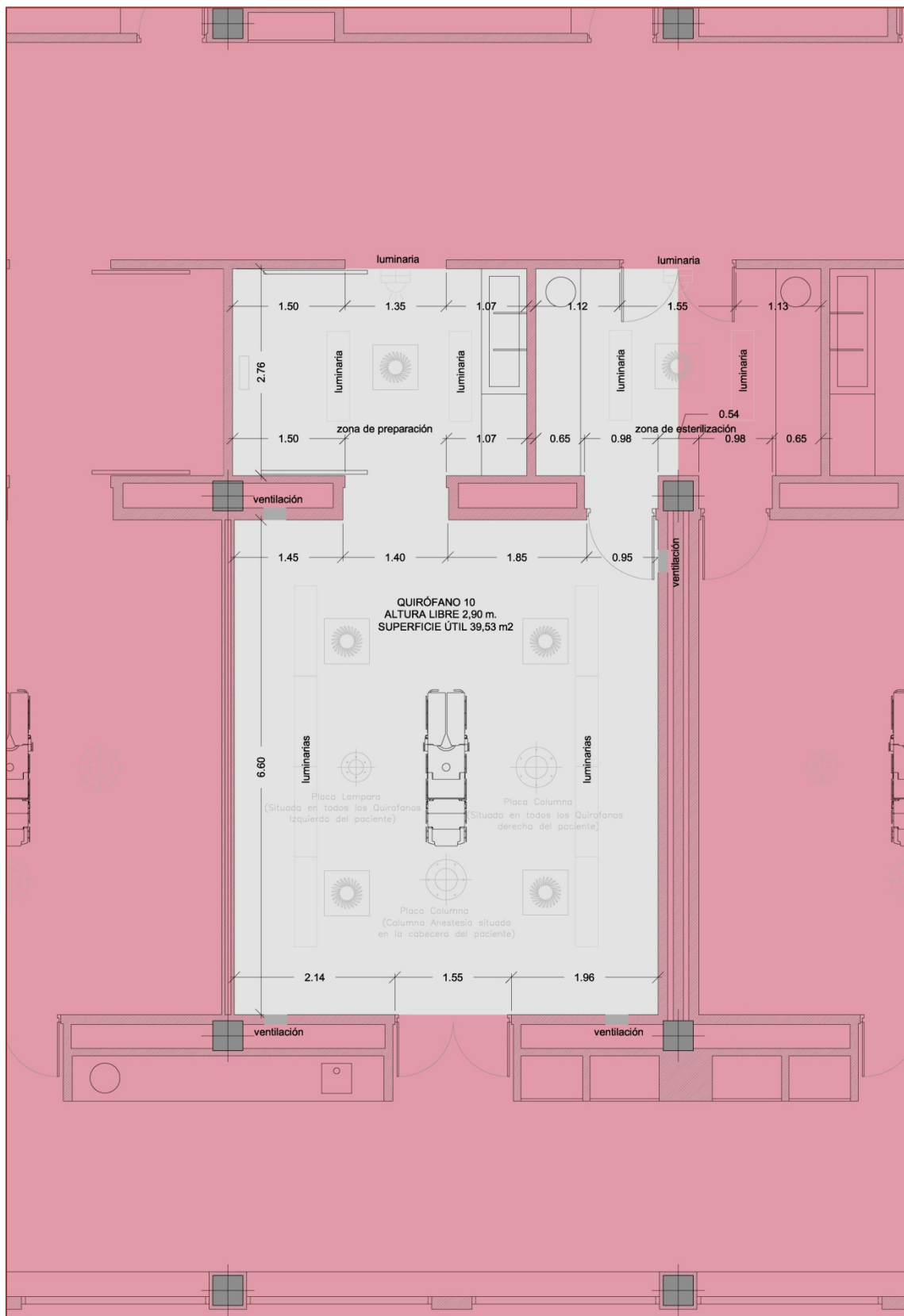
FIGURA B.1. Instalación de climatización en los quirófanos del nuevo HURH.

1. QUIRÓFANO 4.



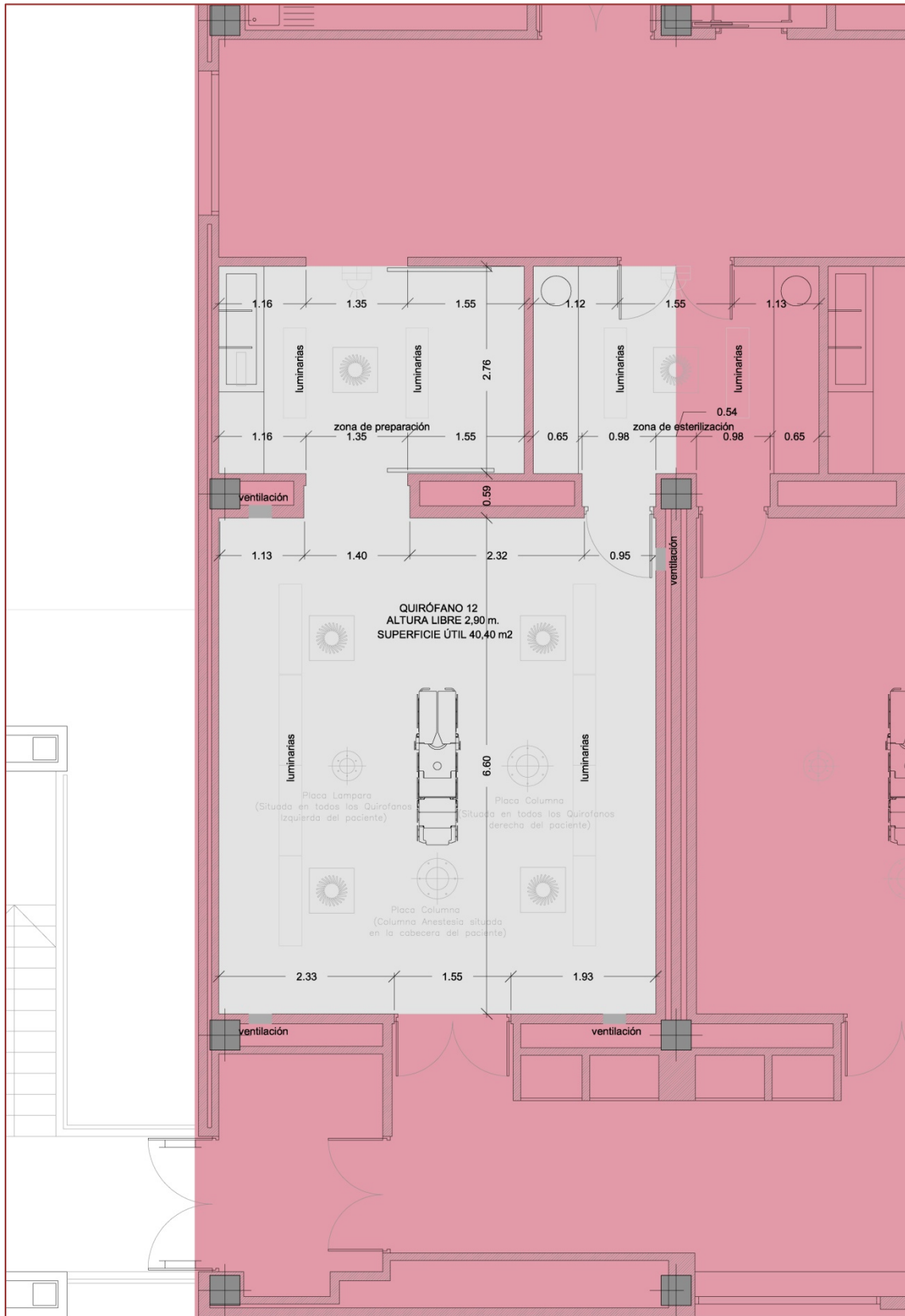
PLANO B.5. Detalle del quirófano N4 en nivel 1 del nuevo HURH.

2. QUIRÓFANO 10.



PLANO B.6. Detalle del quirófano N10 en nivel 1 del nuevo HURH.

3. QUIRÓFANO 12.



PLANO B.7. Detalle del quirófano N12 en nivel 1 del nuevo HURH.

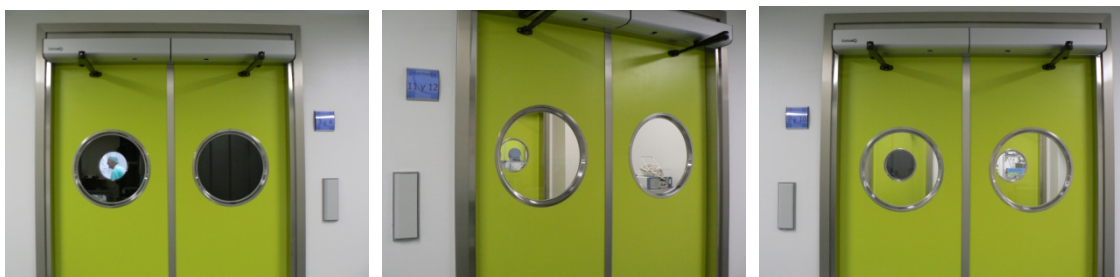
4. IMÁGENES DE LOS QUIRÓFANOS.



FOTOGRAFÍA B.19. Secuencia de acceso a los quirófanos del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.20. Pasillo de comunicación interior del bloque del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.21. Puertas de accesos a la zona intermedia de quirófanos del nuevo HURH.



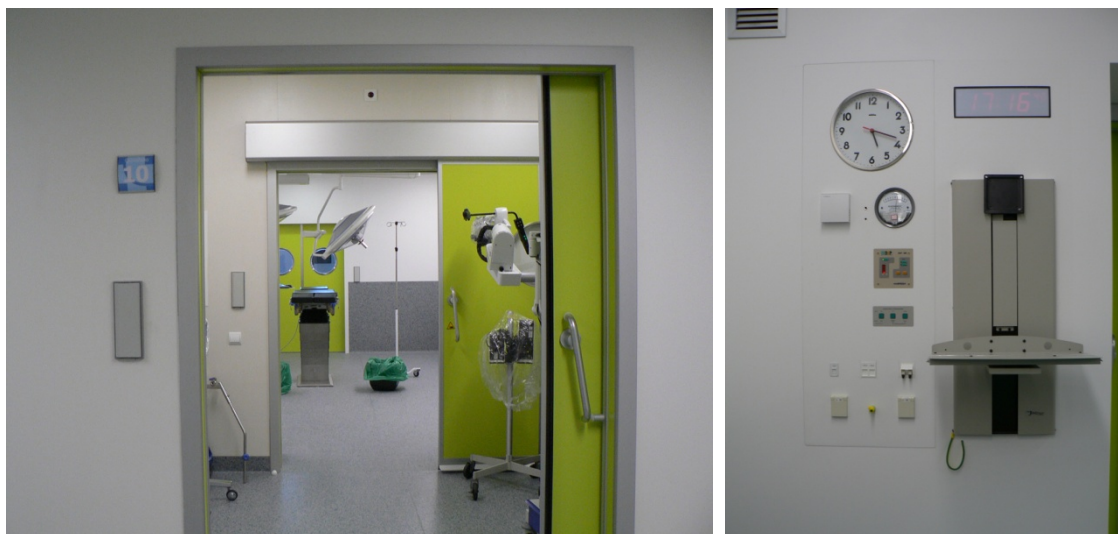
FOTOGRAFÍA B.22. Detalles de la zona intermedia de los quirófanos del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.23. Secuencia panorámica 1 del interior de los quirófanos del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.24. Secuencia panorámica 2 del interior de los quirófanos del nuevo HURH.

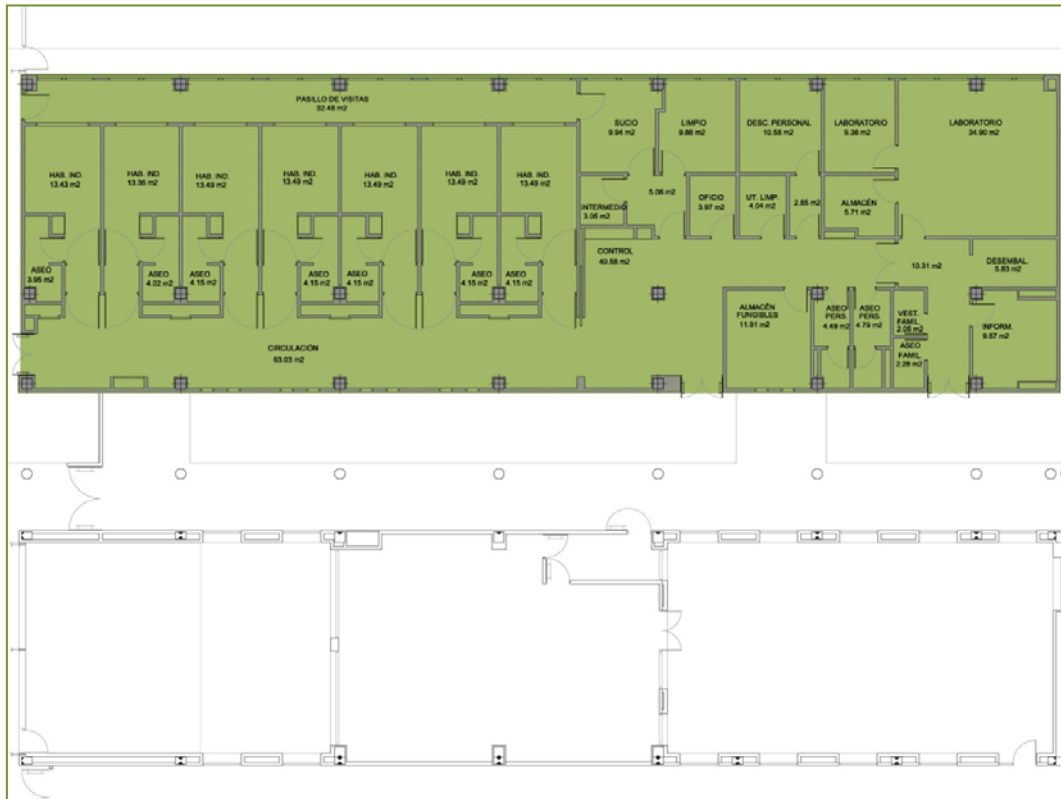


FOTOGRAFÍA B.25. Diferentes puertas y detalle interior de los quirófanos del nuevo HURH.

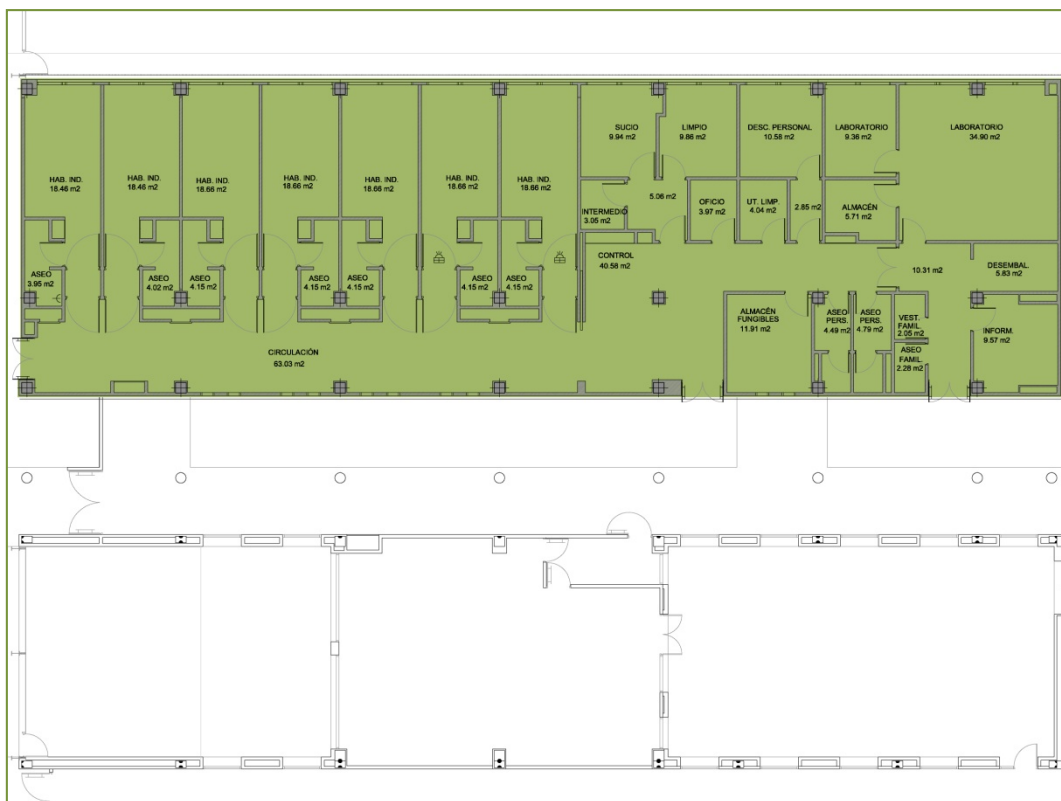


FOTOGRAFÍA B.26. Control termohigrométrico de los quirófanos del nuevo HURH.

B.3. TRASPLANTADOS DE MÉDULA ÓSEA (T.A.M.O.).

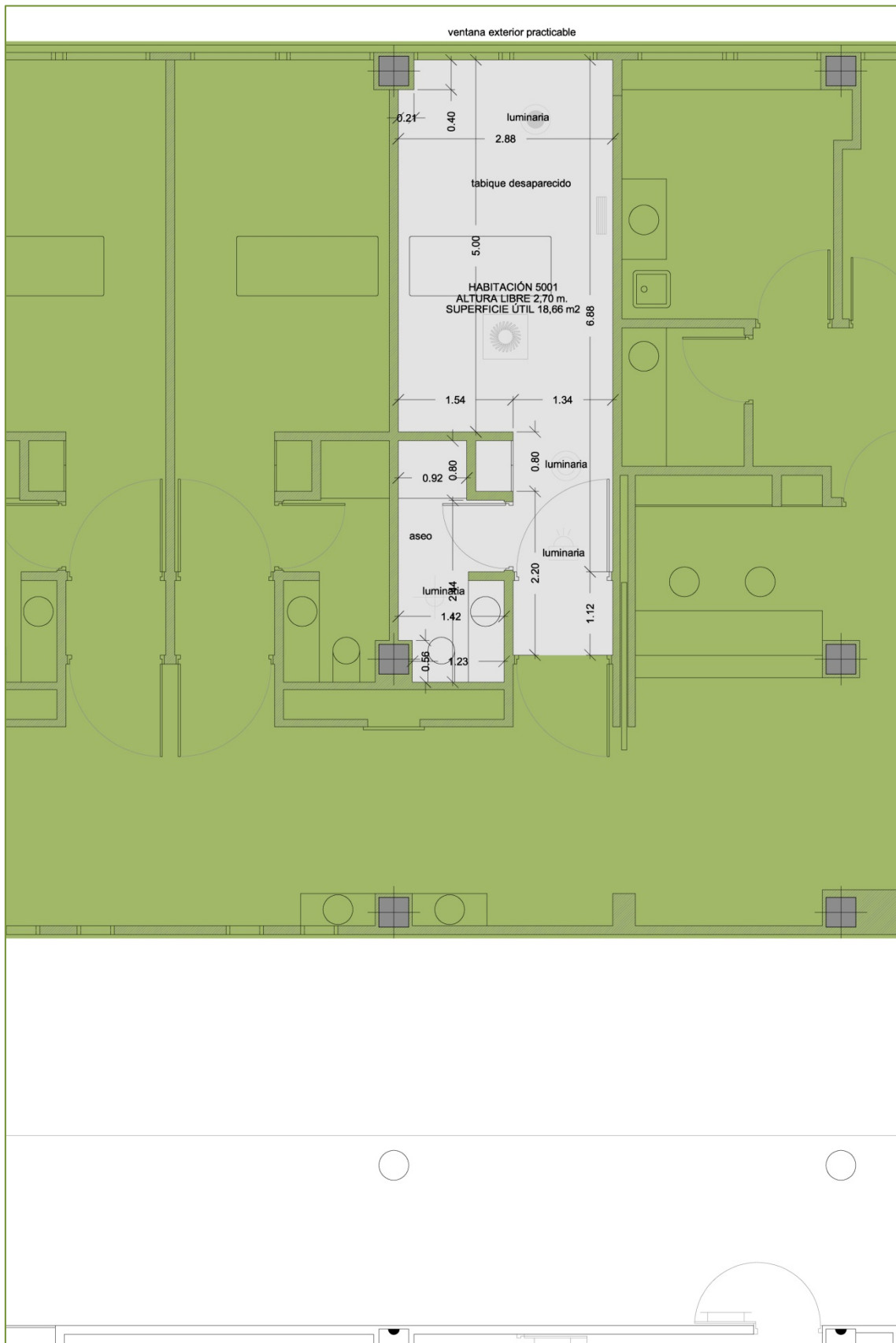


PLANO B.8. Detalle de TAMO según proyecto en nivel 0 del nuevo HURH.



PLANO B.9. Detalle de TAMO "in situ" en nivel 0 del nuevo HURH.

1. HABITACIÓN 5001.



PLANO B.10. Detalle de la habitación H5001 en nivel 0 del nuevo HURH.

3. HABITACIÓN 5004.



PLANO B.12. Detalle de la habitación H5004 en nivel 0 del nuevo HURH.

5. IMÁGENES DE T.A.M.O.



FOTOGRAFÍA B.27. Secuencia de acceso a TAMO del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.28. Secuencia panorámica interior de TAMO del nuevo HURH.

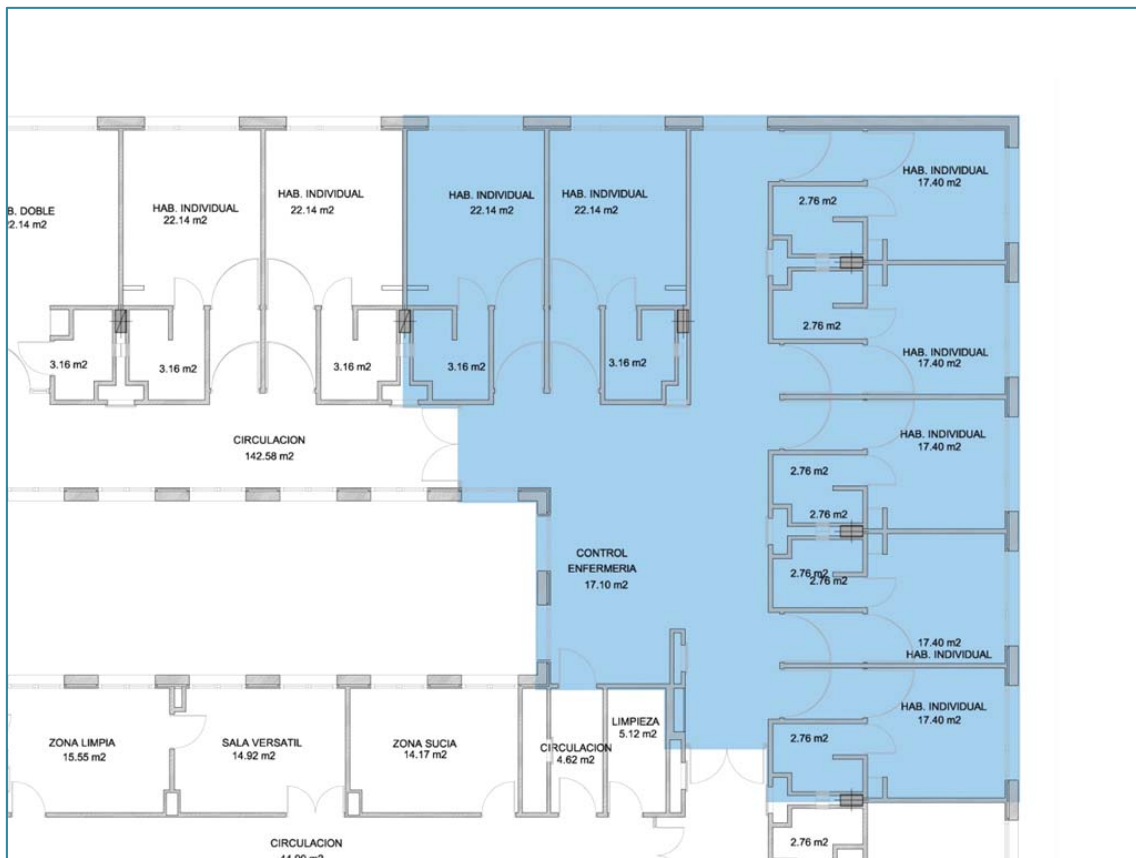


FOTOGRAFÍA B.29. Detalles de control ambiental de TAMO del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.30. Comunicación de las habitaciones de TAMO del nuevo HURH.

B.4. TRASPLANTADOS HEPÁTICOS (T.O.H.).

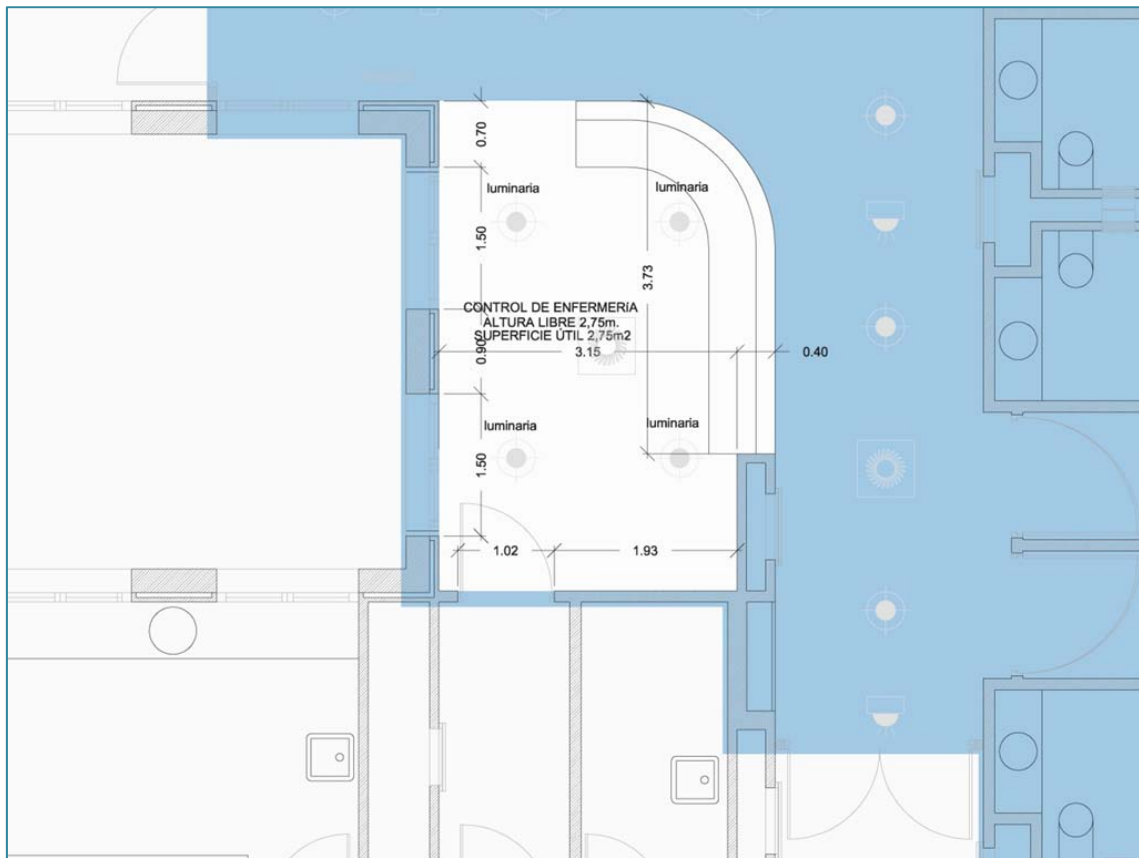


PLANO B.14. Detalle de TOH en nivel 2 del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.31. Vistas del pasillo de comunicación entre habitaciones del nuevo HURH.

1. CONTROL DE ENFERMERÍA.



PLANO B.15. Detalle del control de enfermería de TOH en nivel 2 del nuevo HURH.

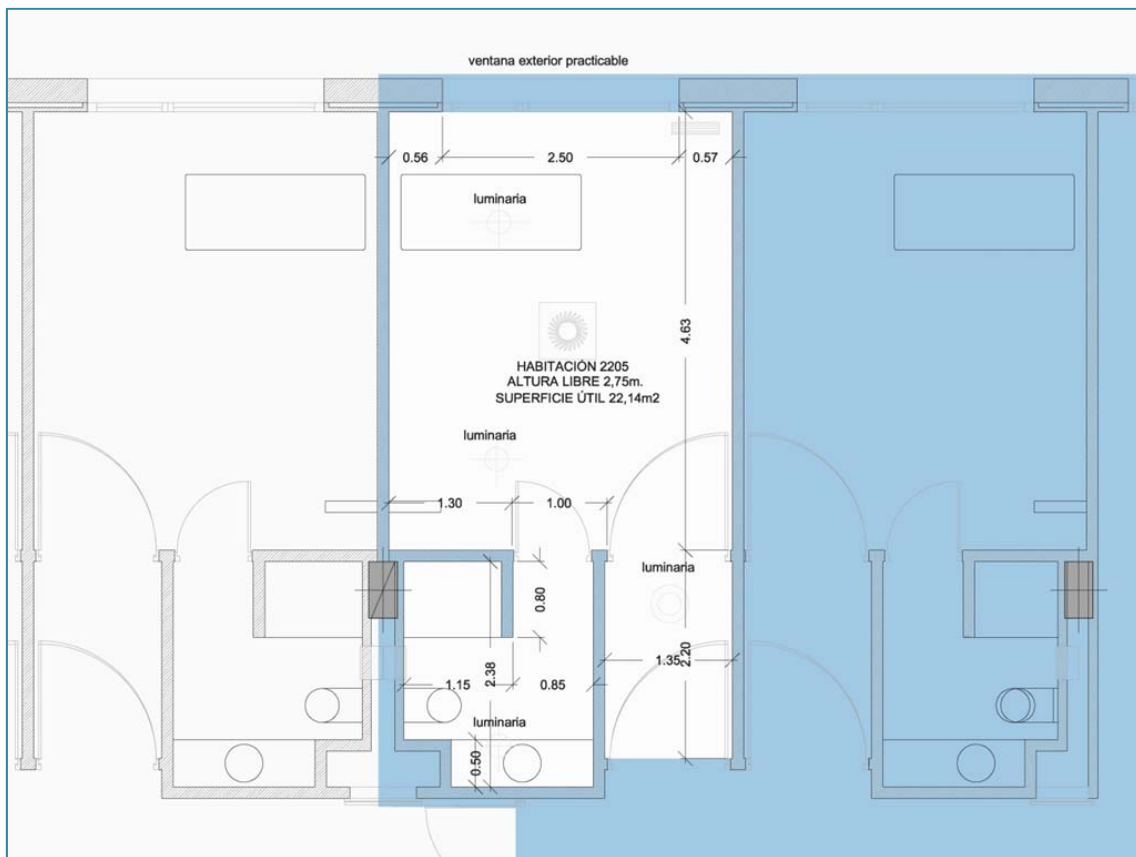


FOTOGRAFÍA B.32. Vistas del control de enfermería de TOH boxes del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.33. Vistas desde el pasillo de las habitaciones de TOH del nuevo HURH.

2. HABITACIÓN 2205.

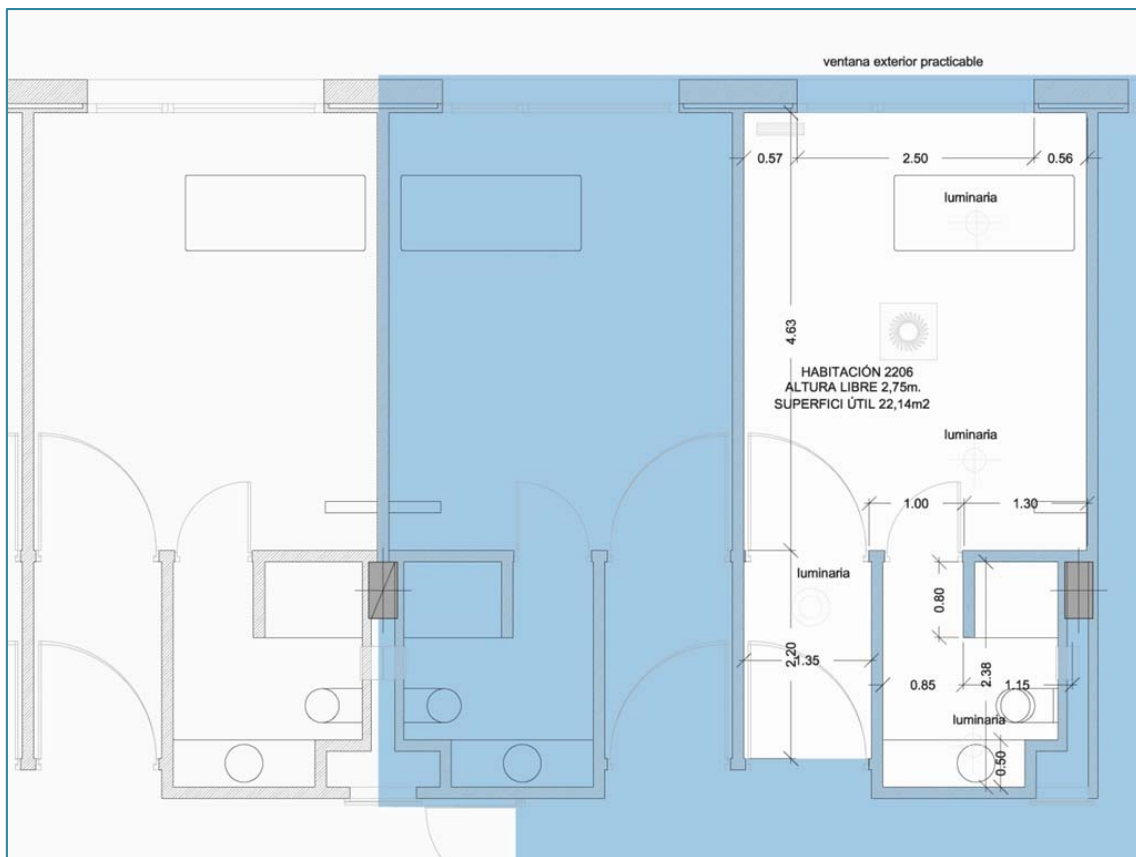


PLANO B.16. Detalle de la habitación H2205 de TOH en nivel 2 del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.34. Secuencia panorámica interior de H2205 de TOH del nuevo HURH.

3. HABITACIÓN 2206.



PLANO B.17. Detalle de la habitación H2206 de TOH en nivel 2 del nuevo HURH.

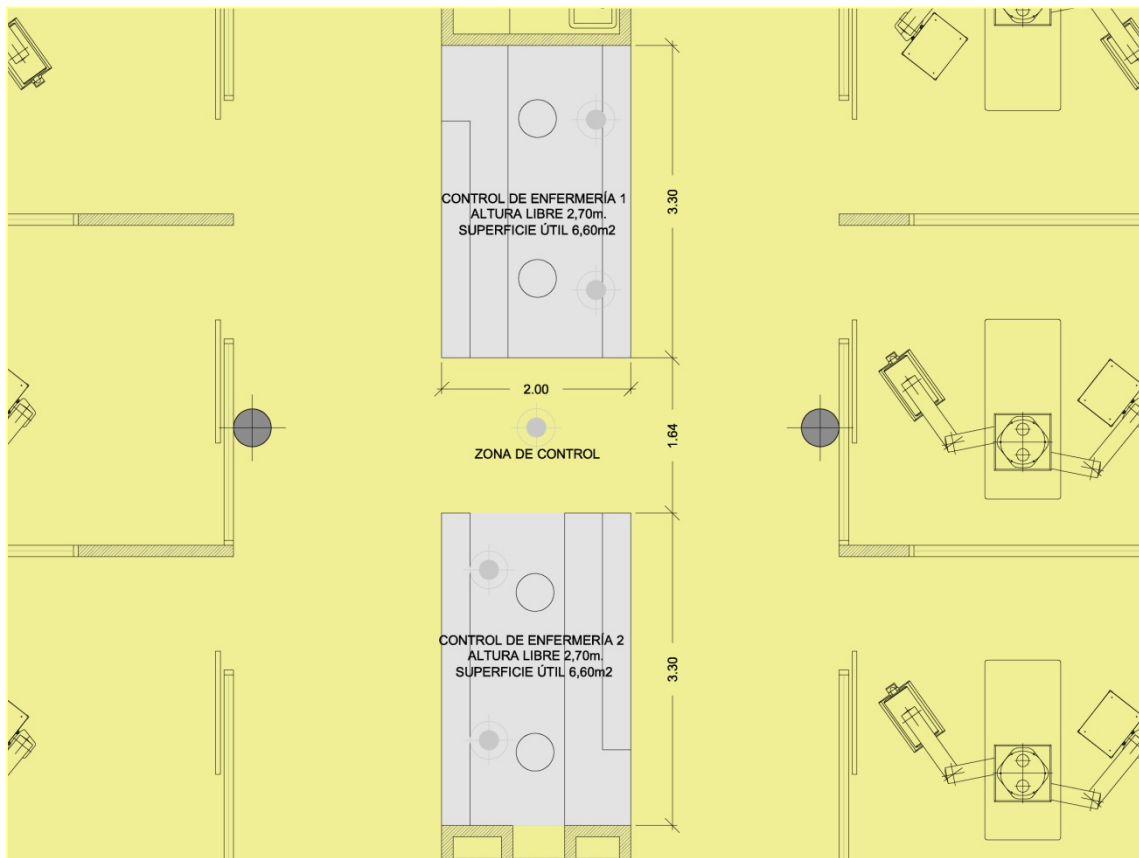


FOTOGRAFÍA B.35. Secuencia panorámica interior de H2206 de TOH del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.36. Detalles de ventilación de las habitaciones de TOH del nuevo HURH.

1. CONTROL DE ENFERMERÍA.

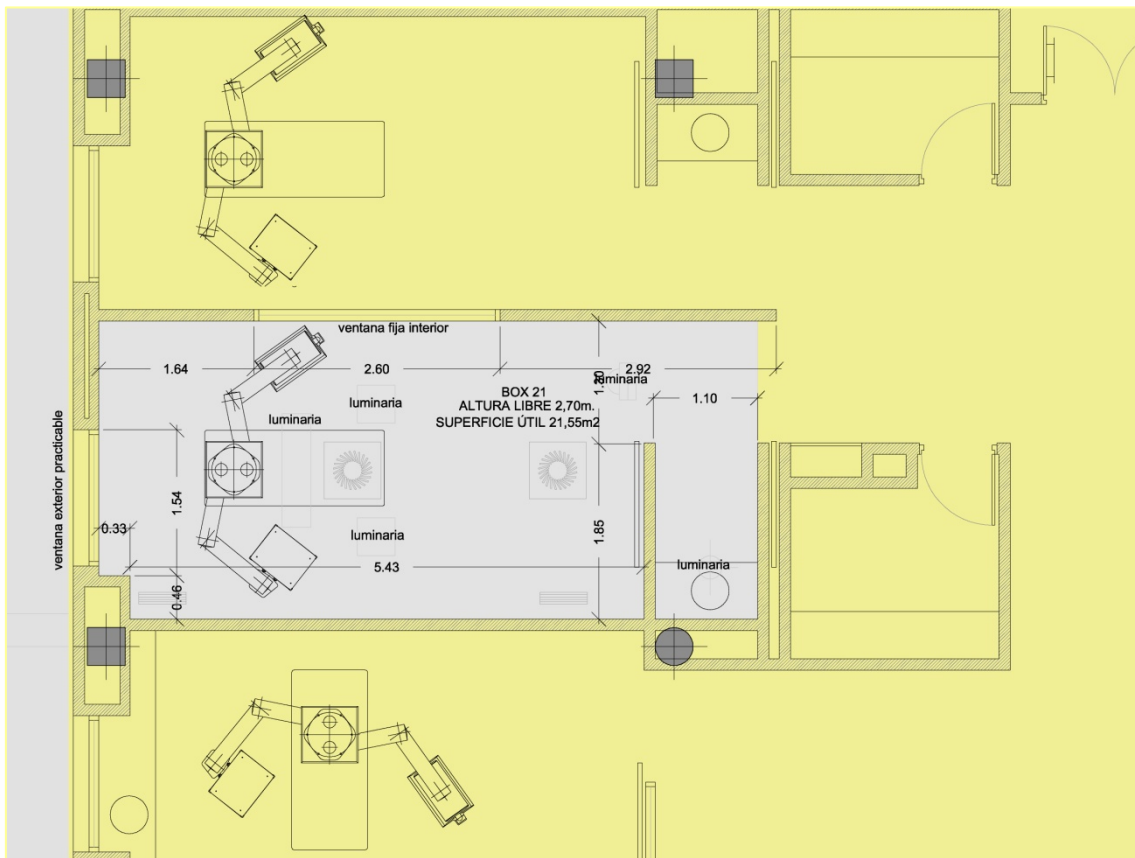


PLANO B.19. Detalle del control de enfermería UVI en nivel 2 del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.38. Vistas del control de enfermería de UVI del nuevo HURH.

2. BOX 21.

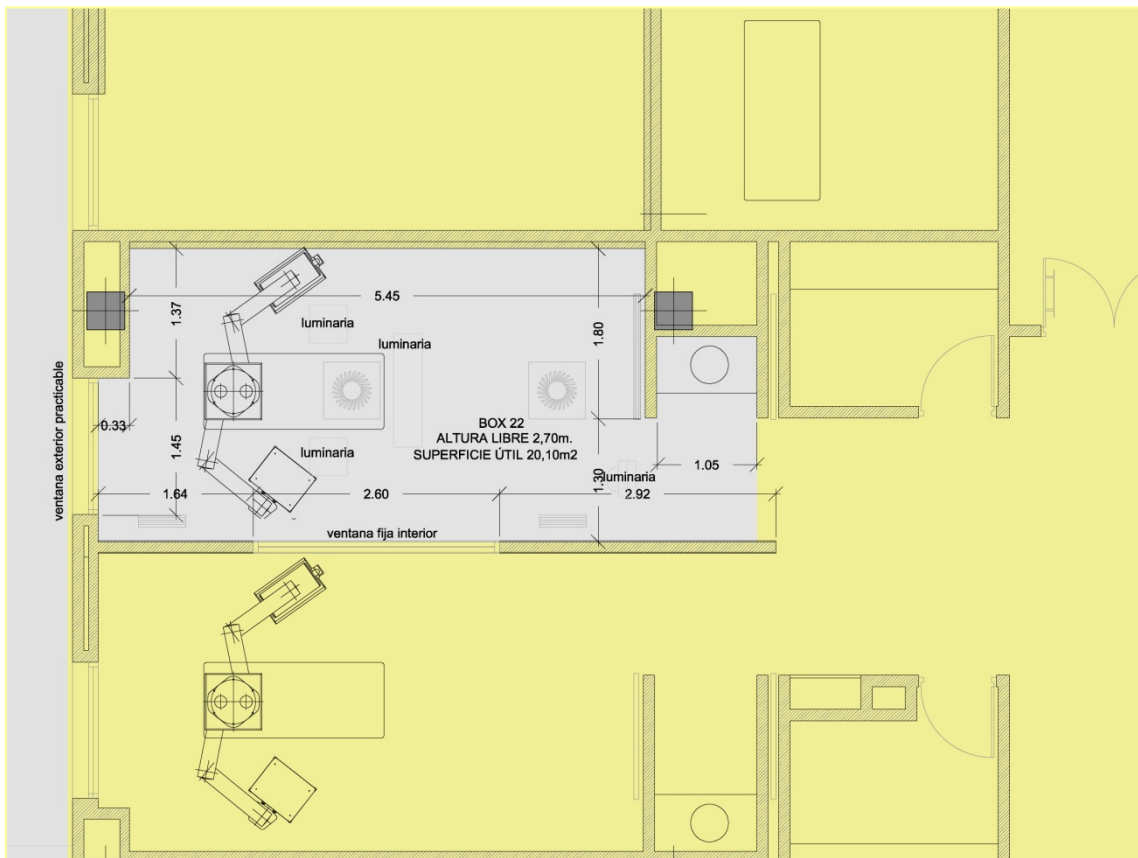


PLANO B.20. Detalle del BOX 21 de UVI en nivel 2 del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.39. Vista del BOX 21 de UVI del nuevo HURH.

3. BOX 22.



PLANO B.21. Detalle del BOX 22 de UVI en nivel 2 del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.40. Vista del BOX 22 de UVI del nuevo HURH.

B.6. ZONAS NO CRÍTICAS.

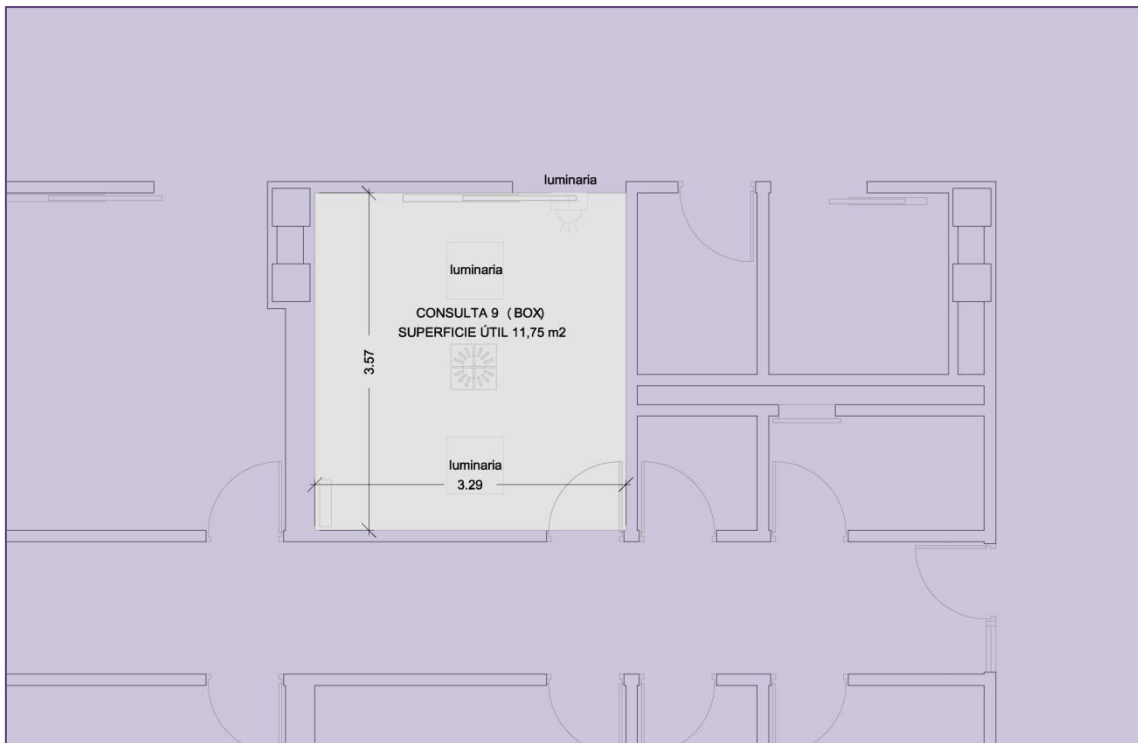
Las zonas no críticas han sido espacios o recintos tomados al azar como simples zonas comparativas con las críticas siendo, en este caso, espacios de urgencias en el nivel 1. Por este motivo la documentación gráfica adjunta es más resumida. Dichas zonas son:

- un box cualquiera de urgencias, en este caso la consulta nº 9, espacios cerrados y comunicados por puertas en dos de sus frentes, al contrario que ocurría en el antiguo hospital, y con una climatización que consta de un difusor y una rejilla.
- un despacho, realizaba las funciones de consulta, la nº 3, en el momento de la toma de muestras. Se encuentra comunicado con dos puertas, una al pasillo interior y otra al pasillo exterior de la zona. Y su ventilación se realiza a través de climatización formada por un difusor y una rejilla.



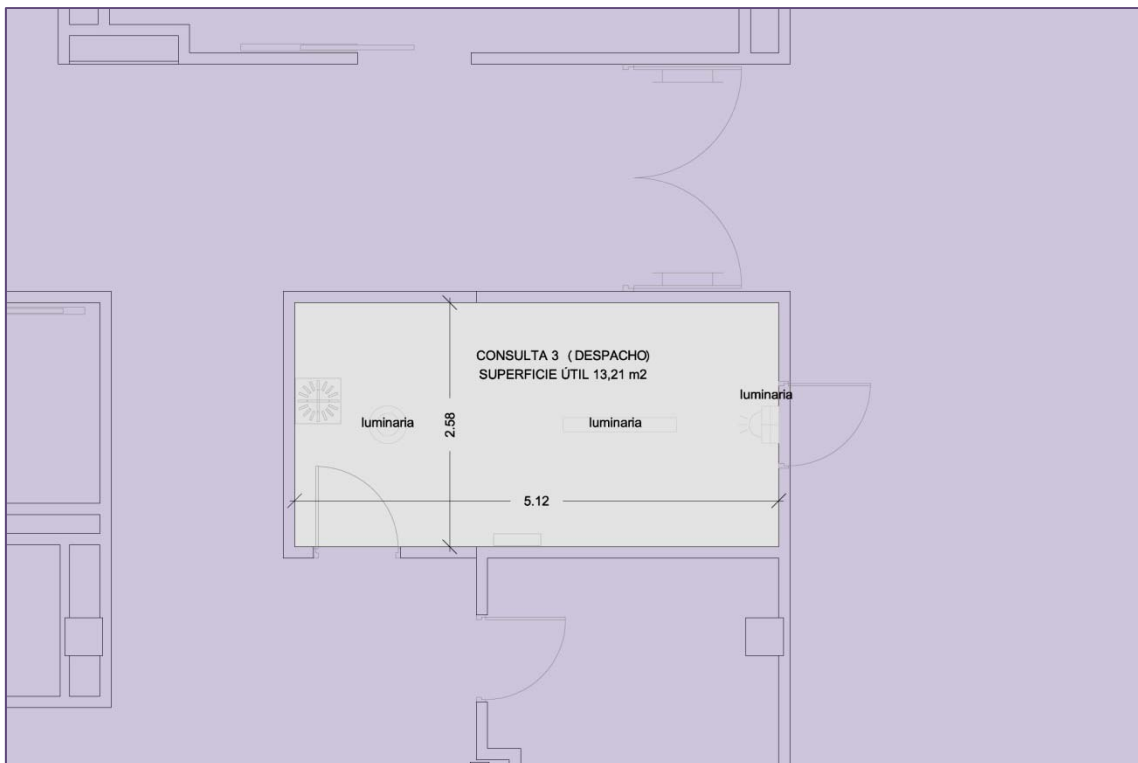
PLANO B.22. Detalle de las zonas no críticas en nivel 1 del nuevo HURH.

1. BOX DE URGENCIAS (CONSULTA 9).



PLANO B.23. Detalle de la zona del box de urgencias en nivel 1 del nuevo HURH.

2. DESPACHO DE URGENCIAS (CONSULTA TEMPORAL 3).



PLANO B.24. Detalle del despacho de urgencias en nivel 1 del nuevo HURH.

3. IMÁGENES DE URGENCIAS.



FOTOGRAFÍA B.41. Acceso a urgencias por el interior del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.42. Vistas de los pasillos de comunicación entre boxes del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.43. Puerta de acceso al box de urgencias (consulta 9) del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.44. Vistas interiores del box de urgencias (consulta 9) del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.45. Puerta de acceso al despacho (consulta temporal 3) del nuevo HURH.



FOTOGRAFÍA B.46. Secuencia interior del despacho (consulta temporal 3) del nuevo HURH.

B.7. FARMACIA.



PLANO B.25. Nivel 1 y la localización de farmacia del nuevo HURH.



PLANO B.26. Detalle de farmacia en nivel 1 del nuevo HURH.

ANEXO C. ANTIGUO Y NUEVO HURH: UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y URBANÍSTICA

Las imágenes y planos mostrados a continuación son aquellos que hacen referencia a ambos hospitales juntos, como es su localización, así como las relaciones que puedan existir entre ambos (distancia entre uno y otro, comparativa dimensional).

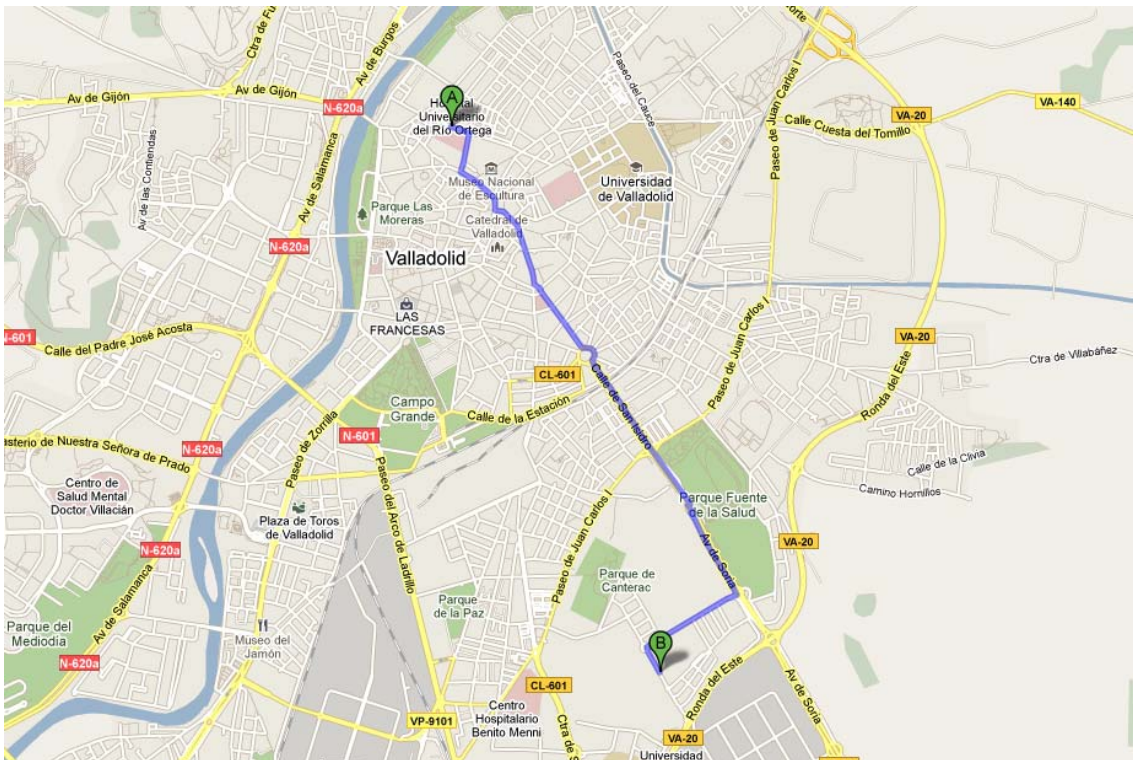
Como ya se ha visto a lo largo de todo el trabajo de investigación, los dos hospitales que han sido objeto de estudio se encuentran en Valladolid, ciudad con más de 315522 habitantes en su provincia que se extiende a lo largo de los ríos Pisuerga, Duero y Esgueva.

El más antiguo de los hospitales, se halla en el noroeste dentro del entorno urbano, colindante con el Barrio de la Rondilla y próximo al río Pisuerga. El más nuevo, con gran extensión en planta, se encuentra al sudeste inmerso en un nuevo plan de ampliación de la provincia de Valladolid; por tanto su ubicación es el extrarradio, conectada por la Ronda Este y rodeado por polígonos industriales. Entre ellos distan 5 km aproximadamente.

1. SITUACIÓN Y UBICACIÓN CONCRETA.



FOTOGRAFÍA C.3. Vista satélite (Google) de la localización del antiguo (A) y nuevo (B) HURH



FOTOGRAFÍA C.4. Vista mapa (Google) de la localización del antiguo (A) y nuevo (B) HURH.

2. COMPARATIVA DIMENSIONAL EN PLANTA.



FOTOGRAFÍA C.5. Antiguo HURH (Google), misma escala que la FOTOGRAFIA C.6.



FOTOGRAFÍA C.6. Nuevo HURH (Google), misma escala que FOTOGRAFIA C.5.

ANEXO D. MODELO HOSPITALARIO.

Una de las labores llevadas a cabo en este trabajo de investigación, es aquella referida en el Capítulo V. Apartado 7, donde se avanza un modelo de edificación hospitalaria que sea sostenible y reúna los requisitos necesarios sobre IAQ. Y es, por tanto, la documentación gráfica plasmada a continuación, la que se plantea como posible solución de lo mencionado en ese apartado.

Consta de cuatro documentos:

1. ESQUEMA GENERAL – CONSTRUCCIÓN MODULAR: LOS PABELLONES. Donde se hace hincapié en la propuesta de separar y distinguir, y para ello utilizar módulos, los diferentes usos dentro de las edificaciones hospitalarias.
2. ESTUDIO DE DETALLE – PABELLONES DE INGRESOS: IAQ O CAI ESPECÍFICA. Se hace una aproximación a una de las zonas más complicadas y que han sido objeto de estudio en este trabajo.
3. HABITACIÓN TIPO – CREACIÓN DEL MÓDULO TIPO: ESTANDARIZACIÓN. Enfocada a la unidad que prevalece en el hospital, y que, por tanto, define la mayoría del proyecto hospitalario, y de cómo no constituye un espacio cerrado física y conceptualmente.
4. EJEMPLO DE UNA COMPOSICIÓN DE PLANTA TIPO: SOSTENIBILIDAD. Por último, se muestra una posible solución desarrollada con todos los elementos antes estudiados.

D.1. ESQUEMA GENERAL - CONSTRUCCIÓN MODULAR: LOS PABELLONES

PABELLONES - espacios contenedores de la misma tipología de personal y ambiente interior

	PABELLONES DE INGRESOS <i>(ampliado posteriormente)</i>	
	ESPACIOS CONTENIDOS	Cirugía, hospitalización, UVI, otros
	CARACTERÍSTICAS	Estancia prolongada de pacientes y jornada laboral de personal sanitario Ambientes interiores específicos con ventilación constante
	PABELLÓN DE TÉCNICAS DIAGNÓSTICAS y CONSULTAS EXTERNAS	
	ESPACIOS CONTENIDOS	Extracciones, radiología, diálisis, rehabilitación, laboratorios, farmacia, otros
	CARACTERÍSTICAS	Visitas breves y continuas de pacientes y jornada laboral de personal sanitario Ambientes interiores básicos con grandes espacios intersticiales
	PABELLÓN ADMINISTRATIVO y DOCENCIA	
	ESPACIOS CONTENIDOS	Administración, RRHH, biblioteca, salón de actos, archivo, capilla, otros.
	CARACTERÍSTICAS	Visitas esporádicas de personal externo y jornada laboral de personal sanitario Ambientes interiores básicos
	PABELLÓN DE SERVICIOS	
	ESPACIOS CONTENIDOS	Hostelería, lavandería, otros
	CARACTERÍSTICAS	Visitas breves de personal externo y sanitario Ambientes interiores básicos.
	SERVICIOS TÉCNICOS y MANTENIMIENTO	
	ESPACIOS CONTENIDOS	Instalaciones, climatización, otros.
	CARACTERÍSTICAS	Visitas esporádicas de personal especializado Ambientes interiores no climatizados

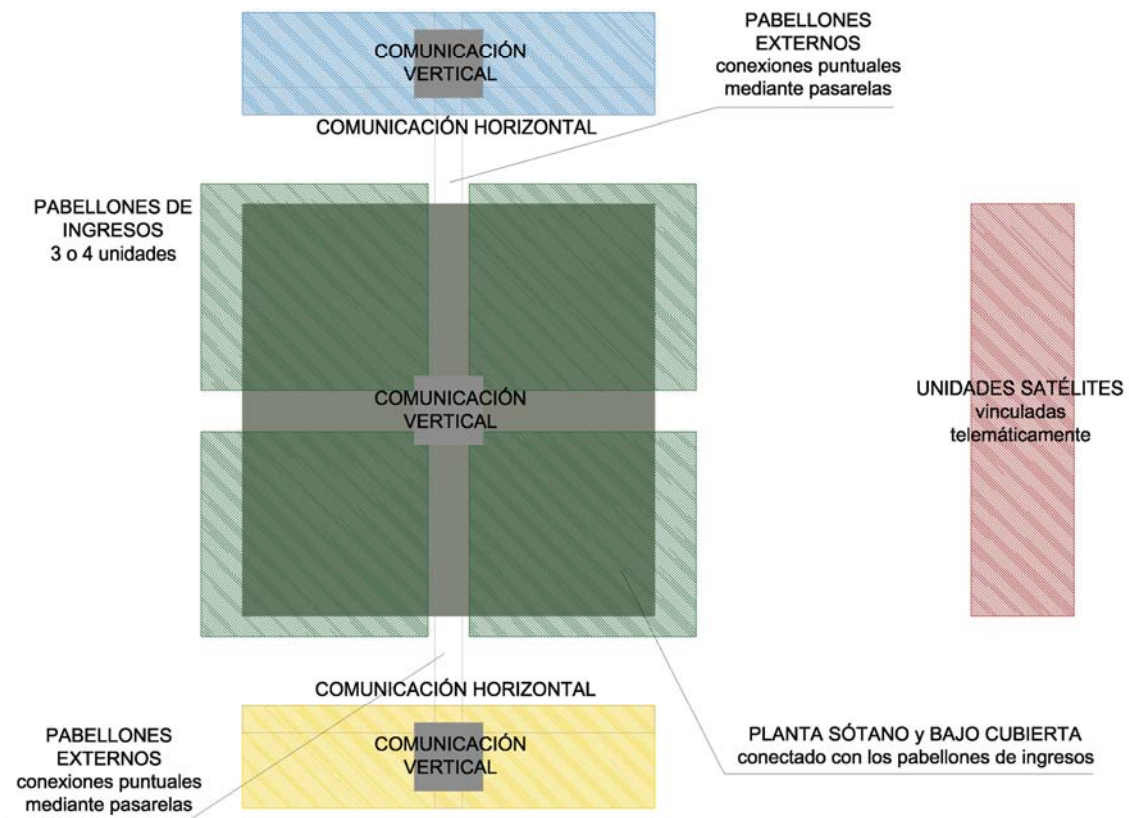
CONFIGURACIÓN - comunicaciones: relaciones entre espacios independientes a sus dimensiones

DIMENSIONES

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	Variable según programa, tanto en tamaño como en composición
ALTURAS EN ALZADO	Variable determinada según programa

COMUNICACIONES

COMUNICACIÓN VERTICAL	Ascensores independientes por pabellones
COMUNICACIÓN HORIZONTAL	Uso de pasarelas para las comunicaciones necesarias entre pabellones



PLANO D.1. Esquema general del modelo hospitalario según uso.

D.2. ESTUDIO EN DETALLE - PABELLONES DE INGRESOS: IAQ o CAI ESPECÍFICA

IAQ o CAI ("indoor air quality" o "calidad del aire interior") - climatización controlada según zonas

	ZONA DE ENFERMOS MÉDICOS	
	TIPOLOGÍA	Pacientes ingresados comunes
	CARACTERÍSTICAS	Uso habitual con condicionantes básicos Sistema adaptado para crear un ambiente específico (control de epidimias)
	ZONA DE BLOQUES QUIRÚRGICOS	
	TIPOLOGÍA	Salas quirúrgicas y espacios circundantes aptas para todo tipo de operaciones
	CARACTERÍSTICAS	Ambientes con presiones positiva Condicionantes ambientales específico
	ZONA DE ENFERMOS QUIRÚRGICOS	
	TIPOLOGÍA	Pacientes recién operados
	CARACTERÍSTICAS	Ambientes con presiones positiva Condicionantes ambientales específico
	ZONA DE OBSTETRICIA Y GINECOLOGÍA	
	TIPOLOGÍA	Salas y espacios circundantes aptas para embarazadas, partos y recién nacidos
	CARACTERÍSTICAS	Ambientes con presiones positiva Condicionantes ambientales específicos
	URGENCIAS	
	TIPOLOGÍA	Salas y espacios circundantes aptas para urgencias médicas
	CARACTERÍSTICAS	Uso continuo con condicionantes básicos Visitas esporádicas y numerosas
	INSTALACIONES	
	TIPOLOGÍA	Espacios libres sin climatizar para ubicación de instalaciones y mantenimiento
	CARACTERÍSTICAS	Uso continuo de las instalaciones Visitas para su revisión esporádicas y numerosas

CONFIGURACIÓN - distribución: relaciones espaciales diáfanos con criterios de intimidad

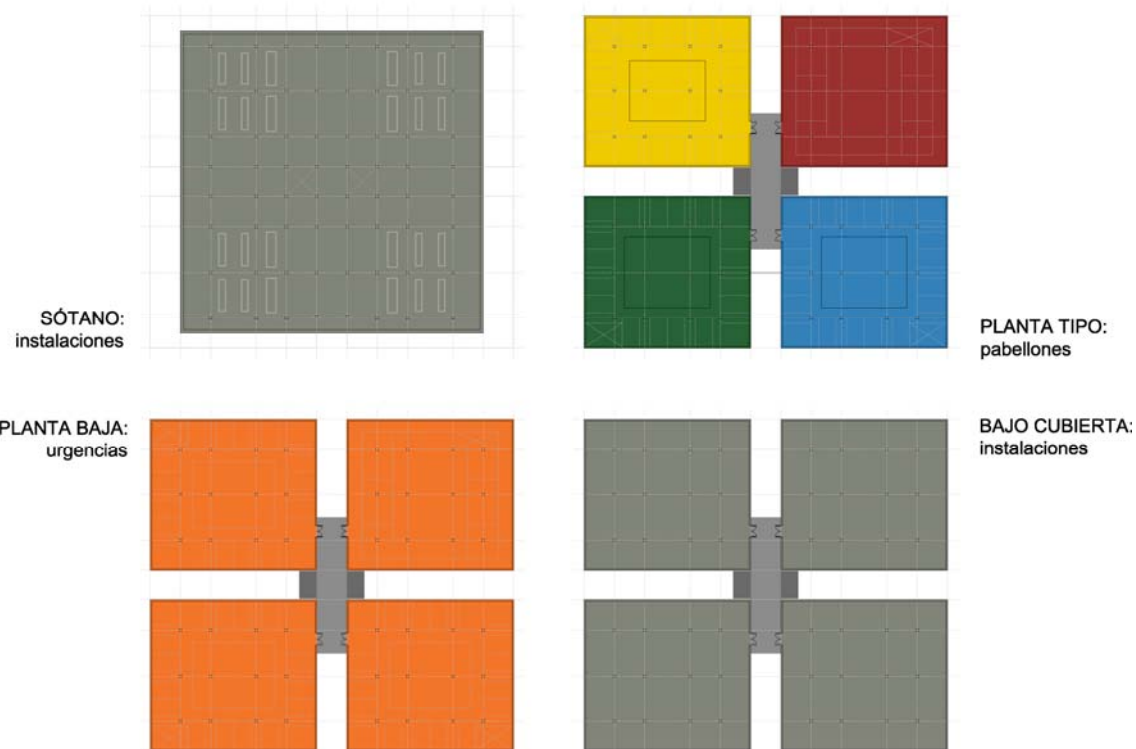
SILUETA

PLANTA

ALTURA

Ensamble de unidades sostenibles para una solución adecuada a cada pabellón específico

Empleo de las necesarias según necesidades, creciendo cada pabellón independientemente



PLANO D.2. Esquema de las plantas del modelo hospitalario según usos.

D.3. HABITACIÓN TIPO - CREACIÓN DEL MÓDULO TIPO: ESTANDARIZACIÓN

ESTANDARIZACIÓN - fácil montaje y uso: óptima calidad del ambiente interior y habitabilidad

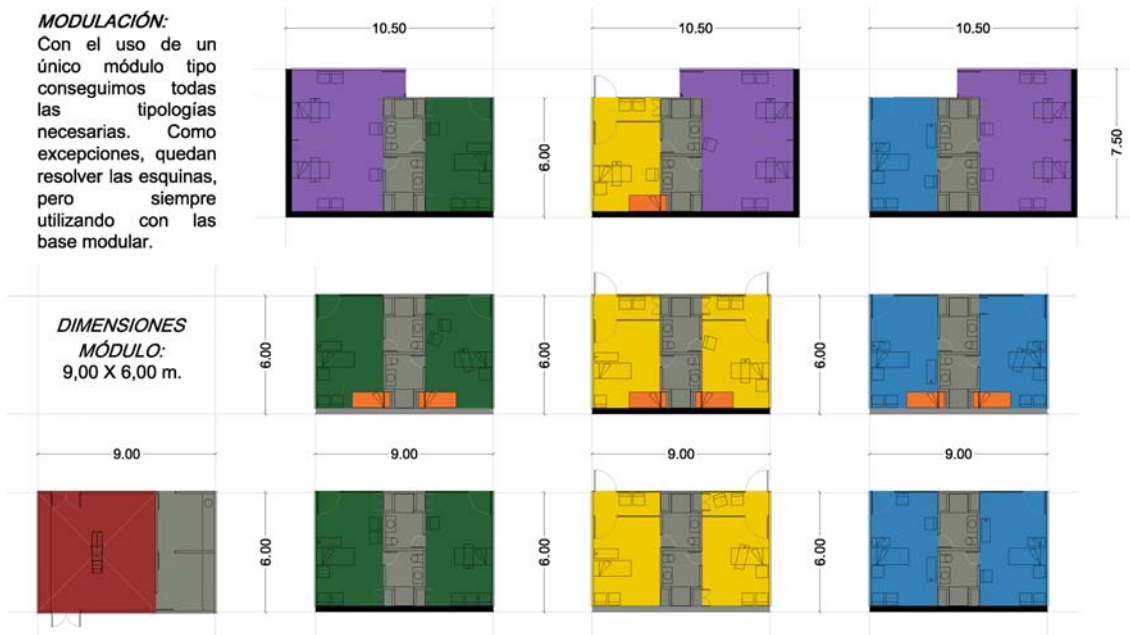
	TIPOLOGÍA HABITACIÓN ESTÁNDAR	
	ESPACIOS CONTENIDOS	Armarios y aseo personal con asientos para visitas
	CARACTERÍSTICAS	Empleo continuo del paciente: enfermo médico principalmente Visitas externas
	TIPOLOGÍA HABITACIÓN ESTÁNDAR CON ESCLUSA	
	ESPACIOS CONTENIDOS	Armario/s y aseo personal con asientos para visitas y/o cama empotrable
	CARACTERÍSTICAS	Empleo continuo del paciente: enfermo quirúrgico o posibles epidemias Climatización especial (zonas limpias con presión positiva)
	TIPOLOGÍA QUIRÓFANO ESTÁNDAR	
	ESPACIOS CONTENIDOS	Armario/s, aseo y cuna personal con asientos para visitas y/o cama empotrable
	CARACTERÍSTICAS	Empleo continuo del paciente: enfermo médico principalmente Transformable en tipologías anteriores (con apoyo, con esclusa o pediátrica)
	TIPOLOGÍA HABITACIÓN ESTÁNDAR PEDIÁTRICA	
	ESPACIOS CONTENIDOS	Armario/s, aseo y cuna personal con asientos para visitas y/o cama empotrable
	CARACTERÍSTICAS	Empleo continuo del paciente: madre y neonato Posibilidad de estancia del neonato
	TIPOLOGÍA ESTÁNDAR CON APOYO (CAMA EMPOTRABLE)	
	ESPACIOS CONTENIDOS	Armario y aseo personal con asientos para visitas y cama empotrable
	CARACTERÍSTICAS	Empleo continuo del paciente: enfermo médico y/o quirúrgico, y/o pediatría Visitas externas con posibilidad de estancia (cama empotrable)
	MÓDULO FIJO	
	ESPACIOS CONTENIDOS	Aseo: WC, lavabo y ducha y armarios y/o camas empotrables
	CARACTERÍSTICAS	Empleo múltiple y variado (varias veces al día) Uso ocasional (una vez al día) de la ducha
	TIPOLOGÍA ESTÁNDAR DOBLE (SOLUCIÓN DE ESQUINA)	
	ESPACIOS CONTENIDOS	Armario/s, aseo y cuna personal con asientos para visitas y/o cama empotrable
	CARACTERÍSTICAS	Empleo continuo del paciente: enfermo médico principalmente Transformable en tipologías anteriores (con apoyo, con esclusa o pediátrica)

CONFIGURACIÓN - comunicaciones: fácil movilidad para el paciente, personal sanitario y mobiliario

RELACIONES

PACIENTE - PERSONAL SANITARIO	Entrada y salida continua con vigilancia permanente desde el exterior
PACIENTE - VISITAS	Entrada y salida ocasional de los espacios circundantes

MODULACIÓN:
Con el uso de un único módulo tipo conseguimos todas las tipologías necesarias. Como excepciones, quedan resolver las esquinas, pero siempre utilizando con la base modular.



PLANO D.3. Dimensiones de las habitaciones del modelo hospitalario.

D.4. EJEMPLO DE UNA COMPOSICIÓN DE PLANTA TIPO: SOSTENIBILIDAD

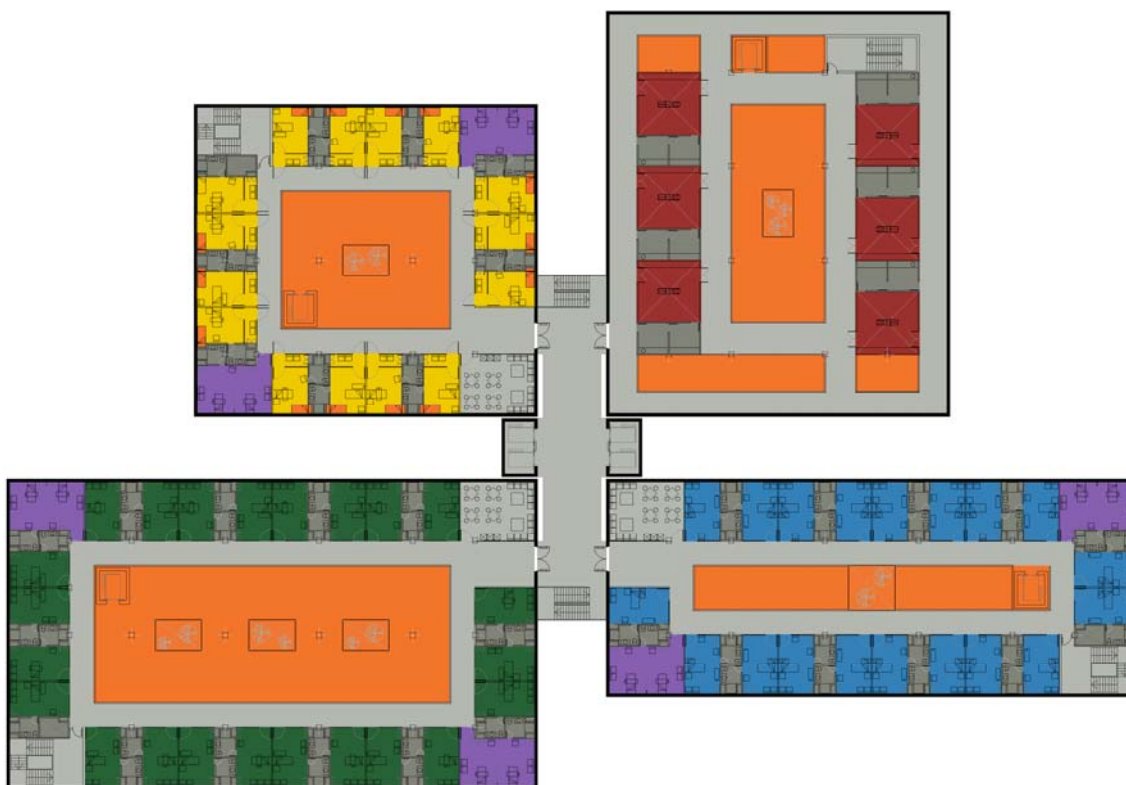
SOSTENIBILIDAD - uso de los recursos naturales frente al gasto y contaminación humana

	HABITACIONES DE ENFERMOS MÉDICOS	
	ESPACIOS CONTENIDOS	Habitaciones con posibilidad de esclusa y/o apoyo con aseo (módulo fijo)
	CARACTERÍSTICAS	Exteriores con ventilación e iluminación natural Acceso a personal sanitario y visitas controlado sin condicionantes
	QUIRÓFANOS	
	ESPACIOS CONTENIDOS	Quirófano con zona de preparación y de aseo (módulo fijo)
	CARACTERÍSTICAS	Interiores rodeadas de zonas de tránsito exteriores e interiores Acceso a pacientes y personal sanitario con condiciones higiénicas específicas
	HABITACIONES DE ENFERMOS QUIRÚRGICOS	
	ESPACIOS CONTENIDOS	Habitaciones con esclusa y/o apoyo con aseo (módulo fijo)
	CARACTERÍSTICAS	Exteriores con iluminación natural y posibilidad de ventilación natural Acceso a personal sanitario y visitas con condiciones higiénicas específicas
	HABITACIONES DE OBSTETRICIA Y GINECOLOGÍA	
	ESPACIOS CONTENIDOS	Habitaciones exteriores con esclusa y/o apoyo con aseo (módulo fijo)
	CARACTERÍSTICAS	Exteriores con ventilación e iluminación natural Acceso controlado con o sin condiciones higiénicas espeíficas según riesgos
	ZONAS DE DISTRIBUCIÓN DE USOS DEL PERSONAL SANITARIO	
	ESPACIOS CONTENIDOS	Control de enfermería, consultas, despachos, montacargas, aseos, vestuarios...
	CARACTERÍSTICAS	Distribución según programa Pacios interiores para una ventilación e iluminación natural Acceso a personal sanitario y pacientes según programa
	ZONAS DE TRÁNSITO	
	ESPACIOS CONTENIDOS	Pasillos de comunicación entre habitaciones y zonas de personal sanitario
	CARACTERÍSTICAS	Espacios interiores con o sin climatización según programa Espacios exteriores (bloque quirúrgico) con ventilación e iluminación natural

CONFIGURACIÓN - versatilidad: óptimo diseño modular para una óptima respuesta global

VARIABLES

- OBJETIVAS (MEDIO EXTERNO) Terreno, orientación, climatología, vientos, radiación solar...
- SUBJETIVAS (MEDIO INTERNO) Diseño, programa, pacientes y personal sanitario...



PLANO D.4. Propuesta de un modelo hospitalario.

