



Universidad Nacional de San Luis
Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias

***DISEÑO DE UN SISTEMA
DE TRATAMIENTO
DE AIRE PARA UNA PLANTA FARMACÉUTICA***

Autor

Silvio Raúl Suarez

Carrera: Trabajo final de Ingeniería Electromecánica

Director

Ing. Stefanini Valentín Antonio

Co – Director

Ing. Ronio Guaycochea

Villa Mercedes, San Luis, Año 2024

DERECHO D0E AUTOR

© 2024 Silvio Raúl Suarez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento

DEDICATORIA

A mi Mamá Elsa

y

A mi Papá Ramón

Resumen

El presente trabajo final describe el diseño de un sistema de tratamiento de aire para una planta farmacéutica. El diseño se desarrolló en una planta farmacéutica que produce múltiples productos. Los mismo se encuentran encuadrados en formas de medicamentos y cosméticos no estériles con diferentes niveles de exigencia para su producción. El objetivo se fijó en obtener un diseño de un sistema de tratamiento de aire que cumpliera con la normativa vigente, los requisitos de los procesos, productos y personal abocado a dicha tarea. Para su diseño se recolecto toda la información referida al tratamiento de aire para aplicaciones farmacéuticas. Esta información se plasmó en un marco teórico, en el cual se encuentran los conceptos y herramientas necesarias para llevar adelante un diseño adecuado. Se abordaron temas tales como clasificación y zonificación de áreas, configuraciones de unidades de tratamiento de aire, métodos de filtración de aire, cálculos de caudales de aire de suministro tanto para limpieza de los ambientes como climatización y presurización de áreas para el direccionamiento del aire. De este estudio se llegó a la aplicación de un sistema de tratamiento de aire, en el cual se realizó una división de la planta en 5 zonas, clasificadas en salas de clase C (ISO 8) para las salas de manufactura y sus esclusas y D (ISO 9) para envasado y sus esclusas. Cada zona cuenta con sus respectivas unidades de tratamiento de aire, etapas de filtración e instalaciones de conductos de suministro y retorno de aire. De esta manera se obtuvo un sistema totalmente flexible para la planta, que se amoldara a las necesidades de producción. Las salas de producción se presurizaron a modo de contener el producto, utilizando las esclusas de materiales y vestuario como burbujas, no dejando que el aire de la sala migre hacia otros ambientes, y así prevenir la contaminación cruzada. Se dispuso también de unidades de tratamiento de aire, para el aire de escape que deber ser expulsado de las salas, a fin de no contaminar el medio ambiente.

Palabras Clave – Zonificación, Unidades de tratamiento de aire, Presurización.

Índice del Contenido

CAPITULO 1: Introducción	1
1.1 Objetivo general.....	3
1.2 Objetivos específicos.....	3
CAPITULO 2: Marco teórico.....	4
2.1 Sistemas HVAC en la Industria Farmacéutica.....	4
2.2 Propósito de los sistemas HVAC.	4
2.2.1 Confort del personal	5
2.2.1.1 Temperatura y Humedad.	5
2.2.1.2 Movimiento del aire.....	6
2.2.1.3 Calidad del aire.....	7
2.2.1.4 Protección del producto y procesos	8
2.2.2 Ambientes limpios y controlados.	8
2.2.2.1 Tipos de partículas contaminantes.....	9
2.2.2.2 Origen de los contaminantes en las salas.....	10
2.2.2.3 Contaminación cruzada.	11
2.4 Clasificación de salas.	12
2.4.1 Clasificación de salas para productos no estériles.	15
2.5 Control de parámetros mediante sistemas de HVAC.....	15
2.5.1 Presurización de salas. Dirección del flujo de aire.....	16
2.5.1.1 Presurización. Prevención de contaminación.....	19
2.5.1.2 Estrategias para el control de la presión	20
2.5.1.3 Configuraciones de esclusas de aire	20
2.5.1.4 Control de presión diferencial automatizado vs control manual.....	24
2.5.2 Ventilación.....	25
2.5.3 Distribución de aire.....	25

2.5.4 -Renovaciones hora de aire.	27
2.5.6 Filtración de aire.	28
2.5.6.1 Filtración de aire aplicada a sistemas HVAC	33
2.5.6.2 Instalaciones de los filtros.	35
2.6 Diseño sistema HVAC.	35
2.6.1 Criterio de climatización de salas	36
2.6.1.1 Cantidad de unidades de climatización. Zonificación.	36
2.6.2 Tipos básicos de sistemas HVAC.....	37
2.6.2.1 Sistemas HVAC de paso único.	37
2.6.2.2 Sistemas HVAC recirculante.	39
2.6.2.3 Sistema de escape/extracción.	40
2.7 – Unidad de tratamiento de aire UTA.....	41
2.7.1 Tipo de UTA.....	47
2.7.2 Configuración de UTA para salas blancas.....	49
2.7.3 UTAs Calculo	52
2.7.3.1 Balance de cargas térmicas.....	53
2.7.3.2 Cálculo del caudal de suministro por balance térmico.....	63
2.7.3.3 Balance de caudales.....	63
2.7.3.4 Selección de caudal de suministro.....	66
2.7.3.5 Condiciones de caudal de suministro. Procesos psicrométricos.	66
2.7.3.6 Potencia de refrigeración y de calefacción.	68
2.8 Sistema HVAC elementos para la distribución del aire	69
2.8.1 Método de pérdida por fricción por unidad de longitud	70
2.8.2 Elemento de los sistemas de distribución de aire.	71
CAPITULO 3: Análisis y Desarrollo	73
3.1 Introducción. Historia del proyecto.....	73
3.2 Descripción del proyecto.....	74

3.3 Objetivos, general y específicos.	74
3.4 Proceso de Diseño.	75
3.4.1 Temperatura y humedad.....	76
3.4.2 Definición clasificación de salas.	76
3.4.3 Mapa de zonificación.....	77
3.4.4 Sistema HVAC para cada Zona.....	79
3.4.5 Diferencial de presión, dirección de flujo de aire.	79
3.4.6 Renovaciones de aire.....	80
3.4.7 Requisitos del usuario.	80
3.5 Balance térmico.	80
3.5.1 Cargas internas.....	81
3.5.2 Condiciones de diseño ambientales exteriores.....	81
3.5.3 Cálculos de transmitancia.	82
3.5.4 Cálculo de ganancia y pérdidas de calor.	82
3.6 Balance de caudales.....	84
3.7 Caudales de suministro - Cs.....	85
3.8 Proceso psicométricos.....	86
3.9 Potencias frigoríficas y caloríficas de las baterías.....	87
3.10 Configuración de UTAs.....	88
3.11 Filtración de aire.....	90
3.12 Selección de conductos.....	90
3.13 Calculo de ventiladores.....	95
CAPITULO 4: Análisis de Costos e Impacto Ambiental.....	97
4.1 Descripción del proyecto.....	97
4.2 Ámbito de desarrollo.....	98
4.3 Valoración del impacto ambiental.....	98
4.4 Matriz Leopold.....	100

4.5 Conclusiones del Estudio del Impacto Ambiental.....	101
CAPITULO 5: Conclusión.....	102
Bibliografía.	184
Software	184
Anexo 1. Distribución actual del sistema de aire	103
Anexo 2. Zonificación de las salas actuales.....	104
Anexo 3. Zonificación áreas de producción propuesta.....	105
Anexo 4. Mapeo presiones diferenciales.	106
Anexo 5. Dirección flujo de aire.	107
Anexo 6. Especificaciones de salas.....	108
Anexo 7. Cargas térmicas internas	109
Anexo 8. Orientación de la planta	112
Anexo 9. Transmitancia muros y techos.	113
Anexo 10. Dimensiones de las Zonas.....	116
Anexo 11. Planillas balance térmico.	121
Anexo 12. Balance de caudales.....	131
Anexo 13. Datos psicrométrico.	134
Anexo 14. Recta de maniobra para conductos.	149
Anexo 15. Tendidos de conductos.....	151
Anexo 16. Planillas de pérdidas de carga.	161

Índice de Figuras

Figura 1.	Zona de comodidad según ASHRAE	6
Figura 2.	Composición del aire atmosférico.	7
Figura 3.	Cantidad de partículas generadas por segundo por persona.....	11
Figura 4.	Esclusas o Airlock.....	18
Figura 5.	Configuraciones de esclusas de aire	21
Figura 6.	Configuraciones de esclusas compuesta.....	23
Figura 7.	Comunicación en un proceso continuo	24
Figura 8.	Distribución de aire por flujo turbulento y laminar.....	26
Figura 9.	Prefiltros y Filtro bolsa	29
Figura 10.	Etapas de filtración.	34
Figura 11.	HVAC de paso único.....	38
Figura 12.	HVAC de recirculación.....	39
Figura 13.	Componentes de la UTA.....	46
Figura 14.	UTA Impelente.....	47
Figura 15.	UTA Aspirante.	48
Figura 16.	Simple UTA – (Tipo 1)	50
Figura 17.	Unidad primaria RFU con unidad secundaria UTA. (Tipo 2A)	50
Figura 18.	Unidad primaria con unidad secundaria UTA. (Tipo 2B)	51
Figura 19.	Unidad primaria RFU con unidad secundaria UTA. (Tipo 3)	51
Figura 20.	Presurización positiva	65
Figura 21.	Presurización negativa.....	65
Figura 22.	Procesos de refrigeración.	67
Figura 23.	Procesos de calefacción y humectación.	68

Índice de Tablas

Tabla 1.	Consumo de oxígeno por nivel de actividad.	8
Tabla 2.	Clase ISO de limpieza del aire a partir de la concentración de partículas. ...	13
Tabla 3.	Clase GMP de limpieza del aire a partir de la concentración de partículas. ...	13
Tabla 4.	Comparación de los espacios clasificado.	14
Tabla 5.	Clasificación según la norma EN 779 para filtros	32
Tabla 6.	Clasificación según la norma EN 1822 para filtros HEPA y ULPA.	33
Tabla 7.	Selección de sistema HVAC de sala limpia.	52
Tabla 8.	Diferencia equivalente de temperatura °C.	54
Tabla 9.	Coeficiente de efecto solar para superficies de diversa orientación.	56
Tabla 10.	Coeficiente de corrección.	56
Tabla 11.	Disipación de calor, según distintos tipos actividad humana.	57
Tabla 12.	Ganancias a los motores eléctricos.	58
Tabla 13.	Calculo de caudal térmico aportado por la iluminación por m ²	58
Tabla 14.	Ganancia debida a los tubos de acero no aislados. Kcal/h x m lineal.	59
Tabla 15.	Condiciones de diseño de temperatura y humedad	76
Tabla 16.	Clasificación de salas	77
Tabla 17.	Tipos de sistemas HVAC aplicados a cada zona.	79
Tabla 18.	Presiones aplicadas en salas.	80
Tabla 19.	Renovaciones según clasificación de salas	80
Tabla 20.	Cargas térmicas sensibles y latentes para cada zona.	81
Tabla 21.	Condiciones de diseño ambientales exteriores,	81
Tabla 22.	Transmitancia de muros, techos y ventana.	82
Tabla 23.	Definición de Δt equivalente para muros expuestos al ambiente exterior. ...	82
Tabla 24.	Definición de la intensidad de la radiación solar.	83
Tabla 25.	Ganancia y perdida de calor para cada zona.	83

Tabla 26.	Cargas térmicas totales y caudales.	84
Tabla 27.	Balance de caudal para cada zona.	85
Tabla 28.	Comparación y selección de caudales de suministro.	86
Tabla 29.	Potencia de refrigeración por calculo tradicional	87
Tabla 30.	Potencia de refrigeración por calculo con software. Programa Daikin.....	88
Tabla 31.	Potencias proceso de calefacción y humectación.	88
Tabla 32.	Calculo de R para cada zona en la impulsión para velocidad 540 m/min. ...	91
Tabla 33.	Calculo de R para cada zona en el retorno	91
Tabla 34.	Dimisiones de conductos de impulsión zona 1.....	92
Tabla 35.	Dimisiones de conductos de retorno zona 1.	92
Tabla 36.	Dimisiones de conductos de impulsión zona 2.....	93
Tabla 37.	Dimisiones de conductos de retorno zona 2.	93
Tabla 38.	Dimisiones de conductos de impulsión zona 3.....	93
Tabla 39.	Dimisiones de conductos de retorno zona 3.	94
Tabla 40.	Dimisiones de conductos de impulsión zona 4.....	94
Tabla 41.	Dimisiones de conductos de retorno zona 4.	94
Tabla 42.	Dimisiones de conductos de impulsión zona 5.....	94
Tabla 43.	Dimisiones de conductos de retorno zona 5.	95
Tabla 44.	Caudal y presión de ventiladores de impulsión.	95
Tabla 45.	Caudal y presión de ventiladores de retorno.	96
Tabla 46.	Tablas de clasificación.....	99
Tabla 47.	Matriz de Leopold aplicada al proyecto; sistema de tratamiento de aire ...	100

CAPITULO 1: Introducción

Los Sistemas de Tratamiento de Aire para edificios comerciales o industriales de propósito general están diseñado principalmente para cumplir con las cargas de calefacción y enfriamiento del espacio interior, o más específicamente para lograr los requisitos de temperatura y humedad dentro de un espacio determinado. Logrando condiciones de confort, o bien las necesarias para la conservación de un producto o para un proceso de fabricación. En las salas de producción de la industria farmacéutica, estos sistemas deben diseñarse de manera tal que no solo cumpla con las cargas de calefacción y refrigeración, sino que también sean la herramienta principal para obtener y controlar la limpieza de los ambientes. Esta limpieza del aire se realiza mediante el uso de altas tasas de flujo de aire para diluir la concentración de partículas. El desafío es cómo configurar estos sistemas cuando la tasa de flujo de aire requerida por la dilución es significativamente más alta que la requerida por las cargas de calefacción y refrigeración. Algunas actividades industriales requieren un mayor compromiso en cuanto a la climatización interna del espacio en cuestión, debido a la naturaleza de sus operaciones y la finalidad de los productos que se manufacturan o desarrollan en su interior.

En la Industria Farmacéutica en donde la producción se realiza en salas con ambientes controlados, el sistema de tratamiento de aire es de vital importancia. Son sistemas críticos que afecten la capacidad de una instalación farmacéutica en cumplir con sus objetivos de proporcionar un producto seguro y eficaz para el paciente.

La Industria Farmacéutica en la Argentina es controlada y fiscalizada por la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica, ANMAT. En el plano organizacional, la tarea es desarrollada por una de las direcciones de la ANMAT, el Instituto Nacional de Medicamentos INAME.

Para implementar, instrumentar y gestionar el control y la fiscalización de estos productos, la ANMAT adoptó como guías normas internacionales como son las Buenas Prácticas de Manufactura (GMP), elaboradas por la Organización Mundial de la Salud.

Las GMP consideran como premisas básicas de la calidad;

- La formación del personal,
- La validación y posterior control del proceso,
- Normativas y procedimientos escritos
- El Diseño de la planta.

En esta última premisa se incluye el Diseño del Sistema de Tratamiento de Aire. Estos sistemas se denominan como CVAA o con sus siglas en inglés como HVAC. Término que usaremos en esta tesis ya que es de uso general entre los profesionales dedicados a los sistemas de tratamiento de aire.

El término HVAC, se refiere a calefacción, ventilación y aire acondicionado, este último referido a el control de temperatura, la humedad relativa, el movimiento del aire y la calidad del aire.

En este trabajo se presenta el diseño de un Sistema de Tratamiento de Aire para la planta farmacéutica Laboratorio ION, la cual se dedica a la fabricación de productos Medicinales y Cosméticos no estériles.

Para la realización de este diseño se tendrá en cuenta las normas que rigen la Industria Farmacéutica Argentina, como son las GMP. En ellas se encuentran especificadas condiciones especiales, como son:

- Presencia de partículas en el aire, relacionadas con la contaminación del producto.
- Valores de temperatura y humedad que se requieren en los procesos de fabricación, almacenamiento y confort del personal
- Gradiente de presiones diferenciales entre salas de producción que evitan la contaminación cruzada.
- Clases de Áreas o Salas necesarias para la producción.

1.1 Objetivo general.

Diseñar un Sistema de Tratamiento y Acondicionamiento de Aire en una planta farmacéutica, para prevenir la contaminación de los productos y obtener el confort del personal que trabaja en las salas.

1.2 Objetivos específicos.

- Definir la forma y el tipo de calidad del aire necesaria para suministrar a las salas de producción.
- Realizar el cálculo de cargas térmicas y definir condiciones de temperatura y humedad. Calcular renovaciones de aire.
- Determina la disposición física de los difusores de aire dentro de las salas para el ingreso y atracción del mismo,
- Seleccionar los equipos necesarios para tal fin (unidades de tratamiento de aire UTA, enfriadores, filtro, etc.).

CAPITULO 2: Marco teórico

2.1 Sistemas HVAC en la Industria Farmacéutica

Los Sistemas HVAC para la industria farmacéutica requieren de consideraciones adicionales en comparación a sistemas de climatizaciones de uso general, particularmente en lo que respecta a proporcionar un ambiente especial limpio y seguro. En las plantas farmacéuticas, (como así también en otras áreas industriales como alimenticia, desarrollo espacial, nano tecnología etc.) las áreas de producción necesitan de un ambiente controlado. Es decir, además de un control de los parámetros ambientales, temperatura y humedad debe controlarse la limpieza del ambiente, en este caso de las salas de producción. Este control de limpieza se lleva a cabo haciendo un control de la cantidad de partículas ambientales que se generan o ingresan en las salas. Estas salas, se conocen como salas de ambiente controlado y suelen nombrarse como salas limpias, salas blancas clean rooms entre otros nombres

Más que un simple sistema de confort térmico el sistema HVAC para la industria farmacéutica, juega un rol importante en la protección del producto, el personal y el medio ambiente. La filtración de aire, la presión diferencial, las tasas de flujo de aire y recambio de aire son herramientas fundamentales en el control de partículas ambientales. Una falla en este sistema podría ocasionar la contaminación de los medicamentos, los cuales serían desechados por el control de calidad del fabricante, ocasionando pérdidas económicas.

2.2 Propósito de los sistemas HVAC.

Los propósitos fundamentales de los sistemas HVAC son:

- Obtener confort del personal.
- Obtener condiciones ambientales para proteger al producto o procesos.
- Obtener un ambiente limpio y controlado.
- Proteger el ambiente exterior evitando contaminar el mismo con productos peligroso que resultan de los procesos llevados a cabo en el interior de las salas.
- Prevenir la contaminación cruzada.

2.2.1 Confort del personal

El rol más común de los sistemas HVAC, es hacer que el personal este cómodo y darle protección al mismo, generando condiciones ambientales satisfactorias para el desempeño del personal en su lugar de trabajo.

Para la comodidad y la seguridad del personal, se consideran las siguientes variables que tienen cumplir con determinado criterio, los cuales son:

2.2.1.1 Temperatura y Humedad.

La temperatura de confort, o confort térmico, es la temperatura en la que no tenemos sensación de frío ni de calor. La Figura 1 extraída del manual ASHRAE (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado), muestra dos zonas que definen las condiciones de comodidad (temperatura y humedad) que el personal por lo general, considera cómodas en el invierno y en el verano.

Estas son pautas generales, existe una gran cantidad de factores que afectan estas condiciones, por ejemplo, el tipo y clase de trabajo que se está realizando, el grado de vestimenta del personal, así como las preferencias individuales.

Donde deba utilizarse vestimenta más gruesa o donde el trabajo sea más intenso, las condiciones de la sala deben ser más frías y menos húmedas en comparación con las áreas de oficina. Los trabajadores en entornos industriales, especialmente los que tienen como requisito utilizar prendas por encima de su vestimenta normal (batas en salas farmacéuticas) podrían estar incómodos trabajando en las condiciones de las salas destinadas a oficinas. Por lo general, las temperaturas de las salas son más frías (alrededor de 20° a 22°C) y tienen una humedad de la sala por debajo del 60% para proporcionar condiciones de comodidad. Además, el límite inferior de humedad para la comodidad, a menudo, se fija en un 30% para minimizar las cargas estáticas y para evitar la irritación de la garganta, que podría provocar un aumento en el riesgo de que se produzcan enfermedades respiratorias.

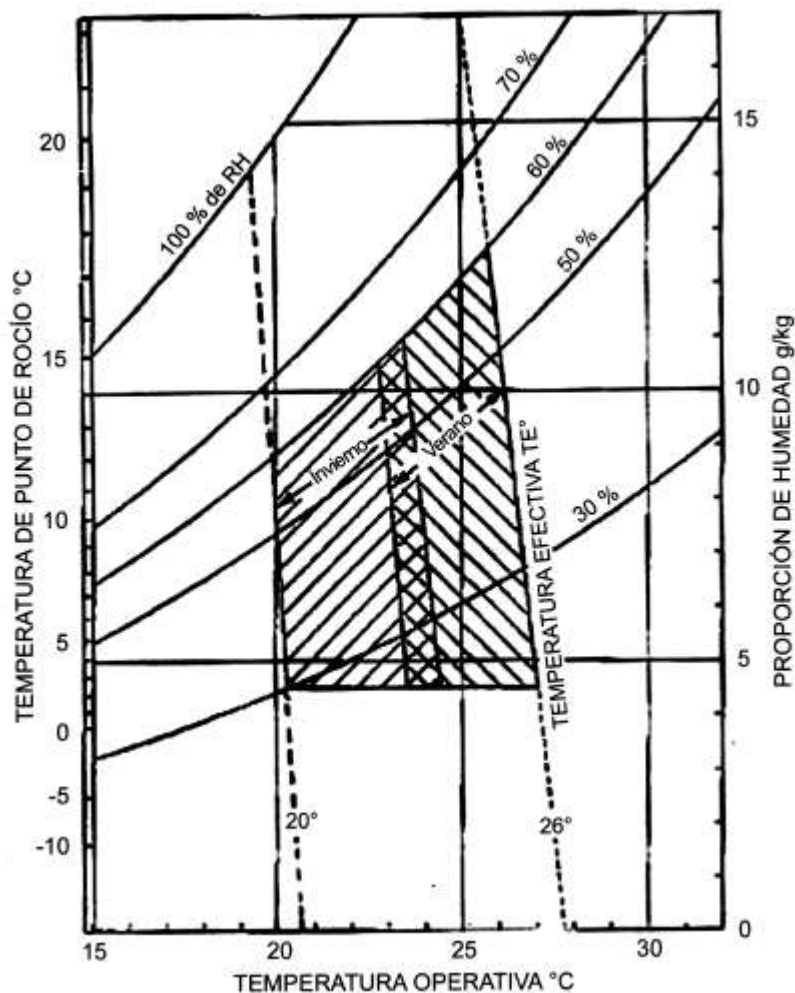


Figura 1. Zona de comodidad según ASHRAE

2.2.1.2 Movimiento del aire

A menudo se prefiere una sensación de movimiento del aire suave en un ambiente de oficina, por ejemplo, se diseña en una cifra típica de 0,1 m/s. En ambientes de fabricación, es posible que se necesiten aún velocidades más altas en los casos que los operadores experimenten incomodidad debido a una vestimenta más gruesa.

Por lo general para la protección del producto y para captar las partículas ambientales, se necesitan velocidades de aire mayores, hasta 1 m/s. Además, la protección del personal dependerá de la dirección del flujo de aire dentro de las salas y entre estas. El flujo de aire puede transportar partículas de producto u otros materiales peligrosos que son perjudiciales para los operadores.

2.2.1.3 Calidad del aire

El aire atmosférico según se muestra en la Figura 2, en su composición general es de un 78 % de nitrógeno, 21% de oxígeno y 1% de gases nobles y vapor de agua.

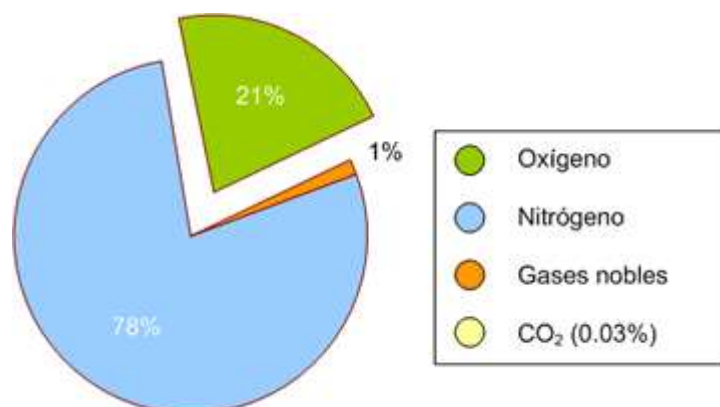


Figura 2. Composición del aire atmosférico.

El hombre depende del aire para vivir y cualquier diferencia sustancial en la composición porcentual del aire normal lo puede hacer indeseable.

A presión atmosférica, concentraciones de oxígeno menores del 12% y concentraciones de dióxido de carbono mayores que el 5%, aun para cortos periodos, son peligrosos. Así también en periodos prolongados, pequeñas de estas variaciones en la composición del aire son peligrosas.

Para diluir el dióxido de carbono exhalado por el personal en la sala, los olores y otros contaminantes ambientales se requiere aire fresco. La cantidad de aire fresco requerida depende de la actividad personal. Como parámetro principal se tendrá en cuenta que el ser humano emplea alrededor de 30 lt de oxígeno por hora por lo cual su requerimiento de aire es, por lo tanto, 150 lt o 0,15 m³ por hora.

Ahora teniendo en cuenta la exhalación del dióxido de carbono producido por los seres humanos en un ambiente cerrado, conduce a que el aire necesario mínimo para mantener la concentración del dióxido de carbono por debajo del nivel de peligro llega alrededor de 5 m³ por hora por individuo.

La Tabla 1 muestra el uso típico de oxígeno para distintos niveles de actividades.

Tabla 1. Consumo de oxígeno por nivel de actividad.

Nivel de esfuerzo	Oxígeno (aire) consumido l/min
Trabajo liviano	Menos de 0,5 (<2,5)
Trabajo moderado	De 0,5 a 1,0 (de 2,5 a 5)
Trabajo pesado	De 1,0 a 1,5 (de 5 a 7,5)
Trabajo muy pesado	De 1,5 a 2,0 (de 7,5 a 10)
Trabajo extremadamente pesado	Mayor de 2,0 (>10)

Al proyectar sistemas de aire acondicionado, es suficiente un caudal de aire de renovación de 15-20 m³ por persona y por hora. Sin embargo, es muy común que se necesiten mayores caudales para disipar calor, frío y contaminantes.

La norma 62 de las ASHRAE, estipula que la cantidad de aire fresco requerida para proporcionar una cantidad de aire interior adecuada en un espacio de trabajo no contaminado debe ubicarse entre los 24 y 32 m³ por hora, por persona.

2.2.1.4 Protección del producto y procesos

Los productos pueden ser sensible a la temperatura, la humedad y a la contaminación por partículas ambientales de fuentes exteriores o internas. Normalmente, cuando se los considera críticos los requisitos ambientales se enumeran y detallan dando las condiciones que deben cumplirse para tales productos, con el fin de no afectar la calidad del mismo

La ventilación, la temperatura y la humedad relativa deben asegurar la ausencia de efectos adversos sobre la calidad de los productos farmacéuticos durante la fabricación y su almacenamiento, como así también en el funcionamiento de los equipos.

2.2.2 Ambientes limpios y controlados.

Como se comentó anteriormente, las salas de producción farmacéuticas deben ser ambientes controlados. El sistema de tratamiento de aire se utiliza como herramienta fundamental para conseguir este control. Se debe identificar las fuentes y tipos de contaminantes que se presentan en las salas para poder actuar sobre ellos. Las partículas

ambientales tanto en sus formas solidas o gaseosas pueden tener distintos orígenes, y conformación.

2.2.2.1 Tipos de partículas contaminantes.

El aire atmosférico contiene diversos materiales extraños originados en procesos naturales, o en las actividades humanas como puede ser procesos industriales. Son mezclas de neblina, humos, partículas granulares secas, fibras y también contiene microorganismos, bacterias, virus, esporos y polen. Tales partículas dispersas en el aire o en gases, son llamado comúnmente aerosoles. Definiremos aerosoles como todas las partículas sólidas y líquidas dispersas en el aire, formando parte de él como impurezas permanentes. Se debe destacar que, por tamaño, los aerosoles ambientales son normalmente inferiores a los 10 μm (la milésima parte del milímetro) pues partículas de mayor tamaño caen rápidamente y solo se encuentran en el aire más o menos cerca del lugar donde se originaron.

Pese a que la concentración de aerosoles en el aire común es pequeña, tiene un efecto importante en nuestro ambiente, y lo que resulta quizás más evidente, es el efecto de la contaminación del aire atmosférico y su efecto sobre los seres vivos y los materiales. Las partículas que componen estos aerosoles se pueden diferenciar entre viables y no viables.

Las partículas viables son los microorganismos vivos. Estos pueden incluir levaduras, bacterias, moho y hongos. Aunque estos contaminantes son una pequeña fracción del total de partículas presentes en el aire (menores a 1%), no son sólo peligrosos para un ambiente limpio porque son contaminación general, sino que también tienen el potencial de crecer y así multiplicarse.

Las Partículas no viables son partículas no vivas y constituyen la mayor parte de las partículas ambientales. Esto incluye polvo, células de la piel, partículas de ropa, polen y más. Este tipo de contaminación no crece ni se propaga; sin embargo, todavía representa una seria amenaza para un ambiente limpio ya que son el medio de transporte de las partículas viables.

2.2.2.2 Origen de los contaminantes en las salas

Sus orígenes pueden ser externos o internos.

- Contaminación de origen externo

Las contaminaciones externas en las salas surgen de los sistemas de aire que alimentan esa sala, estas proceden del aire atmosférico.

Este aire atmosférico introducido a las salas, aunque sea sometido a un proceso de filtración, estos no son 100% eficaces, por lo cual se considera una fuente de contaminación.

También se puede considerar como fuentes exteriores de contaminación las que tienen origen en la infiltración de aire desde otros ambientes hacia la sala considerada o por el ingreso de materiales externos utilizados en el proceso de fabricación. Esta contaminación, aunque de origen exterior de la sala, se define como “contaminación cruzada” la cual se describe más adelante.

- Contaminación de origen interno

Se considera la generada por el personal y maquinaria que se encuentra dentro de la sala. Se considera que un trabajador común en condiciones ambientales de confort despedirá 100.000 partículas por minuto realizando un trabajo relativamente sedentario (partículas con un tamaño de 3 μm o más). Y un trabajador que está acalorado e incómodo puede liberar varios millones de partículas por minuto en ese rango de tamaño. Con la particularidad que esta generación de partículas provenientes del personal traerá aparejado una mayor cantidad también de microorganismos y entre ellos las llamadas partículas viables.

Aunque las maquinarias pueden generar muchas veces más partículas por minuto que el personal, en general estas partículas no son viables y se consideran de un potencial contaminante menos peligroso.

En la Figura 3 se proporciona una indicación de las partículas generadas por el personal dentro de una sala limpia.

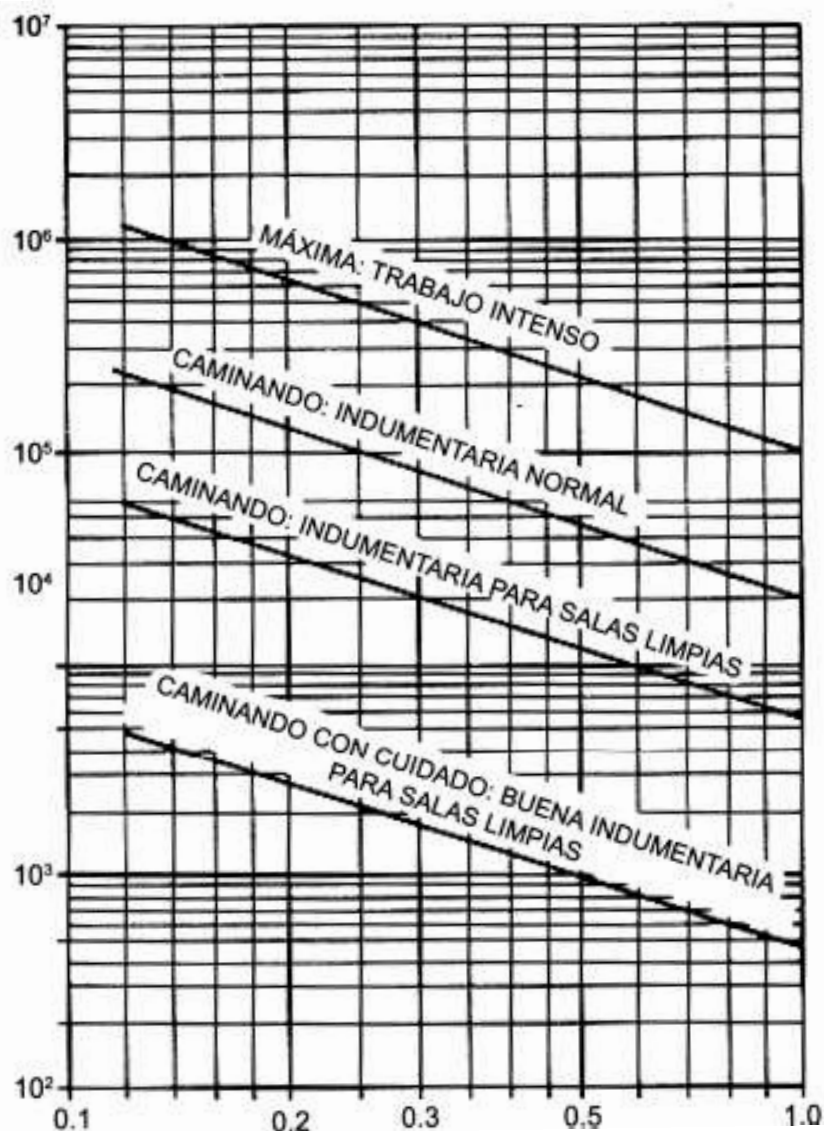


Figura 3. Cantidad de partículas generadas por segundo por persona.

2.2.2.3 Contaminación cruzada.

Contaminación cruzada es un caso particular de contaminación, en su definición estricta emitida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) es: “Contaminación de una materia prima, producto intermedio, o producto terminado, con otra materia prima o producto terminado durante la producción”

Es uno de los aspectos más importantes que se desean evitar en la industria farmacéutica. Todos los procedimientos de fabricación, desde la recepción de las materias primas hasta la obtención del producto final, están elaborados para evitar contaminaciones cruzadas; incluso la arquitectura de la planta se diseña para cumplir con el mismo objetivo, y en este último se incluye el sistema de tratamiento de aire.

La contaminación cruzada en relación al sistema de aire, ocurre cuando partículas, microorganismos u otras sustancias contaminantes se transfieren de un área a otra a través del mismo. Esto puede ocurrir debido a fugas en el sistema de ductos, filtración inadecuada, falta de mantenimiento o limpieza inadecuada.

2.4 Clasificación de salas.

Los requisitos para controlar la calidad de los productos farmacéuticos hacen cada vez más importante el control de la contaminación en los ambientes donde se elaboran. Los sistemas de HVAC farmacéuticos deben controlar la contaminación por partículas ambientales y es necesario que ayuden a asegurar la pureza, identidad y calidad del producto.

Con el objeto de poder adaptar las salas de producción a determinados niveles de limpieza es que se ha realizado las clasificaciones de las salas. Esto es definir niveles de limpieza y límites en los que respecta a la contaminación de las salas.

La clasificación de las salas tiene en cuenta la cantidad, tamaño e intensidad de los contaminantes. La concentración de partículas ambientales dentro del espacio son mediciones clave de las condiciones ambiental de una sala para operaciones farmacéuticas. La clasificación de las mismas, resulta de la medición numérica de las partículas en un tamaño determinado por una unidad de volumen.

Para la clasificación de las salas, existen variados estándares, los cuales se aplican según la disposición normativa que ha tomado cada país y el tipo de industria.

Se han comunicado varios sistemas similares, sin embargo, no hay un consenso entre los entes reguladores internacionales respecto de una única terminología de clasificación.

Actualmente la norma ISO 14644-1 que se muestra en la Tabla 2, se utiliza como base en los lineamientos principales para la clasificación de las salas. Esta norma es de uso general para todas las industrias en donde se requiere de áreas de producción controladas. Como se puede apreciar, la norma divide en 9 tipos de clasificaciones las salas, que van desde un tipo de área ISO 1 a ISO 9, dependiendo del tamaño y concentración de partículas por metro cúbicos.

Tabla 2. Clase ISO de limpieza del aire a partir de la concentración de partículas.

Número de clasificación <i>N</i> de ISO	Valor máximo de la concentración de partículas (partículas por metro cúbico de aire) igual o mayor a los tamaños indicados en el cuadro inferior (los límites de la concentración están calculados de acuerdo con la ecuación (1) en 3.2)					
	0,1 μm	0,2 μm	0,3 μm	0,5 μm	1 μm	5 μm
Clase ISO 1	10	2	–	–	–	–
Clase ISO 2	100	24	10	4	–	–
Clase ISO 3	1 000	237	102	35	8	–
Clase ISO 4	10 000	2 370	1 020	352	83	–
Clase ISO 5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
Clase ISO 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
Clase ISO 7	–	–	–	352 000	83 200	2 930
Clase ISO 8	–	–	–	3 520 000	832 000	29 300
Clase ISO 9	–	–	–	35 200 000	8 320 000	293 000

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.

Entre otras normativas existentes se puede nombrar las

- ✓ GMP – EC (Comunidad Europea)
- ✓ FDA NORMA 209 E (Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos).

En nuestro país la norma que se adopta para a industria farmacéutica son las GMP de la CE. La Tabla 3, muestra la clasificación adoptada por dicha norma.

En las cuales se da la clasificación de las salas en grados A, B, C y D. Estos fijan el número de partículas de determinado tamaño que se permiten por unidad de volumen, en este caso m^3 . Se consideran dos rangos de tamaño de partículas de 0,5 a 5 μm y mayores a 5 μm .

Tabla 3. Clase GMP de limpieza del aire a partir de la concentración de partículas.

Grado	En Reposo		En Operación	
	Nº máximo de partículas permitidas/ m^3		Nº máximo de partículas permitidas/ m^3	
	0.5-5.0 μm	> 5.0 μm	0.5-5.0 μm	> 5.0 μm
A	3500	0	3500	0
B	3500	0	350000	2000
C	350000	2000	3500000	20000
D	3500000	20000	No definido	No definido

Esta normativa además admite dos condiciones, en reposo y en operación.

- En reposo es la condición donde la instalación está completa, y el equipamiento de producción ha sido instalado y está operando, pero no está presente el personal.
- En operación es la condición donde la instalación está funcionando en el modo operativo definido y el número de personal especificado está presente.

También se fijan números de renovación de aire por tipo de sala, los cuales deben tomarse como referencia, entre 10 a 25 renovaciones hora.

La designación de clase que se asignará para cada área de producción dependerá de los niveles de protección y limpieza del área determinados de acuerdo a los productos a elaborar, al proceso usado y la susceptibilidad de los productos a la degradación. Las partículas generadas y el grado de filtración son parámetros críticos para determinar el nivel de protección requerido.

De manera de tener una relación entre las nomenclaturas de las normas ISO 14644-1 y las GMP de la CE se generó una tabla comparativa en la cual se muestra la clasificación en su grado de normas ISO y grados GMP, Tabla 4.

Tabla 4. Comparación de los espacios clasificado.

Referencia	Descripción			Clasificación				
				Grado 5	Grado 7	Grado 8	Controlado no clasificado (con monitoreo local)	Controlado no clasificado (CNC)
Guía Baseline® para productos estériles de ISPE	Clasificación ambiental			Grado 5	Grado 7	Grado 8	Controlado no clasificado (con monitoreo local)	Controlado no clasificado (CNC)
Comisión Europea, UE, GMP de la UE, Anexo 1, vol. IV, Fabricación de productos medicinales estériles (fecha de entrada en vigencia el 1 de marzo de 2009) (similar al Anexo 1 de las GMP de PIC/S de 2007) (Referencias 4 y 7 Apéndice 12)	Grado descriptivo			A	B	C	D	No definido
	En reposo	Cant. máxima de partículas permitidas por m³ ≥ al tamaño indicado	0.5 µm	3,520	3,520	352,000	3,520,000	-
			5 µm	20 ("ISO 4.8")	29	2,900	29,000	-
	Durante el funcionamiento	Cant. máxima de partículas permitidas por m³ ≥ al tamaño indicado	0.5 µm	3,520	352,000	3,520,000	No indicada	-
			5 µm	20	2,900	29,000	No indicada	-
	Cantidad permitida máxima de organismos viables ufc/m³			<1	<10	<100	<200	-
FDA, octubre de 2004, Orientación para productos farmacéuticos estériles de la industria producidos mediante procesamiento aséptico (Referencia 9, Apéndice 12)	Durante el funcionamiento	Cant. máxima de partículas permitidas ≥ al tamaño indicado	0.5 µm	ISO 5 (Clase 100)	ISO 7 (Clase 10,000)	ISO 8 (Clase 100,000)	No definida	Consulte Biopharm o las Guías Baseline® para productos estériles de ISPE
			Cantidad de nivel de acción de organismos ambientales viables ufc/m³	1	10	100	No definida	-

2.4.1 Clasificación de salas para productos no estériles.

El diseño de los sistemas HVAC para la industria farmacéutica depende en gran medida de cómo se clasificarán las áreas de producción, lo cual se realiza con base en el tipo de medicamento que se desea fabricar.

Básicamente, existen dos grupos de medicamentos: los estériles y los no estériles. Dentro del grupo de los medicamentos estériles, se puede encontrar, entre otros, todos los medicamentos inyectables.

En el grupo de los medicamentos no estériles, se hallan, formas farmacéuticas sólidas, líquidas, semisólidas; tabletas, cápsulas, jarabes, suspensiones, emulsiones, ungüentos, cremas, geles, entre otros.

Para cada grupo, se clasifica las áreas de producción según el grado de limpieza necesario para su fabricación.

En Argentina para la producción de los medicamentos no estériles contamos con la disposición 3602/2018 del ANMAT. Anexo 9 – “Sistema de tratamiento de aire para áreas de fabricación de productos no estériles”. En uno de sus puntos establece que:

“5.1.1.1. El grado de limpieza de las áreas destinadas a líquidos y semisólidos no estériles incluyendo esclusas, pasos, vestuarios y pasillos de circulación interna debe cumplir como mínimo Grado D en reposo ó Grado C para productos susceptibles, en ambos casos para partículas no viables de 0.5µm y 5µm”.

2.5 Control de parámetros mediante sistemas de HVAC

El sistema HVAC puede manejar varios parámetros para realizar el control del ambiente y obtener la clasificación de las salas deseadas. La temperatura y humedad son las variables principales a controlar junto con el control de contaminantes del ambiente.

Los sistemas HVAC controlan la temperatura y humedad en una sala suministrando aire en condiciones tal, que al mezclarse con el aire de la sala pueda suplir las cargas térmicas y genere las condiciones deseada. Este aire suministrado surge del proceso de calefacción y refrigeración al pasar el mismo por las unidades de tratamiento de aire (UTA) que componen el sistema.

El control de las partículas ya depende de factores secundarios del sistema HVAC

Estos son:

- Presurización de las salas. Dirección del flujo de aire.
- Ventilación.
- Distribución de flujo de aire.
- Adecuación de las renovaciones hora de aire para cada sala.
- Filtración del aire.

2.5.1 Presurización de salas. Dirección del flujo de aire

Las salas de fabricación farmacéuticas no son totalmente herméticas, por lo cual se produce migraciones de partículas desde espacios vecinos tanto hacia o dentro de este a través de las grietas en la construcción de los edificios, espacios de las puertas, penetraciones en las paredes, conductos etc.

Para evitar que las partículas ambientales migren hacia un espacio o fuera de este debe establecerse un flujo de aire continuo en la dirección deseada.

Un método para controlar la dirección del flujo de aire es contralar la presurización relativa en los espacios adyacentes, es decir el diferencial de presión (DP) entre los espacios.

La presión diferencial se define como la diferencia de las medidas de la presión de un fluido entre dos puntos. La presión diferencial indica el sentido del movimiento del fluido, que siempre fluirá del punto de mayor presión hacia el punto de menor presión.

La presión de un fluido en un sistema tiene dos componentes: Estático y Dinámico.

La presión estática se ejerce en todas direcciones por igual y se manifiesta como una fuerza sobre las paredes que cierran el sistema.

La presión dinámica se origina por la inercia del fluido en movimiento y se manifiesta en la dirección en la que este se mueve.

La presión total en cada punto del fluido es igual a la suma de presión estática y presión dinámica.

La unidad de medida en el Sistema Internacional para presión es el Pascal (Pa) equivalente a la presión de 1 Newton sobre 1 m² de superficie. Otra unidad de medida habitual en el entorno de las salas blancas es el “milímetro de columna de agua” (mm.ca) que, como su nombre indica, corresponde a la presión que ejerce una columna de agua de 1mm de altura. La equivalencia es 1mm.ca. = 9,8 Pa aunque para simplificar se suele utilizar 1mm.ca. =10 Pa.

En general todas las normativas referentes a salas blancas o ambientes controlados hacen referencia a la necesidad de crear niveles de presión diferencial entre las distintas zonas con el fin de mantener la limpieza de las zonas más limpias o mantener la contención de las zonas contaminadas.

Básicamente todas las normas coinciden en recomendar saltos de presión de 10 a 15 Pa, aunque en algunos casos se aceptan saltos a partir de 5 Pa. No hay mucha concreción en las normativas y en todas se dan los valores de presión como “recomendación” o “a nivel informativo”.

En el caso de zonas para productos estériles se indica entre 10-15 Pa para separar zonas de distinta clasificación; en otras zonas menos críticas, como sólidos o líquidos no estériles, las normativas no indican un rango de valores fijo y se limitan a mencionar que debe haber un diferencial de presión “suficiente” entre 5 y 20 Pa.

En las zonas limpias y ambientes controlados la presión diferencial del aire es uno de los elementos fundamentales para el control de la contaminación. Cuando dos zonas contiguas se mantienen a distinta presión, cualquier abertura entre ellas (deseada o indeseada) será recorrida por un caudal de aire que fluirá desde la zona de más presión a la zona de menos presión; siempre que el diferencial de presión se mantenga constante el flujo de aire se mantendrá también constante. Este flujo de aire impide que cualquier partícula contenida en el aire de la zona de menor presión pueda pasar a la zona de mayor presión.

La velocidad de la corriente de aire está relacionada con la presión diferencial que la origina mediante la fórmula:

$$\Delta P = \frac{1,2 \cdot V^2}{2} \text{ (Pa)}$$

Donde ΔP es la presión diferencial en Pa y V la velocidad del flujo de aire en m/s.

La presión diferencial sólo funciona cuando las puertas entre las dos salas están cerradas o cuando el área de la abertura entre las dos zonas se mantiene en unos valores moderados.

Cuando una puerta entre dos zonas se abre, la presión diferencial entre ambas cae a cero de forma inmediata.

Aplicando la fórmula anterior se puede deducir que para mantener una presión diferencial de 10 Pa a través de una puerta abierta (aprox. 1,7 m² de sección) se necesitaría un caudal de unos 25.000 m³/h, lo cual es técnicamente imposible.

Para salvar esta situación es que se hace uso de las esclusas.

Esclusas (Airlock)

Son salas que se encuentran intermedias a dos recintos a climatizar Figura 4. Físicamente son cuartos, que reciben el mismo tratamiento de aire de las áreas a las que conducen. La mayoría de las veces tienen una función específica, haciendo las veces de ingreso/ egreso de materiales, o bien de personal. Se recomienda el uso de un sistema de enclavamientos de puertas o un sistema de señales de advertencia sonoras para prevenir la apertura simultánea de más de una puerta. De esta forma se garantiza que siempre haya una puerta cerrada que separa ambos recintos y mantiene el diferencial de presión. La puerta cerrada proporciona un área pequeña para el paso de partículas ambientales y, por lo tanto, necesita un flujo de aire menor para mantener las partículas.

El rol principal de las esclusas de aire es proporcionar un obstáculo efectivo para la contaminación por partículas ambientales. Es una forma efectiva de mantener la presión diferencial entre dos recintos, separando dos niveles de limpieza o clases de salas.

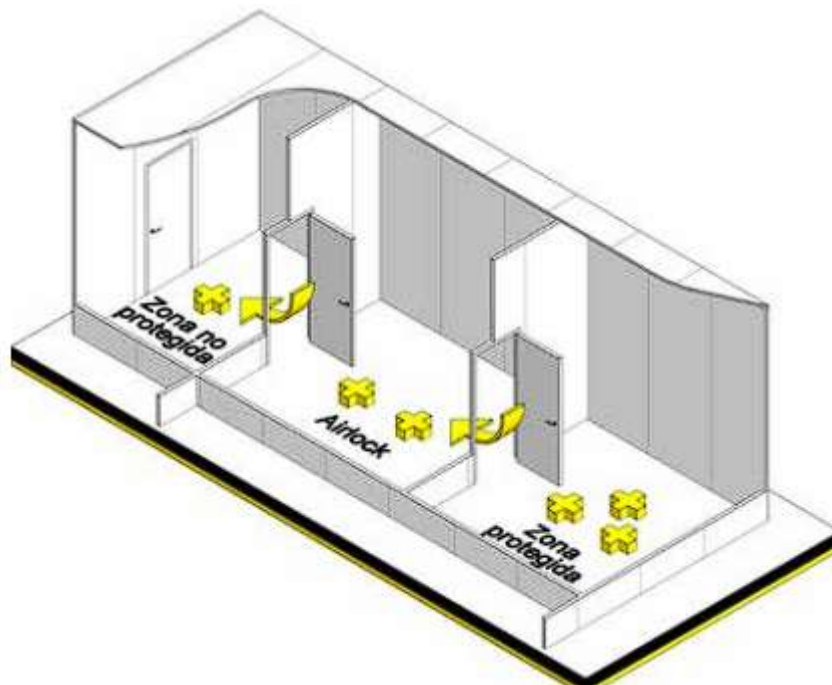


Figura 4. Exclusas o Airlock

Las esclusas de aire también pueden:

- Mantener una DP entre dos áreas, evitando las alarmas de baja DP

- Proporcionar un lugar para vestirse y desvestirse antes de ingresar en un espacio clasificado o al salir de este. (Se refiere a los vestuarios como esclusas de aire) Pueden utilizarse dos o más esclusas de aire en serie para "vestirse en etapas".
- Diseñarse con un volumen pequeño. Si bien pueden tener un flujo de aire modesto, aun así, tienen una tasa de recambio de aire alta que les permite recuperarse rápidamente de niveles altos de partículas ambientales. De esta manera, se minimiza la contaminación que se introduce en el espacio limpio cuando se abre una puerta. "La etapa final del vestuario debe, en su estado de reposo, ser del mismo grado que el área a la que conduce". El concepto básico parece claro: la esclusa de aire debe recuperarse para tener recuentos de partículas lo suficientemente bajos para que, al abrirse la puerta a la sala más limpia, la contaminación por partículas ambientales en el aire que ingresa la esclusa de aire no afecte los niveles de contaminación por partículas ambientales de la sala limpia.
- Proporcionar una ubicación para desinfectar/descontaminar materiales y equipos entrantes o salientes de materiales o equipos, esclusa de aire para materiales). Por lo general, las esclusas de aire para materiales son más grandes, pero pueden tener tasas de recambio de aire más bajas, ya que los equipos pueden quedar dentro de la esclusa de aire durante un período extendido y los recuentos de partículas disminuir gradualmente.
- Actuar como un separador (una antesala) entre las áreas de alta y baja presión para controlar el ingreso y egreso de contaminantes para procesos especiales (por lo general, dosis orales o materiales peligrosos).

2.5.1.1 Presurización. Prevención de contaminación.

La prevención de la contaminación debe ser esencial dentro de los requerimientos de usuario para un adecuado diseño del sistema HVAC.

Todos los procedimientos de fabricación, desde la recepción de las materias primas hasta la obtención del producto final, están elaborados para evitar contaminaciones, incluso la arquitectura de la planta se diseña para cumplir con el mismo objetivo. En las empresas donde se intenta producir variedad de productos tendrá que incluir parámetros de diseño más exigentes, en relación al que intenta producir solo un producto.

Para este control los sistemas HVAC tendrán que definir el direccionamiento de los flujos de aire de modo de prevenir el intercambio del mismo entre salas de diferentes niveles de limpieza. La presurización de la planta es la herramienta utilizada para esta prevención.

2.5.1.2 Estrategias para el control de la presión

La estrategia de DP entre salas está influida por lo siguiente

- Tipo de producción, exclusiva o múltiples productos
- Características del proceso abierto o cerrado
- Flujo de materiales o personas

En general la medición de la DP se realiza directamente de una sala a otra o indirectamente de sala a referencia o se puede utilizar ambas estrategias.

En términos generales, la diferencia de presión entre una sala limpia y el exterior, y entre salas limpias oscila entre 10Pa y 15Pa.

Debe garantizarse que, con la diferencia de presión demasiado baja con tolerancias en los extremos opuestos, no se pueda producir una inversión de flujo. Por ejemplo, para un área con tolerancia de presión especificada de ± 3 Pa, debe evaluarse las tolerancias especificadas para las áreas adyacentes que operan a mayor o menor presión, de manera que los límites inferiores o superiores no se superpongan.

Es importante seleccionar presiones y tolerancias tal que no pueda generarse un flujo reverso o quedar anulada la direccionalidad del flujo de aire.

El valor máximo de presión estática debe ser de 37Pa, evitando así problemas mecánicos de resistencia en las paredes divisorias y en falsos techos.

Para facilitar la apertura y cierre de puertas, evitar silbidos provocados por el aire de fuga y no crear problemas de turbulencia el gradiente de presión no deberá exceder de 25 Pa.

2.5.1.3 Configuraciones de esclusas de aire

Existen cuatro posibles tipos de esclusa: Cascada de Presiones, Burbuja, Sumidero y Esclusa Compuesta. En la figura 5 se muestra las distintas configuraciones existentes

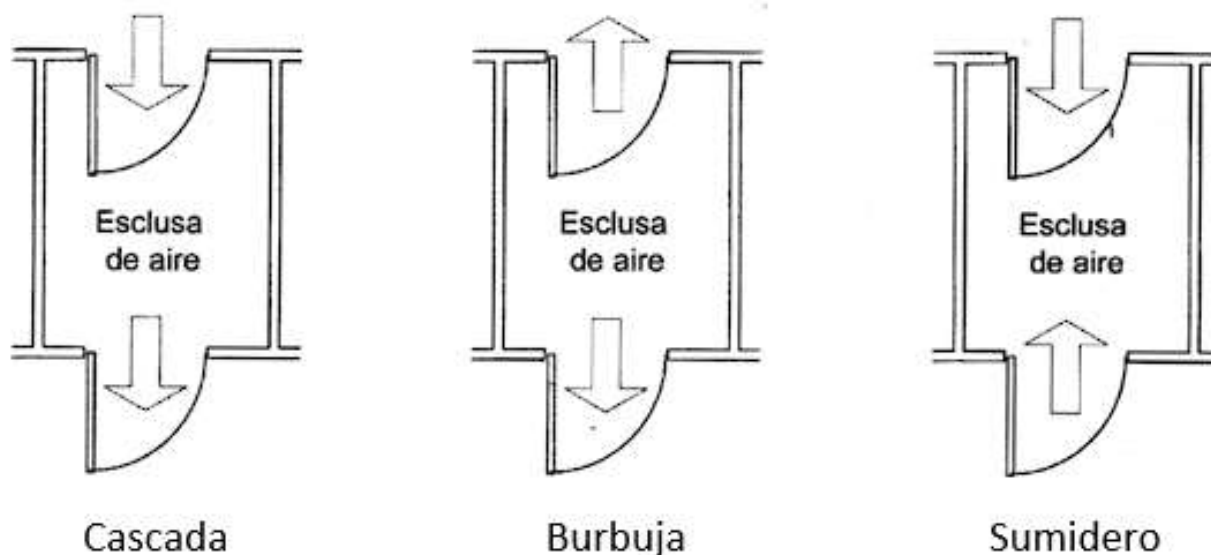


Figura 5. Configuraciones de esclusas de aire

Cascada

Es el tipo más común, la presión va en sentido descendente desde la zona más protegida a la zona menos protegida quedando la esclusa en una presión intermedia.

La cascada de presiones puede ir de forma descendente, como en el caso de las zonas estériles o en forma ascendente como es el caso de las zonas de contención.

El diferencial de presión en una esclusa de aire en cascada se mide de un lado al otro de la esclusa de aire, no de un lado al otro de cada puerta. Por lo tanto, cuando solo se abre una de las puertas de una esclusa de aire, persiste una DP medible entre las clases de aire.

Las esclusas de aire deben tener su propio suministro y/o retorno de aire a través de conductos (ya no se usan esclusas de aire no ventiladas). El flujo de aire hacia una esclusa de aire en cascada, por lo general, es igual al flujo de aire de retorno que sale de ella, de modo que las fugas a través de las puertas creen las relaciones de DP deseadas. El aire de suministro se introduce en un punto alto del lado "limpio" de la esclusa de aire y retoma por un punto bajo del lado "sucio".

Pueden agregarse recambios de aire con unidades locales de filtros HEPA con ventiladores del lado más limpio de la habitación, lo que proporciona un efecto de "ducha de aire" para los operadores que pasan a la sala limpia.

Burbuja de presión positiva

Es una esclusa que está a mayor presión que las dos zonas a las que separa; la burbuja está permanentemente sobre-presionada mediante aire limpio y fuga hacia las dos zonas evitando la contaminación de una con otra.

El problema de la Burbuja es que no puede realizarse en su interior ninguna actividad que suponga generación de contaminación o partículas, ya que la sobrepresión lo arrastrará a las dos salas que la burbuja quiere proteger.

El objetivo normal de presión de diseño para un esquema de presurización de "burbuja", con las puertas cerradas, entre distintas clasificaciones de salas debe ubicarse entre 10 a 15 Pa. La burbuja debe pertenecer a la misma clase de aire durante el funcionamiento que la sala más limpia a la que abastece, ya que hay aire que se exfiltra a la sala clasificada.

Si el propósito es proteger espacios no clasificados, una diferencia de presión más baja es aceptable, pero debe ser medible. Por lo general, la presión de la "burbuja" se diseña para ubicarse alrededor de 5 a 15 Pa por encima de la más alta de las presiones de las dos salas. El flujo de aire de suministro hacia la burbuja debe ser mucho mayor que el flujo de aire de retorno, que puede ser de cero si hay suficientes fugas de la esclusa de aire a los espacios lindantes.

Sumidero de presión negativa

Es el concepto opuesto al de Burbuja, la esclusa está a menor presión que las dos zonas a las que protege, de forma que la contaminación de cada zona puede pasar al sumidero, pero no puede pasar de una zona a otra.

El Sumidero puede ser utilizado para actividades que supongan generación de partículas o contaminación, como limpieza externa de equipos contaminados, retirada de prendas o elementos de protección individual, etc., ya que la contaminación generada no podrá pasar a las salas anexas y será eliminada por el sistema de depresión de la esclusa.

En este tipo de esclusas es importante contar con un barrido efectivo y una extracción con filtración o dedicada, de forma que la contaminación absorbida por la esclusa no pase a otras zonas a través del retorno de HVAC.

Con el esquema de presurización de "sumidero", el objetivo normal de diseño de presión entre distintas clasificaciones debe ubicarse entre de 10 a 15 Pa con las puertas cerradas. Al igual que en una "burbuja de presión", puede haber diferentes caídas de la presión de un lado al otro de cada puerta.

La presión de esclusa de aire de "sumidero" contaminada se diseña, por lo general, para ubicarse aproximadamente de 5 a 8 Pa por debajo de la menor de las presiones de las dos salas. Aunque es necesario retirar más aire de la esclusa de aire del que se suministra, se recomienda suministrar cierto flujo de aire al sumidero para facilitar una recuperación más rápida del estado contaminado.

Esclusa Compuesta.

Es la unión de una Burbuja y un Sumidero actuando en conjunto para separar dos zonas. El Sumidero se coloca a la salida de la zona más contaminada y la Burbuja se interpone entre el Sumidero y la zona menos contaminada para servir como segunda barrera de protección. Es una estructura típica en las zonas de alta potencia.

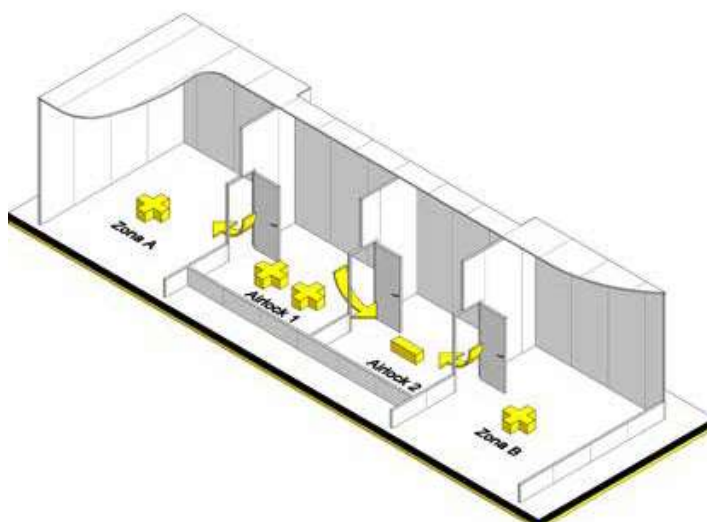


Figura 6. Configuraciones de esclusas compuesta.

Mouse holes o caja de paso

Hay procesos en los que la comunicación entre una zona controlada y otra zona no controlada debe ser de forma directa, no siendo posible la utilización de esclusas; es el caso de producciones en continuo donde el producto se procesa de forma lineal y se mueve a través de una cinta de transporte continuo. En este caso no queda más remedio que mantener una abertura entre ambas zonas para la salida del producto en continuo. La solución es lo que se denomina "Mouse Hole" (agujero de ratón)

Utilizando la ecuación de la presión dinámica se puede calcular el valor de la velocidad que el aire debe llevar a través del hueco para que la presión interior se mantenga. Una velocidad de 4 m/s garantiza un diferencial de presión de 10 Pa; aplicando la velocidad a la sección de la abertura se puede calcular el caudal de fuga necesario para mantener la presión diferencial.

Por ejemplo, para un agujero de ratón de 30x30cm y con velocidad de aire de 4m/s, el caudal de fuga sería de 1.296 m³/h. Esto significa que el sistema de tratamiento de aire de la sala clasificada debe dar un caudal de impulsión que exceda en 1.296 m³/h al caudal de retorno para poder mantener la presión diferencial estable.

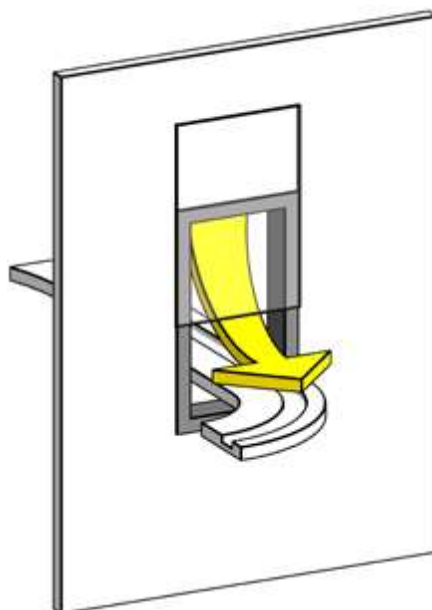


Figura 7. Comunicación en un proceso continuo

2.5.1.4 Control de presión diferencial automatizado vs control manual.

El diferencial de presión entre un área limpia hacia otra adyacente menos limpia se genera por el balance entre la cantidad del aire inyectado y del aire extraído, dando como resultado un gradiente de presión. Las fugas a través de los bordes de las puertas como resultado de la diferencia de presión son aceptables, siempre que se garantice que el área con polvo expuesto quede contenida.

Según el balance que se adopta se puede obtener:

Presión positiva; Evita que contaminantes externos entren en la sala, el caudal de aire filtrado que ingresa a la sala es mayor que el caudal de aire de retorno o extracción.

Presión negativa; Evita que el producto manipulado en la sala pueda contaminar zonas anexas o el ambiente exterior, el caudal de aire filtrado que ingresa a la sala es menor que el caudal del aire de retorno o extracción.

El problema más importante al que se enfrentan los usuarios de salas blancas es el mantenimiento y estabilidad de las presiones. Tradicionalmente hay dos sistemas para el mantenimiento de las presiones: sistema manual y sistema automático.

Los sistemas manuales son menos complejos, menos costosos y requiere menos esfuerzo para ponerlos en servicio, pero no son flexibles y es posible que necesiten verificarse y ajustarse en forma periódica. En el sistema manual los elementos de regulación son fijos, se ajustan durante la puesta en marcha y se re-ajustan durante las acciones de mantenimiento.

Los sistemas automáticos son más complejo y costosos, pueden requerir considerablemente más esfuerzos para ponerlos en servicio, tienen mayor tendencia a presentar problemas de ajuste, pero son muy flexibles, proporcionan uniformidad en la medición y tienen un alto grado de confiabilidad. En el sistema automático la instalación cuenta con elementos motorizados comandados por un regulador que actúan variando el balance de caudales de retorno y de aire exterior para mantener las presiones en los valores pre-determinados.

2.5.2 Ventilación.

La ventilación es el movimiento y reemplazo del aire con el fin de mantener una calidad ambiental deseada de un espacio. Se refiere al intercambio de aire a través de un espacio, que es responsable del transporte de partículas ambientales, de la mezcla con masas de aire caliente o frío o su desplazamiento, y de la extracción de contaminantes ambientales.

En este uso, la ventilación puede suministrar todo el aire exterior (fresco) o puede recircular el aire del edificio en combinación con algo de aire fresco.

2.5.3 Distribución de aire.

La distribución del aire en las salas se debe realizar de techo a suelo haciendo un barrido del aire desde el techo en la zona más limpia de una habitación al suelo en la parte contraria. Además, la distribución de los dispositivos de impulsión y retomo deberá ser lo más homogénea posible; de esta forma se favorecerá un correcto barrido y distribución del aire, evitándose zonas muertas en las cuales no existe una correcta renovación del aire.

Hay dos tipos conocidos de distribución de aire para salas blancas, dependiendo del régimen de movimiento del aire, el primero es multidireccional (de flujo turbulento) y el segundo unidireccional (de flujo laminar). Figura 8.

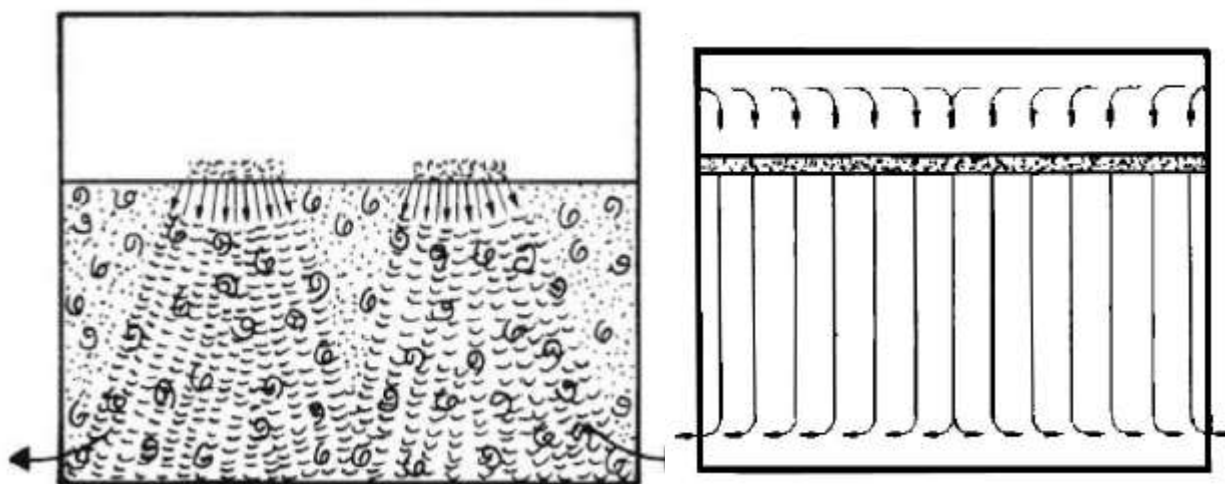


Figura 8. Distribución de aire por flujo turbulento y laminar

Distribución de aire multidireccional.

Es de uso tradicional en las salas blancas. Tiene como objetivo mezclar el aire que se introduce mecánicamente con todo el aire que ya se encuentra dentro del espacio, de forma que la concentración de un determinado contaminante sea lo más uniforme posible en todo el recinto.

Para lograr esta mezcla uniforme, se inyecta aire desde el techo como corrientes a una velocidad relativamente alta, y estas corrientes generan una fuerte circulación de aire. El resultado es un alto grado de mezcla del aire nuevo con el aire ya presente dentro del espacio provocando la dilución de los contaminantes.

Los principios básicos para el diseño de sistemas de distribución multidireccional son los siguientes:

- ✓ Elegir, a partir de los datos disponibles, la cantidad de aire suficiente para conseguir una dilución satisfactoria del contaminante.
- ✓ Situar, si es posible, los puntos de extracción cerca de los focos del contaminante, a fin de beneficiarse de la ventilación puntual.
- ✓ Situar los puntos de introducción y extracción de aire de tal forma que el aire pase a través de la zona contaminada. El trabajador debe estar situado entre la entrada de aire y el foco contaminante.
- ✓ Sustituir el aire extraído mediante un sistema de reposición del mismo. El aire aportado debe ser calentado durante las épocas frías. Los sistemas de ventilación por dilución manejan usualmente grandes cantidades de aire mediante ventiladores

de baja presión. Para que el sistema funcione satisfactoriamente es imprescindible reponer el aire extraído.

- ✓ Que el aire extraído vuelva a introducirse en el local descargándolo a una altura suficiente por encima de la cubierta o asegurándose de que ninguna ventana, toma de aire exterior u otra abertura se encuentra situada cerca del punto de descarga.

Distribución de aire por desplazamiento. Flujo Unidireccional.

En estos sistemas el aire es introducido por un lado de la sala a velocidad baja y constante, recorriendo uniformemente toda la sala y siendo extraído por el lado opuesto.

En su conceptualización ideal, consiste en inyectar aire en un espacio de tal manera que el aire nuevo desplace el aire que ya estaba allí sin mezclarse con él.

En la realidad el barrido no es totalmente uniforme por la existencia en la sala de equipamiento y personas, pero las trayectorias del aire en el interior de la sala son predecibles con aceptable exactitud, con lo que se garantiza la no contaminación de los componentes o productos de fabricación. El recorrido que siguen las capas de aire se diseña de forma que la contaminación producida en el interior sea evacuada sin que se produzca diseminación en la sala y sin que alcance a los componentes de fabricación o a los productos terminados. El flujo unidireccional se utiliza en salas blancas que requieren muy baja concentración de partículas o bacterias. Velocidades del aire (alrededor de 0,3 a 0,4 m/s) propicia la separación de partículas por los remolinos que se producen como consecuencia de la existencia de obstáculos no aerodinámicos en los contornos o un mobiliario en la sala. Velocidades menores que 0,3m/s no son suficientes para el transporte de partículas y velocidades mayores que 0,6 m/s provocan turbulencias y no aportan mejoras en el transporte de las partículas hacia la extracción del aire del local. En función de la entrada y salida del aire las salas limpias con flujo unidireccional se clasifican de la siguiente manera, en unidireccional vertical, horizontal, inclinado y mixta. Siendo la de uso general la orientación vertical.

2.5.4 -Renovaciones hora de aire.

Las renovaciones de aire por hora (ACH) o cambios de aire por hora son una medida de la cantidad de aire que se reemplaza en un espacio por unidad de tiempo. Se expresa en m³/h o en porcentaje de volumen renovado por hora.

En la industria farmacéutica, se entiende en general que hay un requisito reglamentario de una tasa de recambio de aire mínima para un área, por lo general, una tasa de 20 recambios por hora para las áreas clasificadas.

Los diseñadores recurren por defecto a reglas prácticas para la tasa de ventilación según sea la clase de un espacio. Los valores típicos de las reglas prácticas son:

Entre 6 y 20 AC/h para espacios no clasificados (grado D de la UE)

Entre 20 y 40 AC/h para los espacios de grado 8 (grado C de la UE)

Entre 40 y 60 AC/h para los espacios de grado 7 (grado B de la UE)

El flujo de aire determina los niveles de partículas en estado estable y a fin de definirla deben considerarse los siguientes factores interrelacionados.

- ✓ La ganancia de calor en el espacio acondicionado debido a influencias externas e internas.
- ✓ El aumento de la humedad en el espacio debido a influencias internas, por ejemplo, ocupantes o proceso como actividades de lavado.
- ✓ La cantidad de ocupantes en el espacio y su ubicación.
- ✓ Las tareas que están realizando los ocupantes.
- ✓ El proceso y su tasa de generación de partículas (por lo general, el motivo que requiere la mayor cantidad de flujo de aire).
- ✓ La limpieza de aire de suministro.
- ✓ El medio y la eficiencia de cobertura de la distribución de aire de suministro.
- ✓ El medio y la ubicación de la extracción de aire del espacio acondicionado.
- ✓ El flujo de aire requerido para alcanzar las DP.

Por lo general la ganancia de calor y humedad se compensa más fácilmente y, por lo tanto, es menos crítico para establecer el flujo de aire para el espacio clasificado que la carga de partículas.

2.5.6 Filtración de aire.

Una de las herramientas principales que presentan los sistemas HVAC para prevenir y controlar la contaminación en las salas de producción es la filtración del aire suministrado. Consiste en separar el polvo existente en el ambiente, por medio de un elemento, normalmente artificial, capaz de retenerlo y acumularlo.

La filtración de aire es el método primario para reducir los niveles de contaminantes del aire suministrado a las salas y como así también limpiar el aire antes de la emisión al

ambiente exterior. En aplicaciones como preparación de productos farmacéuticos, interesará eliminar partículas finísimas (portadoras de microorganismos en muchos casos) donde no interesa su masa sino el efecto que producen sobre el producto.

Tipos de filtros.

Dejando de lado los filtros de carbón activado que son utilizados en general para tratar el aire extraído, los filtros pueden dividirse en tres clases: prefiltros, filtros de alta eficacia, y filtros absolutos. Esta división se basa en las características de los diferentes medios filtrantes, el mecanismo de captación de partículas, su eficiencia e indirectamente la aplicación del filtro.

- Prefiltros y filtros de alta eficacia

Son aquellos que se utilizan fundamentalmente para retener partículas de polvo.

Se suministran con diferente clase de grados de retención o sea eficacia de filtración que va desde el 30% al 95% de eficacia.

Se construyen de diferentes tamaños y tanto la profundidad y la superficie de paso de aire se adaptan a las dimensiones estándar del mercado.

En general se presentan en dos tipos de formato que depende de la eficacia del filtro.

Para filtros con eficacias de 30% al 90%, se presentan formados por un marco de cartón estable resistente a la humedad o chapa galvanizada. La manta filtrante tiene una gran superficie de filtración permitiendo que el polvo que el aire lleva en suspensión quede retenido en sus pliegues, con lo que se obtiene una gran acumulación de polvo con reducida pérdida de carga y una mayor duración de los filtros. Figura 9.

Y para filtros con eficacias del 90% al 95%, se encuentran los denominados filtros multibolsas. Están formados por un marco frontal de plástico o metálico y el elemento filtrante se encuentra plegado en forma de bolsas. Los elementos filtrantes que compone las bolsas pueden ser de fibra química, fibra sintética o fibra de vidrio.



Figura 9. Prefiltros y Filtro bolsa

- **Filtros Absolutos**

El filtro absoluto como tal, no existe ya que tendría que ser un elemento que no dejará pasar ni una sola partícula. Se entiende por filtro absoluto, aquel filtro que da la eficacia más alta para partículas más pequeñas.

Son filtros de aire de elevadas eficiencias para partículas submicrónicas y se denominan como filtros HEPA (High Efficiency Particulate Air) y ULPA (Ultra Low Penetration Air). Los filtros absolutos cumplen con requisitos muy altos en lo que se refiere a áreas limpias.

El filtro HEPA se define como un filtro con una eficiencia mínima de 99,97% en partículas de 0,3 micrones. ¿Por qué 0,3 micrones? porque es el rango de tamaño de la partícula más difícil de filtrar, se usan para condiciones ambientales críticas, donde la obtención de aire ultra limpio es de máxima importancia. Se utilizan como filtros finales o llamados terminales cuando las partículas de tamaño submicrónicas deben ser eliminadas casi por completo de la corriente de aire de suministro, por lo general, para los espacios clasificados de mayor grado de limpieza o por cuestiones de salud.

El filtro ULPA tiene una eficiencia del 99,9995% en partículas de 0,12 μ o mayor; y requieren de pre-filtración.

Parámetros principales

Se denominan así las características técnicas de los filtros las cuales son utilizadas para poder comparar unos con otros y saber cuál será su comportamiento en determinadas situaciones.

Son valores dados por el fabricante como resumen de las pruebas de laboratorio.

Generalmente son tres los principales parámetros indicados:

- **Eficacia:** Es la capacidad del filtro para retener polvo. Se expresa en % y aumenta a medida que el filtro se va cargando de polvo ya que el mismo polvo hace de filtro.
- **Perdida de carga:** Es la resistencia que opone el filtro al paso del aire a través de él. Aumenta a medida que el filtro se va cargando de polvo y oponiendo más resistencia al paso del aire. Normalmente se dan dos valores, Perdida de carga inicial, cuando el filtro está limpio. Pérdida de carga final, cuando el filtro está colmatado. Este último valor nos indica que el filtro debe ser cambiado, y es el dato a tener en cuenta para el cálculo del ventilador. La pérdida de carga influye en el consumo de energía y en el costo de mantenimiento de la instalación.

- Capacidad de acumulación de polvo: Es la cantidad de polvo que es capaz de retener el filtro, a lo largo de su vida. Se expresa en gramos. La capacidad de retención de polvo, dada para la pérdida de carga final, condiciona la longevidad del filtro, la frecuencia de los cambios de los filtros y como consecuencia el costo de la explotación.

Estudiando estos tres valores o parámetros dados por el fabricante, se puede decidir cuál será el filtro idóneo para una aplicación concreta y lo que es más importante, se podrá comparar filtros de diferentes fabricantes siempre y cuando se contrasten parámetros iguales bajo unas normas establecidas.

Clasificación de filtros de aire

Algunos de los organismos implicados en la elaboración de las normas relativas a los filtros y los métodos de prueba para su clasificación son los siguientes:

- Centro europeo de normalización, (CEN)
- Organización Internacional para la Estandarización (ISO).
- Organización europea fabricantes de filtros (Lab. Eurovent)
- La Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE)

Estos organismos basan su clasificación de filtros en los métodos utilizados para medir la eficacia de los mismos.

La clasificación ha evolucionado a medida que aumentaba las exigencias en la aplicación de altas tecnologías.

Los filtros se dividen en dos grupos:

- Filtros de alta eficacia, que son los filtros con eficacias que oscilan entre un 30 y 95%
- Filtros de muy alta eficacia, que son los filtros absolutos, HEPA y ULPA

Las normas utilizadas generalmente en la actualidad que rigen la clasificación de los filtros de aire según los recuadros anteriores son:

EN 779 Filtros de alta eficacia

EN 1822 Filtros de muy alta eficacia

EN 779

La clasificación por EN 779 está basada en la antigua propuesta Eurovent, que dividía los filtros en nueve clases diferentes, EU-1 a EU-9, basándose en sus rendimientos

medios opacímetros y gravimétricos. La norma EN 779 designa los filtros mediante letras y números:

G-1, G-2, G3 y G4 para los filtros de paso de polvo grueso.

F-5, F-6, F-7, F-8 y F-9 para los filtros de paso de polvo fino.

Tabla 5. Clasificación según la norma EN 779 para filtros

Clasificación del filtro	Eficacia Gravimétrica Am(%)	Eficacia Dust-Spot Em(%)
G-1	$Am < 65$	-
G-2	$65 \leq Am < 80$	-
G-3	$80 \leq Am < 90$	-
G-4	$90 \leq Am$	-
F-5	-	$40 \leq Em < 60$
F-6	-	$60 \leq Em < 80$
F-7	-	$80 \leq Em < 90$
F-8	-	$90 \leq Em < 95$
F-9	-	$95 \leq Em$

EN 1822

Para los filtros Hepa y Ulpa, la clasificación se basaba en la norma Eurovent 4/4 que definía 5 clases de filtros:

Tabla 6. Clasificación según la norma EN 1822 para filtros HEPA y ULPA
EU 10, EU 11, EU 12, EU 13 y EU 14

Eficacia integral* para MPPS	Clase según				
	EN 1822	DIN 24183	DIN 24184	BS 3928	Mil. Std. 292
	H-10	EU-10	Q	EU-10	-
	H-11	EU-11	R	EU-11	>= 99.5%
	H-12	EU-12	-	EU-12	>= 99.97%
	H-13	EU-13	S	EU-13	>= 99.99%
	H-14	EU-14	-	EU-14	>= 99.999%
	U-15	EU-15	-	-	
	U-16	EU-16	-	-	
	U-17	EU-17	-	-	

2.5.6.1 Filtración de aire aplicada a sistemas HVAC

El proceso de filtración en general en los sistemas HVAC farmacéuticos se pueden definir en las siguientes etapas, las cuales se realizan en diversos lugares dentro del sistema HVAC.

- Pre filtración o filtración primaria

Su misión es retener las partículas más gruesas, existente en la atmosfera, comprendida entre 2 y 80 micrones. Se encuentran dentro de las UTA, donde ingresan corrientes de aire exterior y de retorno. La eficiencia de los filtros debe ser suficiente para mantener los componentes internos (baterías de calefacción, refrigeración y ventiladores) de la UTA relativamente limpios durante un periodo prolongado, de modo que puedan utilizarse de la manera prevista. Se recomienda filtros G1 a G4.

- La filtración final

Se encuentra en la sección de descarga de la unidad de climatización o después de esta (después de que la corriente de aire haya sido acondicionada) mantiene limpia la red conductos, extiende la vida útil de la filtración terminal (cuando se proporciona) y (si no hay una filtración terminal) protege al personal y al espacio de trabajo de las partículas ambientales que atraviesan la UTA. Consta de Elementos filtrantes capaces de retener el 100% de las partículas gruesas y entre el 20 y 90 % de las partículas inferiores a 2 micrones. En general son filtros bolsas de 95% de eficiencia , cuya clasificación oscila en F-5 a F-8.

- La filtración terminal

Ubicada en el perímetro de la sala (en los cielorrasos y, a veces, en las paredes) asegura que se suministre el aire más limpio posible para diluir o transportar las partículas en una sala. Puede retener las partículas más pequeñas llegando actualmente hasta una eficiencia del 99.99995% en partículas de 0.12 micrones.

Se puede considerar como última etapa, la filtración del aire de las salas que se extrae hacia el medio ambiente, en esta etapa los filtros de carbón activado, son usados para la separación de gases y olores por adsorción.

La Figura 10 muestra las etapas de filtración descriptas.

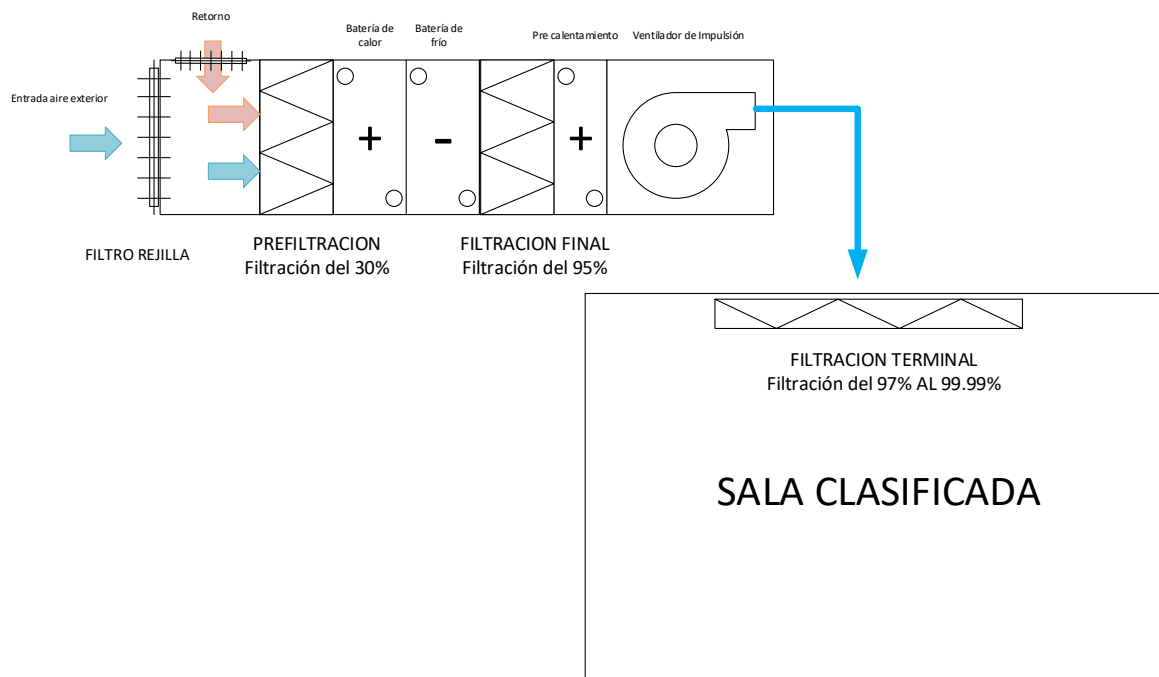


Figura 10. Etapas de filtración.

2.5.6.2 Instalaciones de los filtros.

Los sistemas de pre filtración y filtración final con rejilla de montaje deben ser de una construcción rígida por lo general de aluminio. El aire no debe derivarse alrededor de los filtros ni de las rejillas. Los filtros deben ser de carga frontal, de modo que el flujo de aire los empuje hacia dentro del marco de montaje para eliminar la derivación del aire. Los marcos de los filtros deben tener juntas de tipo engomada para prevenir desprendimientos. Debe existir una separación de al menos 25 mm entre los filtros en la sección de prefiltros para reducir la caída de presión estática y aumentar el rendimiento de los filtros y permitir la medición de la presión entre los filtros.

Cada banco de filtros dentro de las unidades de climatización y la red de conductos debe tener un indicador de DP para monitorear el aumento en la caída de presión debido a la carga. Los filtros pueden reemplazarse en función del momento en que se alcance un límite de DP óptimo establecido. Cambiar los filtros solamente en función del tiempo puede producir costos de cambio excesivos o, posiblemente, frecuencias de cambio insuficientes que pueden producir costos de energía excesivos.

2.6 Diseño sistema HVAC.

El diseño de los sistemas HVAC en la industria farmacéuticas tienen como base las condiciones de diseño requeridas por los productos a fabricar, el confort y protección del personal.

Los productos en sus requisitos de calidad nos definirán las clasificaciones de las salas, fijándonos los niveles de filtración, cantidad y forma de distribución de aire a suministrar en sus salas de producción.

La variedad y tipo de los productos a fabricar, nos indicara el tipo climatización si es por zona o salas individuales, si es de paso único o recirculación.

La prevención de la contaminación en general por partículas ambientales o contaminación cruzada nos definirá los criterios de presurización de las salas para el direccionamiento del flujo de aire.

Por parte de los requisitos del personal, nos definirá las temperaturas y humedades requeridas, que en algunos casos también serán en fusión de los requerimientos de los productos.

A continuación, se desarrolla cada uno de los puntos principales que hacen al diseño de los sistemas HVAC para la industria farmacéutica.

2.6.1 Criterio de climatización de salas

La base de un sistema de climatización para salas farmacéutica es la perfecta sincronización de la distribución del aire en las distintas salas.

Para esto se puede considerar una climatización por salas o una climatización por zonas (agrupamientos de salas). Este diseño tendrá su efecto en el tipo de configuración que se realice del sistema HVAC.

Esta sección ofrece una breve perspectiva general de los factores clave para tener en cuenta, las opciones que disponen en el diseño de los sistemas de HVAC y los factores que afectan las decisiones de elegir un tipo particular de sistema.

2.6.1.1 Cantidad de unidades de climatización. Zonificación.

A menudo, un área de fabricación se divide en zonas y se utiliza una UTA separada para cada zona. En la industria farmacéutica, una zona se considera un área con un tipo de producto o proceso de fabricación también puede estar definida por un tipo de clasificación de limpieza de área.

Algunas de las ventajas de dividir una instalación en zonas son las siguientes:

- El uso de múltiples UTA mejora la confiabilidad del área total; es poco probable que fallen las unidades de todas las zonas a la vez. Si falla una, las otras zonas pueden continuar operando.
- El uso de múltiples UTA más pequeñas puede hacer que sea más fácil equilibrar (poner en servicio) el aire y reduce la necesidad de tener equilibrado automático o controles de presión.
- Los costos totales de energía pueden ser más bajos, ya que cada zona utiliza solo lo que necesita y puede regularse para utilizar mucha menos energía en caso de estar inactiva, sin utilizar controles de equilibrados automáticos.
- El uso de múltiples UTA más pequeñas permite que los conductos de distribución principales sean más pequeños y, por lo tanto, facilita el tendido en lugares en los que la cámara del cielorraso sea pequeña.

- La realización de modificaciones en partes de una instalación debería ser más fácil. Debería ser más simple mejorar una UTA pequeña que abastece solo una zona que cambiar una única UTA grande que abastece muchas zonas.
- El uso de múltiples UTA permite una separación más fácil entre las áreas de una planta que fabrica múltiples productos en forma simultánea. Se minimiza la posibilidad de que se produzca contaminación cruzada entre los productos por medio del sistema de HVAC.

Las desventajas incluyen las siguientes:

- Si se desea aire de paso único para todas las zonas, está menos justificada la zonificación de las UTA para reducir el riesgo de que se produzca contaminación cruzada entre los productos. Un único sistema grande podría ser suficiente
- Mayor costo inicial (requiere una cantidad mayor de controles iguales para más sistemas).
- Mayor mantenimiento (más mano de obra, más partes, más protocolos).

2.6.2 Tipos básicos de sistemas HVAC.

Existen tres categorías básicas de sistemas de HVAC:

1. De paso único.
2. Con recirculación.
3. Sistemas de escape/extracción.

2.6.2.1 Sistemas HVAC de paso único.

Los sistemas de HVAC de paso único suministran 100 % aire exterior tratado para satisfacer las condiciones del diseño de un espacio. Este aire se extrae luego del espacio y se deja escapar a la atmósfera. Figura 11.

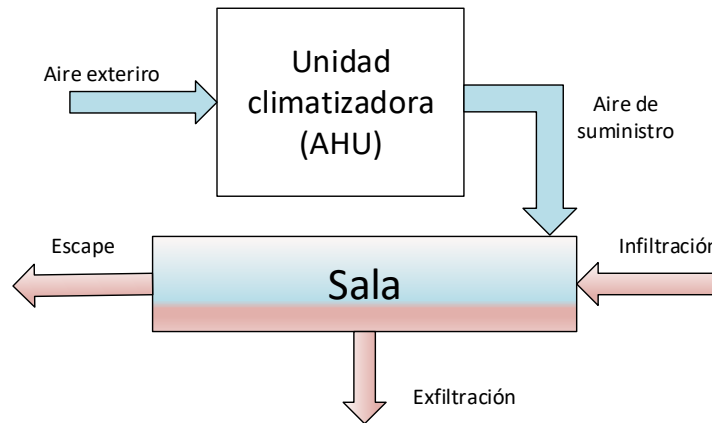


Figura 11. HVAC de paso único.

Ventajas de este sistema:

- Este sistema proporciona abundante aire fresco rico en oxígeno para diluir los contaminantes y asegurar la salud del personal.
- El sistema puede manejar materiales peligrosos sin recircularlo hacia el aire de suministro; sin embargo, es posible que el aire extraído necesite tratamiento antes de ser descargado a la atmósfera.
- Bajo riesgo de contaminación cruzada por los productos de otra sala por medio de los conductos del sistema HVAC.
- Los ventiladores de escape pueden ubicarse lejos de la UTA, lo que hace más simple el tendido de los conductos de escape.
- Dado que hay menos inquietudes respecto del ruido en la red de conductos de extracción, por lo general, esta puede dimensionarse para una alta velocidad y un diámetro más pequeño, lo que facilita el tendido. Una velocidad más alta podría ser necesaria también para transportar materiales en polvo a un dispositivo limpiador de aire antes de descargados a la atmósfera; sin embargo, se requiere una cantidad de energía desproporcionadamente mayor para lograr una velocidad más alta.

Desventajas de este sistema:

- Su operación es más costosa que la de un sistema equivalente de recirculación de aire, en particular, para refrigeración y calefacción. A menudo se justifica la recuperación energética.
- La carga de los filtros de aire será muy alta, lo que hace que se los reemplace con frecuencia.

- Posible necesidad de realizarle un tratamiento (p. ej., depuradores, recolectores de polvo, filtros) al aire de escape contaminado por el proceso.

Podría ser más difícil controlar las condiciones de la sala, ya que el sistema debe dimensionarse para manejar condiciones extremas en el aire exterior, pero es posible que opere la mayor parte del tiempo con una carga mucho menor.

2.6.2.2 Sistemas HVAC recirculante.

El uso de este tipo de sistema está muy difundido; el aire de suministro para las salas está compuesto por una parte de aire exterior tratado y mezclado con parte del aire de retorno del espacio. Una parte equivalente del aire que se suministra a la sala se descarta o se pierde por fugas a áreas adyacentes, debido a la presurización local. Figura 12. La cantidad de aire exterior se determina según:

- Los requisitos por ocupante, alrededor 35 m³/h.
- La necesidad de compensar el escape del área.
- La necesidad de proporcionar un excedente de aire para presurizar el área.

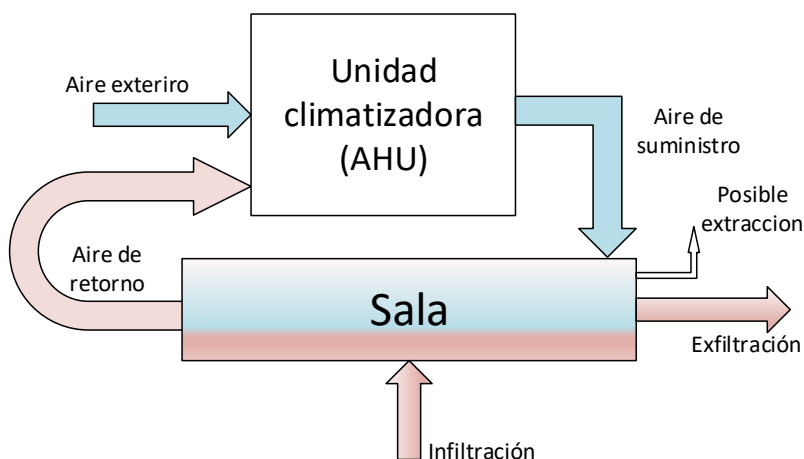


Figura 12. HVAC de recirculación.

Ventajas de este sistema:

- Un menor rango de carga para los sistemas de HVAC puede producir un mejor control de los parámetros (p. ej., la temperatura o la RH), ya que los equipos de calefacción/refrigeración pueden ser de menor tamaño y pueden no necesitar manejar un rango de temperaturas tan grande como un sistema de paso único.

- Por lo general, se requiere menos carga de los filtros de aire en la UTA; por lo tanto, se requiere menos mantenimiento de los filtros y existe la oportunidad de obtener una filtración de aire de mayor grado a un costo de reemplazo menor.
- Por lo general, la calefacción/refrigeración tiene un costo energético más bajo que en los sistemas de aire de paso único.
- Una sola UTA de paso único puede pre tratar aire exterior para muchos sistemas individuales de aire recirculado, y de esta manera concentrar las funciones de precalentamiento y control de la humedad en una sola unidad, con posibles ahorros energéticos.

Desventajas de este sistema:

- Una red de conductos para llevar el aire de retorno de regreso a la UTA podría complicar la congestión sobre el cielorraso y hacer que las galerías de los conductos sean más grandes.
- Posibilidad de que se produzca contaminación cruzada, por medio del sistema de HVAC. Requiere un uso adecuado de la filtración del aire de suministro (y a veces de la filtración del aire de retorno para evitar que se contamine la UTA).
- Posibilidad de que se produzca recirculación de olores y vapores. Un diseño deficiente podría producir un suministro de aire fresco poco adecuado para la salud del personal y para la presurización de la sala.

2.6.2.3 Sistema de escape/extracción.

Los sistemas de escape pueden ser sistemas autónomos que eliminan los contaminantes ambientales, ya sean partículas sólidas o gases y vapores, de un espacio de trabajo. Pueden estar interconectados con un sistema de suministro de aire de paso único o recirculado. Cuando se lo utiliza solo, el sistema de extracción/escape crea una DP negativa en una sala o un espacio, lo cual hace ingresar aire de zonas circundantes.

Ventajas de este sistema:

- Fácil de operar. El aire de relleno para el ventilador se obtiene de los espacios circundantes.
- Puede utilizarse para hacer ingresar aire fresco en un edificio sin ventilación, como un depósito que no requiere calefacción ni refrigeración.

Desventajas de este sistema:

- Si se lo utiliza para capturar grandes cantidades de contaminantes, por ejemplo, de procesos abiertos, tendrá altos costos de energía asociados con el aire acondicionado que se descarta. La energía del sistema de escape se reduce en gran medida si las emisiones de los procesos se contienen dentro de cerramientos para procesos.
- Si el aire de escape no se limpia de forma adecuada, la altura y la velocidad de las chimeneas deben ser adecuadas, a fin de evitar rearrastré a los sistemas HVAC y evitar peligro para el personal.
- La temperatura y humedad se ven influenciadas por el área circundante.

2.7 – Unidad de tratamiento de aire UTA

El elemento central del sistema de tratamiento de aire HVAC es la unidad de tratamiento de aire (UTA). Se compone principalmente de las siguientes secciones o etapas: sección de entrada de aire, etapa de filtración, etapa de batería de frío y/o calor, ventilador y sección de impulsión.

Una unidad de tratamiento de aire UTA es un paquete de equipos que incluye una carcasa metálica, ventiladores, baterías de calentamiento y refrigeración, filtración de aire, etc. Por lo general, se proporciona puertas y paneles de acceso para el mantenimiento de cada componente.

Ventilador.

Es el dispositivo que moviliza el aire, el cual lo suministrar introduciéndolo en una sala o sacándolo de esta por medio de una red de conductos. Proporciona ventilación, calefacción o refrigeración, y ayuda a generar las presiones diferenciales que se necesitan en cada sala. Las UTAs en general cuentan de dos ventiladores, de suministro y de retorno.

- *Ventilador de suministro:* Proporciona la fuerza motora necesaria para distribuir aire en todo el sistema HVAC.
- *Ventilador de retorno:* La mayoría de los grandes sistemas de recirculación de aire utilizan un ventilador de aire de retorno. Este ventilador permite administrar la presión y el flujo dentro de los conductos de retorno en forma independiente del suministro. También permite desviar el aire de retorno al escape cuando las

condiciones de aire exterior están más cerca de las condiciones de descarga que el aire de retorno o cuando el aire de retorno contiene materiales inflamables.

Caja mezcladora

Es común en los sistemas de recirculación de aire que el aire de retorno se mezcle con aire exterior a los fines de la presurización y la ventilación con aire fresco. La corriente de aire resultante se denomina aire mezclado. En ambientes extremadamente fríos, es posible que el aire mezclado se estratifique y no se mezcle bien con el aire de retorno, lo que produce errores en las mediciones de temperatura y puede provocar el congelamiento parcial de las baterías de calentamiento. Un dispositivo inductor de turbulencia de aire (una mezcladora de aire) puede asegurar que el aire se mezcle completamente, y evitar de esta manera la estratificación por temperatura.

Baterías de recuperación de energía

En los sistemas de aire de paso único o en otros sistemas con grandes y costosas cantidades de aire de escape, es posible que se emplee un batería de recuperación de energía para devolver parte de la energía perdida en el aire de escape al aire que ingresa. Por lo general estas baterías se encuentran corriente arriba de otras baterías de acondicionamiento de aire de suministro, y pueden colocarse corriente arriba de los filtros de aire de toma para derretir la nieve en climas fríos. Estos sistemas pueden emplear un regulador de derivación para disminuir la caída de presión provocada por la batería cuando la recuperación de energía no es ventajosa.

Sistemas de escape/extracción de emanaciones

Este es un sistema compuesto por una red de conductos, ventiladores y en ocasiones, limpiadores de aire (filtros recolectores de polvo, depuradores, adsorbentes de carbono, etc.) que descarga el aire no deseado o contaminado a la atmósfera exterior a una distancia segura, a fin de evitar el rearrastre de los materiales de escape hacia otros sistemas HVAC y de evitar que las personas se vean expuestas a aquellos.

Batería de calentamiento

Una batería de calentamiento es un dispositivo de transferencia térmica que consta de un serpentín de tubería cubierto de aletas de transferencia térmica que aumenta la transferencia de calor sensible hacia una corriente de aire utilizando vapor, agua caliente, glicol o, en ocasiones, gas refrigerante caliente como medio de conducción térmica. También puede llamarse "batería de calentamiento" a un elemento que caliente el aire por medio de electricidad.

Batería de precalentamiento

Los sistemas de aire de paso único u otros sistemas que trabajan con grandes cantidades de aire exterior frío pueden emplear una batería de precalentamiento para acondicionar el aire que ingresa o el aire mezclado. Estas baterías se colocan corriente arriba de las baterías de refrigeración para protegerlas del congelamiento y pueden colocarse corriente arriba de los filtros para derretir la nieve que se encuentra en suspensión en el aire. Dado que, por lo general, que estas baterías no imponen una gran caída de la presión, no es común que se utilice un regulador de derivación. Debe tenerse cuidado para evitar que se congelen las baterías de precalentamiento si la temperatura de la mezcla de aire que ingresa en ellas está por debajo del punto de congelamiento. En épocas de calor, se apaga el calentamiento de la batería.

Batería de recalentamiento

Los sistemas que requieren sobre refrigeración para controlar la humedad (en lugar de deshumidificación desecante) también pueden emplear una batería de recalentamiento para evitar refrigerar excesivamente el espacio. Al calentarse el aire que sale de las baterías de refrigeración, las baterías de recalentamiento disminuyen la HR del aire que sale de la UTA para evitar la condensación en los filtros de aire o en la red de conductos.

Batería de refrigeración

Una batería de refrigeración es un dispositivo de transferencia térmica que consta de un serpentín cubierto de aletas de transferencia térmica que reduce el calor sensible y posiblemente el calor latente (mediante la condensación de vapor de agua) que se encuentra en la corriente de aire utilizando líquido enfriado o gas refrigerante como medio de conducción refrigerante. La refrigeración con el fin de mantener las condiciones ambientales es común en las aplicaciones farmacéuticas. Las baterías de refrigeración pueden ubicarse corriente arriba o corriente abajo del ventilador (según sea un sistema aspirante o impelente). Una batería de refrigeración es un método común para reducir la humedad del aire; por lo tanto, la velocidad del aire y el drenaje de estas baterías son cuestiones clave del diseño. Pueden emplearse separadores de gotas para eliminar el transporte de agua líquida que se condensan en la batería. Si bien estas baterías pueden imponer una gran caída de presión emplear un regulador de derivación (que se utiliza cuando no se necesita refrigeración) puede agregar el riesgo de que se infiltre aire no acondicionado alrededor de la batería cuando se necesita la máxima refrigeración.

Batería de re refrigeración (batería de pos refrigeración)

Estas baterías pueden instalarse corriente abajo de los deshumidificadores desecantes para eliminar el excedente de calor sensible en el aire de suministro. Pueden proporcionar deshumidificación adicional corriente abajo de una batería de refrigeración con condensación, operando por debajo de la temperatura del agua enfriada utilizando un refrigerante o un tipo de salmuera a bajas temperaturas

Pueden utilizarse separadores de gotas en estas baterías. Las baterías que operan a temperaturas internas por debajo del punto de congelamiento pueden llegar a cubrirse de hielo y, normalmente, se necesita un esquema de alternancia con derivación/descongelamiento.

Humidificador

Los humidificadores aumentan la humedad presente dentro de un espacio controlado mediante la descarga de vapor de agua (vapor o niebla de agua) en una corriente de aire de suministro o directamente dentro de una sala. Los de sistemas instalados en climas fríos o áridos pueden emplear un humidificador para inyectar vapor de agua, a fin de aumentar el nivel de humedad del suministro de aire. Por lo general, estos dispositivos se encuentran corriente abajo de la batería de precalentamiento y pueden montarse en redes de conductos en las que la turbulencia del aire y la alta velocidad fomenta la absorción de vapor de agua. Cuando se emplea en una UTA, montarlo corriente arriba de una batería de refrigeración proporciona un deflector natural para evitar el transporte de gotitas de agua líquida, ya que es poco probable que se empleen simultáneamente el humidificador y la deshumidificación por medio de la refrigeración.

Por lo general, la fuente de agua es vapor, agua potable o agua desmineralizada (producida por ósmosis inversa, resinas de intercambio iónico o destilación) que no introduzcan contaminantes cuestionables en una sala. Es una práctica común utilizar vapor libre de aditivos volátiles en los sistemas de HVAC para la fabricación de productos farmacéuticos.

Deshumidificador

Un deshumidificador es un dispositivo que elimina vapor de agua del aire para reducir la humedad, ya sea por condensación del vapor de agua que se encuentra en el aire utilizando una batería de refrigeración o por absorción utilizando un desecante (cuando se requiere una RH de menos del 30 % al 40 % para una sala). Los deshumidificadores desecantes a menudo se ubican corriente abajo de una batería de refrigeración que elimina gran parte de la carga de humedad a un costo energético menor y aumenta la RH

para aumentar la eficiencia del desecante. Sin embargo, debe tenerse cuidado para asegurar que la saturación o el transporte de gotitas de agua líquida no dañen el desecante. El desecante que se elige depende de la aplicación. Los desecantes se regeneran utilizando calor; por lo tanto, el aire que sale del deshumidificador es más seco y de mayor temperatura que cuando entró.

Filtración del aire

Los filtros de aire eliminan las partículas de materiales de una corriente de aire valiéndose de distintos tipos de medios. Por lo general, se proporcionan prefiltros corriente arriba de las baterías en un climatizador para proteger a las baterías del ensuciamiento con tierra o desechos. Los prefiltros utilizan filtros de control de polvo de baja eficiencia seguidos de un filtro intermedio de media o alta eficiencia. Pueden utilizarse filtros de aire de carbón activado y otros materiales para absorber algunos vapores. Esto es común en casos en los que resulta necesario disminuir aromas desagradables, o pequeñas cantidad materiales orgánicos volátiles.

Filtro final

Pueden proporcionarse filtros como último paso en el tratamiento del aire de un climatizador. La utilización de filtros de alta eficiencia (95 % o HEPA) puede asegurar la calidad del aire (en lo relativo a partículas) dentro de la red de conductos del aire de suministro y puede proteger los filtros terminales (montado en el cielorraso) del ensuciamiento con tierra o desechos; y de esta manera extender la vida útil de los filtros terminales y evitar la obstrucción diferencial.

En la Figura 13 se muestra cada uno de los componentes.

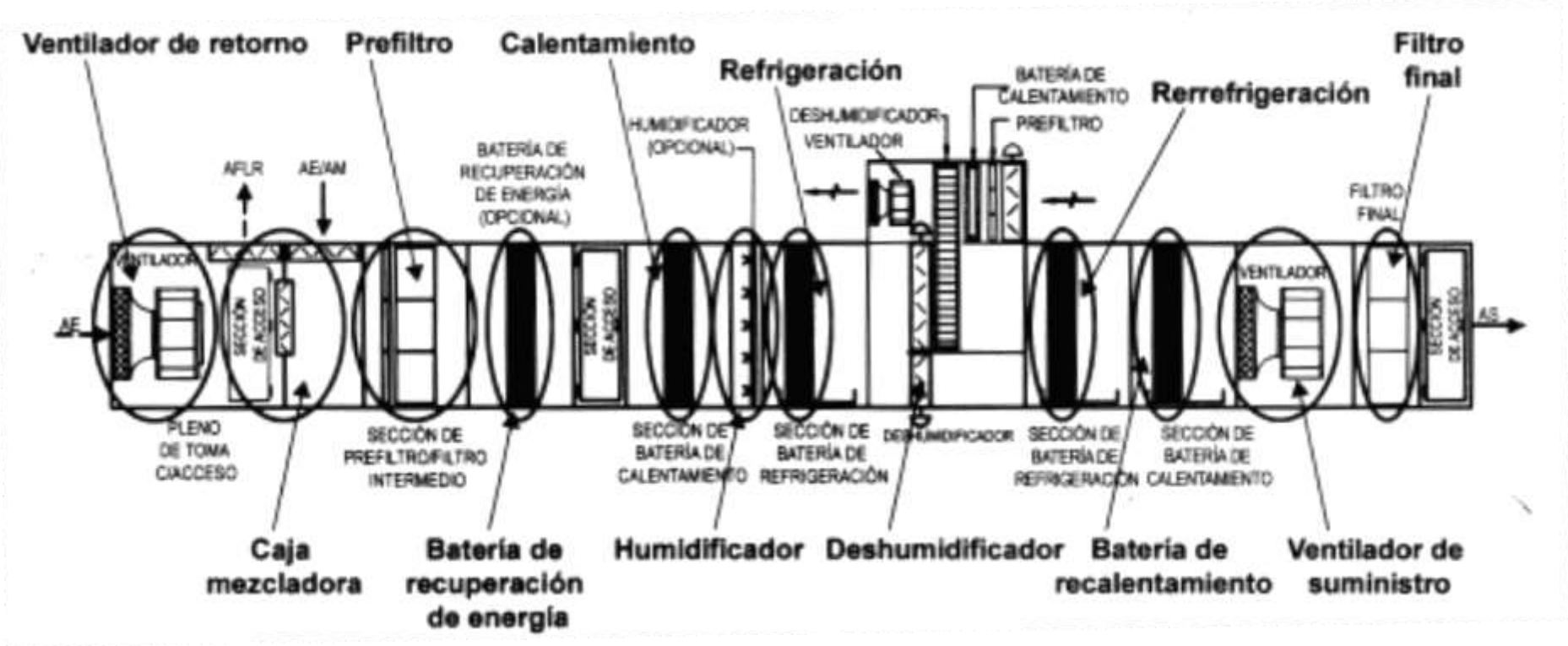


Figura 13. Componentes de la UTA.

2.7.1 Tipo de UTA

Existen dos tipos básicos de configuración para las UTA.

- Impelente
- Aspirante

El termino describe la relación del ventilador con las baterías que se encuentran dentro de la UTA. Las dos configuraciones tienen características distintas.

Unidades Impelentes

En las unidades impelentes, se hace ingresar aire en la UTA, por lo general a través de un conjunto de prefiltros, que se utilizan para reducir la carga de suciedad en los filtros finales (que por lo general son más costosos), y para prevenir la acumulación de suciedad en las baterías de calentamiento y de refrigeración, lo que rápidamente reduciría su eficiencia.

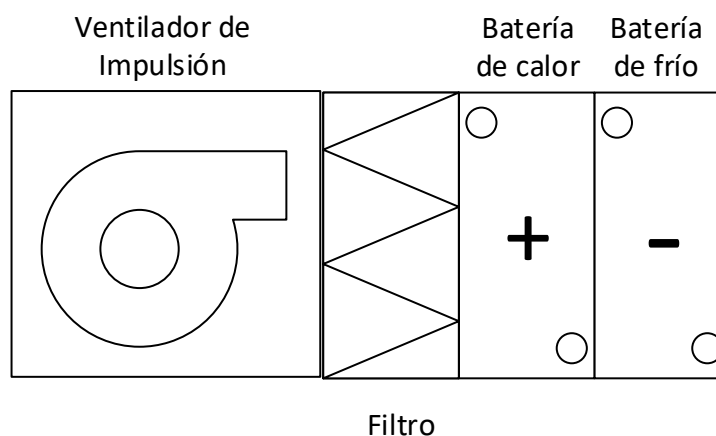


Figura 14. UTA Impelente.

Ventajas:

Permite que la temperatura de descarga de la UTA sea la temperatura del aire que descarga la batería de refrigeración, debido a que el calor del ventilador se elimina en la batería de refrigeración. Esto es particularmente útil cuando las cargas de calor son elevadas. La temperatura del aire de suministro debería ser lo más fría posible. No es recomendable que una unidad impelente esté seguida inmediatamente de un conjunto de filtros HEPA, salvo que se tomen precauciones especiales para prevenir el transporte de humedad de la batería de refrigeración.

Si la trampa de drenaje de la batería de refrigeración está seca, parte del aire tratado pasará a través de la trampa, pero no permitirá que ingresen contaminantes en la UTA.

Desventajas:

Por lo general la unidad necesita ser más larga para permitir la instalación de un difusor (que tiene una cierta caída de presión) después del ventilador, a fin de garantizar que el flujo de aire se distribuya sobre toda el área de la superficie frontal de las baterías y los filtros que se encuentran corriente abajo, en lugar de concentrarse en el medio, lo que causaría una caída en el rendimiento de las baterías y de filtro final.

El hecho de que el aire que sale de la batería de refrigeración podría estar saturado de humedad podría acumularse en los filtros finales es una desventaja.

Unidades Aspirante

Las unidades aspirantes por lo general están organizadas con los prefiltros y las baterías antes del ventilador.

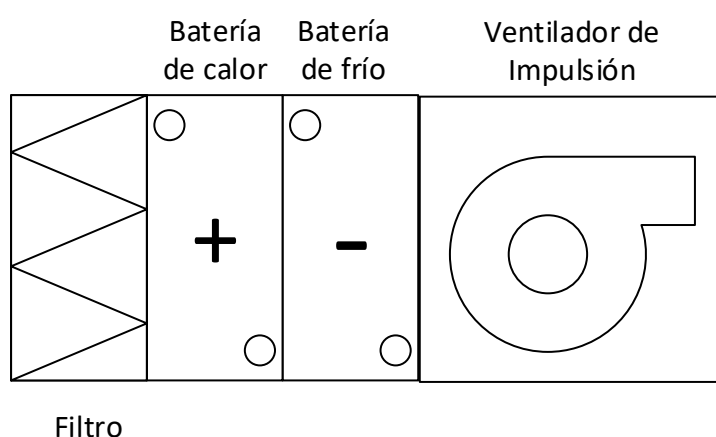


Figura 15. UTA Aspirante.

Ventajas:

La unidad es a menudo, más pequeña y el motor y el ventilador proporcionan una pequeña cantidad de recalentamiento (por lo general 1°C) al aire que sale de la batería de refrigeración. Esto reduce la humedad relativa del aire y previene los problemas de que se humedezcan los bancos de filtros HEPA de la UTA.

Desventajas:

Si la trampa de drenaje está seca, es posible que se absorba aire no tratado a través de la trampa.

El diseño de la trampa para el condensado de refrigeración debe incluir una manera de cargar y mantener una trampa de drenaje húmeda, que puede tener varios centímetros de altura, lo que implica, por lo tanto, elevar la UTA por sobre el nivel del suelo.

Variaciones del diseño de una UTA

Debe considerarse la posibilidad de utilizar un regulador de aire frontal y derivación, a fin de dirigir una parte de la corriente de aire para que reciba más tratamiento. El concepto se muestra en la figura 13, utilizando un deshumidificador desecante y variando el volumen de la derivación para variar la condición del aire remezclado resultante. Este enfoque ayuda a lograr un control más preciso de un parámetro, particularmente cuando este no es fácil de controlar. Puede utilizarse en configuraciones de UTA impelentes o aspirantes. Al usar un sistema de aire frontal y de derivación, debe tenerse cuidado con el diseño de los controles del flujo de aire, a fin de asegurar que exista el flujo deseado desde el sistema hasta las salidas de los procesos.

2.7.2 Configuración de UTA para salas blancas

La configuración de las UTAs para edificios comerciales o industriales de propósito general está diseñada principalmente para cumplir con las cargas de calefacción y enfriamiento del espacio interior, o más específicamente para lograr los requisitos de temperatura y humedad del espacio.

Sin embargo, para las instalaciones de salas limpias, la configuración de las UTAs debe prepararse de manera que no solo cumpla con las cargas de calefacción y refrigeración, sino que también cumpla con los requisitos de limpieza del aire del espacio con el mismo sistema de HVAC.

La limpieza del aire se ha realizado tradicionalmente mediante el uso de altas tasas de flujo de aire para diluir la concentración de partículas en el aire de una sala limpia. El desafío es cómo configurar un sistema HVAC cuando la tasa de flujo de aire requerida por la dilución es significativamente más alta que la requerida por las cargas de calefacción y refrigeración.

En función de la intensidad de la dilución, por lo general, una sala limpia requiere una mayor tasa de flujo de aire que puede calcularse en renovaciones de aire hora. Por ejemplo, los edificios comerciales pueden tener un “índice de flujo y enfriamiento” 120–280 L / s por tonelada, y para una limpia ISO Clase 7 puede tener una relación de 2500–1200 L / s por tonelada, y una sala limpia ISO Clase 3 puede requerir 25,000 L / s por tonelada.

Por lo tanto, está claro que una sola UTA en los casos posteriores (salas limpias de ISO 7 y 3) no es capaz de lograr los objetivos de dilución y enfriamiento.

Para manejar este desafío en función de las clases de limpieza, se han diseñado distintas configuraciones, en las cuales se ha añadido componentes adicionales como:

RFU: Unidad de ventilación de recirculación. (Recirculation fan unit)

MU: Manejadora terciaria (Makeup Unit)

FFUs: Unidad Filtro Ventilador (Fan-Filter- Units)

Las figuras 16 a 19 ilustran las configuraciones típicas de HVAC de UTA.

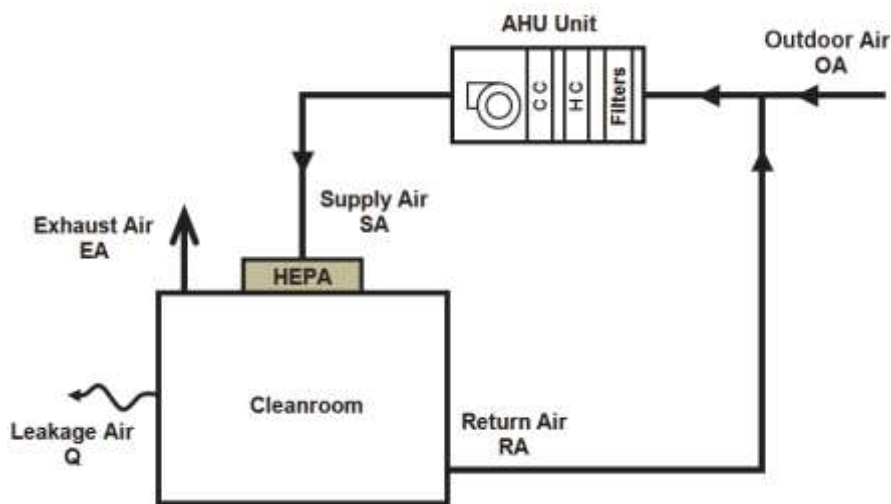


Figura 16. Simple UTA – (Tipo 1)

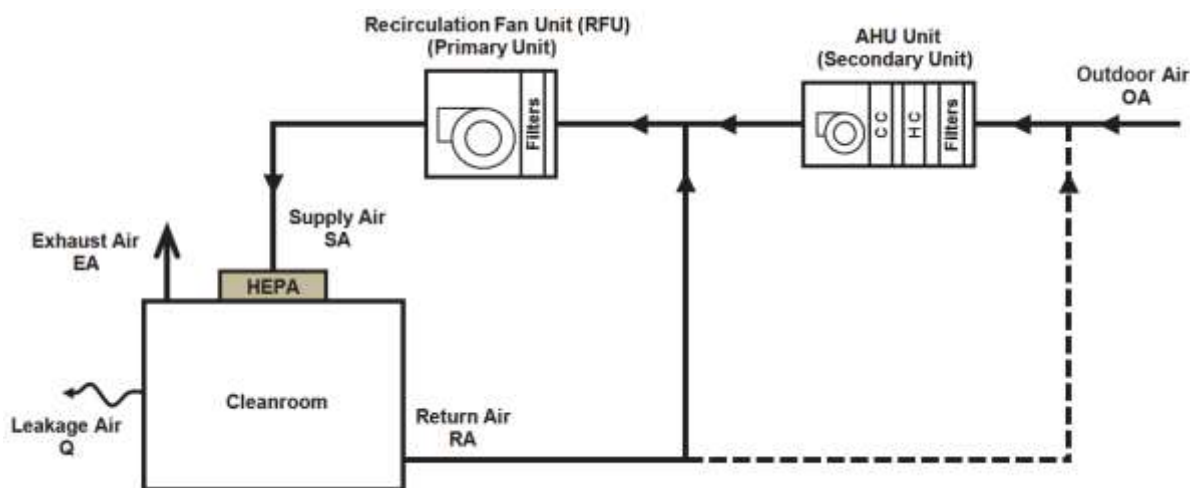


Figura 17. Unidad primaria RFU con unidad secundaria UTA. (Tipo 2A)

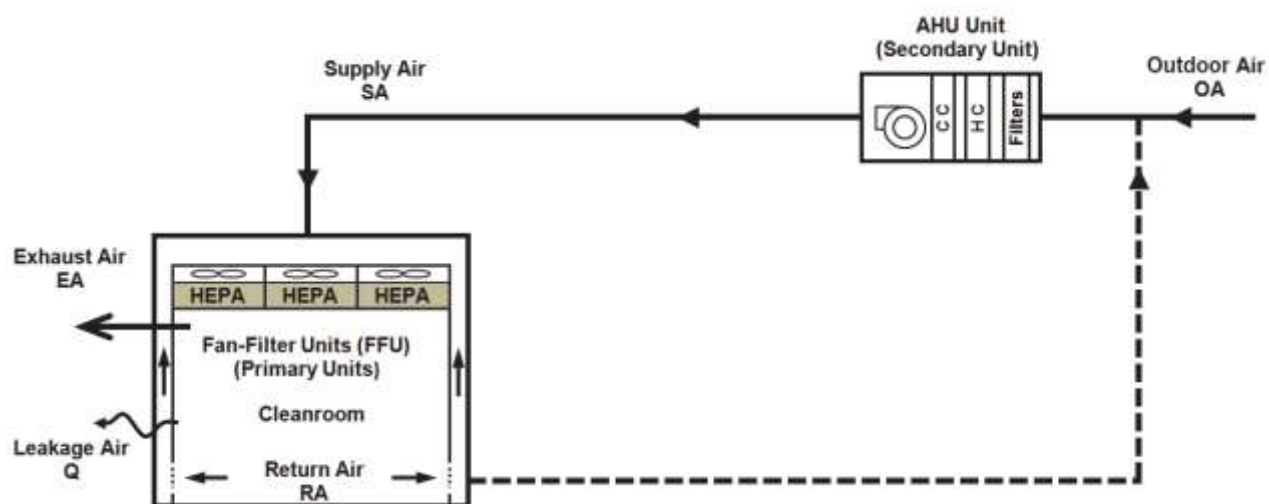


Figura 18. Unidad primaria con unidad secundaria UTA. (Tipo 2B)

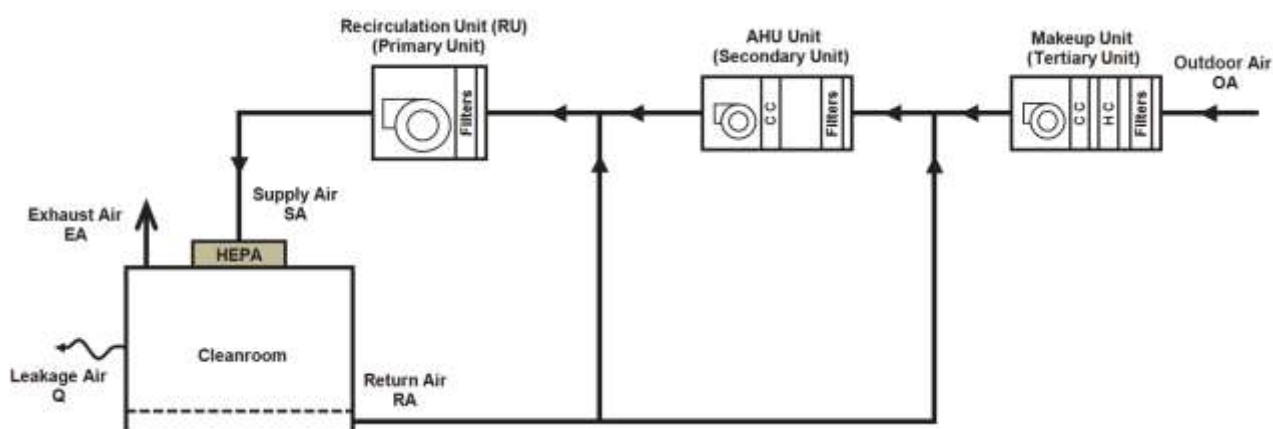


Figura 19. Unidad primaria RFU con unidad secundaria UTA. (Tipo 3)

La Tabla 7 proporciona una guía de selección general para elegir las configuraciones del sistema HVAC que corresponde a cada sala limpia. Para tal caso se usa la relación entre el caudal de aire para satisfacer la carga de calefacción y refrigeración, y el caudal de aire necesario para lograr la limpieza de la sala.

En nuestro caso al ser productos no estériles los que se producen, nuestra clasificación de áreas son de ISO 8 y 9, que como podemos observar el tipo de configuración corresponde a una UTA individual (AHU individual)

Tabla 7. Selección de sistema HVAC de sala limpia

		Aplicación típica			
Tipo de configuración HVAC	Clase ISO	Cantidad de flujo de aire para limpieza del aire de la sala y carga de enfriamiento total	Tasa de flujo de la RFU = x Tasa de flujo de la AHU	Figura	
1	AHU individual	9,8,7	AHU para cumplir con los requisitos de ACH y enfriamiento	n/a	14
2A	RFU primaria y AHU secundaria	7,6,5,4	<ul style="list-style-type: none"> AHU principalmente para cumplir con los requisitos de enfriamiento RFU para cumplir con el requisito de ACH (o velocidad promedio) de la sala 	≥ 4	15
2B	FFU primarias y AHU secundarias	7,6,5,4	<ul style="list-style-type: none"> AHU principalmente para cumplir con los requisitos de enfriamiento FFU para cumplir con el requisito de ACH (o velocidad promedio) de la sala 		16
3	Unidad de reposición primaria (RFU), unidad de reposición secundaria (AHU) y unidad de reposición terciaria (MU)	4,3,2,1	<ul style="list-style-type: none"> Unidad de reposición ahu para cumplir con los requisitos de aire exterior, presurización y compensación de aire de escape. Unidad de reposición ahu para cumplir con el requisito de refrigeración. Unidad de reposición ahu para cumplir con el requisito de ACH (o velocidad promedio) de la sala 	≥ 10 ≥ 50	17

2.7.3 UTAs Calculo

Como parámetros principales que definen a una UTA se tienen:

- Caudal de suministro: Es el caudal necesario que debe suministra la unidad de tratamiento de aire dentro de las salas para suplir las cargas térmicas ya sea de refrigeración y calefacción. Al mismo tiempo este caudal es caudal necesario para contralar la limpieza de las áreas, debe tener la posibilidad de diluir los contaminantes y llegar a cumplir con los niveles de limpieza seleccionados. Para el cálculo de caudales, se procede a obtener el caudal por balance de cargas térmicas y el que define el balance de caudales.
- Potencia frigorífica y de calefacción: con el caudal asignado se procederá al cálculo de los serpentines necesarios para conseguir las condiciones de temperatura y humedad establecidos por el diseño.

La base para la obtención y definición de estos parámetros es el balance térmico, con el uso del ábaco psicométrico y el balance de caudales en base al número de renovaciones horarias básicas definidas.

2.7.3.1 Balance de cargas térmicas

Con el fin de obtener el caudal de aire suficiente para acondicionar las salas se debe realizar el balance térmico de las mismas. Esto consiste en determinar las cargas térmicas internas y externas que inciden sobre las salas. Estas cargas que pueden ser ganancias o pérdidas de calor.

Para el cálculo se considera las ganancias de calor que se generan en verano y se obtienen la carga de refrigeración, así como se considera también las pérdidas de calor en invierno y se obtienen las cargas de calefacción a suministrar al local.

Se definen las condiciones interiores de diseño, las cuales resultaran en general de los requisitos de confort para el personal.

Las condiciones del ambiente exterior, dependerán de la zona geográfica donde se encuentre las salas a climatizar. En nuestro caso se hace uso de las tablas que nos proveen la norma IRAM 11603 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación).

Cargas de térmicas en verano.

Estas pueden tener su origen del ambiente exterior que rodea a las salas o las que se producen internamente debidas a los ocupantes, maquinas iluminación etc.

Las cargas pueden ser sensibles o latentes.

Ganancias calor externas.

Se producen por transmisión de calor, entre el ambiente exterior a la sala a considerar, en cual se tenga una diferencia de temperatura. Pueden ser entre el aire exterior o por ambientes lindantes que no estén climatizados. El flujo de calor es transmitido por paredes y techos o través de los vidrios.

Flujo de calor a través de paredes y techos.

En cuanto al cálculo para paredes y techos expuestos al exterior intervienen múltiples factores que lo hacen muy dificultoso.

En él se tienen en cuenta el tipo y espesor de las paredes o techos, la orientación de los mismos, día y hora que se produce, la variación diaria de la temperatura, velocidad del aire exterior, coeficiente de retardo y hasta el color y características de las superficies expuestas. Con el fin de facilitar el cálculo, en la práctica se utiliza un valor denominado diferencia de temperatura equivalente (Δt) en el cual se tiene en cuenta todos los parámetros anteriormente nombrados que influyen en el cálculo.

Δt se encuentra tabulado para las distintas orientaciones y horarios de los recintos a climatizar. En la Tabla 8 se definen sus valores.

Tabla 8. Diferencia equivalente de temperatura °C.

Tipo	Orientación y condiciones	Coeficiente de transmisión K	HORA SOLAR																	
			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
MUROS	SE	3	5	11	14	16	17	16	13	10	10	10	10	10	10	9	8	7	6	6
		2,3	2	2	5	10	16	15	14	11	10	10	10	10	10	10	9	9	8	7
		1,6	4	4	5	5	5	8	12	11	10	9	9	9	9	9	9	9	8	7
		0,8	5	5	6	6	6	6	6	8	10	11	10	9	8	8	8	8	8	8
	E	3	3	12	19	21	23	22	20	14	11	10	10	10	10	9	8	7	6	5
		2,3	2	2	8	14	19	21	20	13	10	10	10	10	10	9	9	8	7	
		1,6	5	5	6	7	10	14	16	17	16	14	12	11	10	10	10	9	9	
		0,8	8	8	8	8	8	8	8	11	12	13	12	12	11	10	10	10	10	10
	NE	3	8	8	10	13	17	18	19	17	16	13	11	11	10	9	8	7	6	5
		2,3	3	3	5	10	14	16	18	17	16	14	12	11	10	10	9	9	8	7
		1,6	6	6	6	6	6	9	11	12	12	13	12	12	10	10	9	9	8	8
		0,8	7	7	7	7	7	7	7	9	10	11	11	12	11	11	10	10	9	9
N	3	2	2	2	3	5	10	15	17	19	18	17	14	11	9	8	6	6	5	
	2,3	2	2	2	2	2	6	9	14	16	16	17	15	14	11	9	8	7	6	
	1,6	5	5	5	5	5	5	5	7	9	11	12	13	12	11	10	9	8	8	
	0,8	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	8	10	11	11	12	11	10	9

Tipo	Orientación y condiciones	Coeficiente de transmisión K	HORA SOLAR																	
			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
MUROS	NO	3	1	1	1	1	2	5	6	13	17	21	25	26	25	22	19	16	10	6
		2,3	4	4	4	4	4	4	4	7	9	16	20	22	23	22	21	14	8	6
		1,6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	9	10	13	15	15	16	15	15	11
		0,8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	11	12	13	14
	O	3	1	1	1	1	2	4	6	10	14	20	25	27	29	24	19	15	10	7
		2,3	4	4	4	4	4	4	5	6	8	13	17	21	25	26	22	18	11	8
		1,6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	8	9	12	14	16	18	17	17	13
		0,8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	10	11	14
	SO	3	1	1	1	1	2	4	6	8	9	13	16	21	22	23	21	13	6	5
		2,3	1	1	1	1	1	2	4	6	7	8	9	14	19	20	21	14	9	7
		1,6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	7	9	12	14	14	15	10
		0,8	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	8	10	12
	S	3	1	1	1	1	1	3	5	7	8	9	11	10	9	8	7	6	5	4
		2,3	1	1	1	1	1	2	3	4	6	7	8	9	10	9	9	8	7	6
		1,6	2	2	2	2	2	2	2	3	4	4	5	5	5	6	7	6	6	5
		0,8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4	4	5	5	6	6	7
TECHOS	4	1	1	1	1	2	6	11	16	20	24	26	28	27	25	22	18	15	11	
	3	2	2	2	2	4	8	11	15	19	23	25	26	27	25	22	19	16	14	
	2,3	5	5	5	5	6	8	11	15	18	21	24	25	26	24	22	20	18	16	
	1,6	8	8	8	8	8	9	11	15	18	20	22	24	25	24	23	21	20	18	
	0,8	10	10	10	10	10	10	11	15	17	18	20	22	23	24	22	21	21	20	

Para 35° de latitud sur, paredes y techos opacos. Variación diaria temperatura 11 °C. Diferencia temperatura aire exterior-interior (16 horas) 10 °C. Corrección si el Δt de cálculo es mayor, por ejemplo, 12 °C. Sumar a los valores de tabla 2 °C.

Estas cargas se calculan según la siguiente fórmula.

$$Qt = K \cdot A \cdot \Delta t \left(\frac{kcal}{h} \right)$$

Donde

Qt = ganancia de calor de paredes y techos (kcal/h).

K = Coeficiente de transmitancia (kcal/h*m² °C).

A = Área transversal del elemento (m²).

Δt = diferencia equivalente de temperatura (°C).

Flujo de calor a través de paredes y techos interiores.

Para este caso se considera el salto térmico entre la temperatura de ambos lados de la sala a acondicionar.

$$Q_{ti} = K \cdot A \cdot (t_i' - t_i) \left(\frac{kcal}{h} \right)$$

Q_{ti} = ganancia de calor por paredes y techos interiores (kcal/h).

t_i' = temperatura de la sala no acondicionada

t_i = temperatura del aire interior

Para los cálculos prácticos, se considera para una sala contigua acondicionada que el valor de la diferencia de temperatura será 0 (cero) y en caso de que no esté acondicionada se toma la siguiente relación $t_i' = t_e - 3^\circ\text{C}$

Flujo de calor a través de vidrios.

Las cantidades de calor que se aportan a través de los vidrios son por transmisión y radiación que se analizan en forma independiente.

Por transmisión no existe ningún retardo en la ganancia térmica. Por lo cual la diferencia de temperatura a considerar es la diferencia entre la temperatura exterior y la temperatura interior de diseño.

Cantidad de calor por transmisión q_o será:

$$q_o = K \cdot A \cdot (t_e - t_i)$$

K = Coeficiente de transmitancia (kcal/h*m² °C).

A = Área transversal del elemento (m²).

t_e = Temperatura exterior °C

t_i = Temperatura interior o de diseño °C.

Por radiación se obtiene considerando la intensidad de radiación solar, que es la cantidad calor proyectada por el sol promedio en los meses de verano por metro cuadrado, dato que se encuentra tabulado en Tabla 9, dependiendo de la orientación y horario considerado. También se debe tener en cuenta la protección del vidrio el cual resulta en un coeficiente de corrección que afectará al cálculo. Su valor se obtiene de la Tabla 10.

Tabla 9. Coeficiente de efecto solar para superficies de diversa orientación.

Latitud: 28°									
Hora	SE	E	NE	N	NO	O	SO	S	Horiz.
6	260	168	0	0	0	0	0	84	29
7	400	393	265	23	19	20	26	96	158
8	374	446	364	53	28	33	30	70	340
9	298	405	395	130	35	35	39	50	482
10	185	282	354	185	36	38	38	40	587
11	71	133	266	224	38	38	38	42	649
12	36	36	141	233	141	36	36	36	680
13	38	38	38	224	266	132	71	42	649
14	38	38	36	185	354	282	185	40	587
15	39	35	35	130	395	403	298	50	482
16	30	33	28	53	364	446	374	70	340
17	26	20	18	23	265	393	400	96	158
18	0	0	0	0	0	168	260	84	29

Latitud: 35°									
Hora	SE	E	NE	N	NO	O	SO	S	Horiz.
6	309	240	0	0	0	0	0	78	69
7	366	415	260	27	22	22	27	64	192
8	328	443	373	80	25	32	32	38	363
9	230	395	427	190	32	35	38	38	487
10	110	272	408	259	38	38	38	38	580
11	43	119	355	301	72	35	38	38	642
12	38	38	215	336	215	38	38	38	666
13	38	38	72	301	355	119	43	38	642
14	38	38	38	259	405	272	110	38	580
15	38	35	32	190	427	395	230	38	487
16	32	32	25	80	373	443	328	38	363
17	27	22	22	27	260	415	366	64	192
18	0	0	0	0	0	240	309	78	69

Latitud: 38°									
Hora	SE	E	NE	N	NO	O	SO	S	Horiz.
6	254	179	0	0	0	5	13	89	51
7	377	398	265	24	13	21	27	78	165
8	352	447	355	48	27	29	32	48	355
9	263	401	412	162	32	35	38	38	488
10	149	276	382	222	35	35	38	38	588
11	51	124	305	265	67	38	38	38	650
12	38	38	181	284	181	38	38	38	678
13	38	38	67	265	306	124	51	38	650
14	38	35	35	222	382	276	149	38	588
15	38	35	32	162	412	401	263	38	488
16	32	29	27	48	355	447	352	48	355
17	27	21	13	24	265	398	377	78	165
18	13	5	0	0	0	179	284	89	51

Latitud: 40°									
Hora	SE	E	NE	N	NO	O	SO	S	Horiz.
6	320	330	0	0	0	13	16	86	84
7	360	438	257	32	13	27	27	64	222
8	305	444	390	119	24	32	32	32	263
9	198	390	439	219	32	35	35	35	485
10	81	265	425	298	38	38	38	38	569
11	38	116	260	330	111	38	38	38	629
12	38	38	244	379	244	38	38	38	642
13	38	38	111	300	350	116	38	38	629
14	38	38	38	298	425	266	81	38	569
15	35	35	32	219	439	390	198	35	485
16	32	32	24	119	390	444	303	32	363
17	27	27	13	32	257	436	350	64	222
18	16	13	0	0	0	330	320	86	84

$q_{rs} = A \cdot I \cdot C$ (kcal/h).

I = intensidad de la radiación solar (kcal/h m²).

C = coeficiente de corrección.

Tabla 10. Coeficiente de corrección.

Tipo	Coeficiente C
— Vidrio transparente	1
— Vidrio esmerilado o grabado	0,80
— Vidrio transparente con cortinas	
• Exteriores color claro	0,30
• Interiores claras	0,50
— Toldo de lona	0,20
— Parasoles	0,20

Teniendo en cuenta estas dos formas de transmisión de calor que se produce en los vidrios, la ganancia total será:

$$Q_{tv} = q_o + q_{rs} \text{ (kcal/h)}$$

Q_{tv} = cantidad de calor total que pasa por el vidrio

q_o = cantidad de calor por transmisión a través de vidrio.

q_{rs} = cantidad de calor por radiación solar.

Ganancias calor internas.

Por ocupantes:

Se considera la cantidad de ocupantes dentro de las salas y su actividad. Los ocupantes generaran calor sensible y calor latente. En la Tabla 11 se especifican estos valores teniendo en cuenta el tipo de actividad.

Tabla 11. Disipación de calor, según distintos tipos actividad humana.

Actividad humana	Calor metabólico (W)		
	sensible	latente	total
Sentado en reposo	47	30	77
Sentado y trabajo muy liviano	47	39	86
Trabajo de oficina con cierta actividad	47	52	99
Trabajo liviano	52	69	121
Trabajo pesado	69	138	207
Trabajo muy pesado	103	224	327

Por maquinas o artefactos:

Componentes de las maquinas como motores eléctricos, o artefactos en general (balanzas, equipos electrónicos de control, etc.) que aportan al interior de las salas calor sensible por disipación. Para el cálculo de los mismos se hace uso de la Tabla 12, en las cuales dan valores de uso práctico. En artefactos que no se cuenta con información, se supone un valor de rendimiento según su potencia consumida.

Tabla 12. Ganancias a los motores eléctricos.

POTENCIA NOMINAL CV	RENDIMIENTO A PLENA CARGA %	POSICIÓN DEL APARATO CON RESPECTO AL LOCAL ACONDICIONADO O A LA CORRIENTE DE AIRE **		
		Motor en el interior Aparato impulsado en el interior $\frac{CV \times 432}{P}$	Motor en el exterior Aparato impulsado en el interior CV = 432	Motor en el exterior Aparato impulsado en el exterior $\frac{CV \times 432 (1p)}{P}$
		Kcal/h		
1/20	48	90	30	47
1/12	49	101	30	51
1/8	55	141	38	65
1/4	60	189	105	70
1/4	64	250	140	90
1/2	66	320	213	110
1/2	70	450	320	135
3/4	72	460	480	187
1	79	800	630	170
1 1/2	80	1 200	950	237
2	80	1 600	1 260	320
3	81	2 350	1 990	450
5	82	3 900	3 160	700
7 1/2	83	5 500	4 800	850
10	83	7 300	6 480	1 125
15	86	11 100	9 500	1 375
20	87	14 300	12 750	1 875
25	88	18 100	15 900	2 300
30	89	21 300	19 100	2 550
40	89	28 700	25 500	3 250
50	89	35 700	31 800	4 000
60	89	43 000	38 400	4 750
75	90	53 900	47 800	5 250
100	90	71 900	63 800	7 250
125	90	87 500	79 500	9 000
150	91	105 600	95 600	9 500
200	91	140 000	127 300	12 300
250	91	175 000	159 000	14 000

Por iluminación:

En el caso de la iluminación son fuentes de calor sensible, dependiendo del tipo de iluminación que se utilice se considera un aporte de calor por m2. Tabla 13.

Tabla 13. Calculo de caudal térmico aportado por la iluminación por m2.

TIPO LUMINARIA	POTENCA DE ILUMINACION (W/m2)			
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
INCANDESCENTE	15	20	15	20
ALOGENA	10	15	10	15
BAJO CONUSMO	5	10	6	12
FLOURESCENTE (TUBO)	5	10	6	12
LED (LAMPARA O TUBO)	1,5	2,5	1,5	2,5

Otros:

En esto se tiene en cuenta tuberías que transporten algún fluido a temperatura superiores a la temperatura interior de diseño, resistencias calefactoras, o equipos que se encuentren destinado a suministrar calor a los procesos que se realicen dentro de la sala, como puede ser tanques encamisados para calefacción.

De esta se aplica cálculos que se encuentran ya tabulados para estos casos. Tabla 14.

Tabla 14. Ganancia debida a los tubos de acero no aislados. Kcal/h x m lineal.

DIÁMETRO EXTERIOR DEL TUBO (mm)	TEMPERATURA DEL AGUA					PRESIÓN (kg/cm²Abs) Y TEMPERATURA DEL VAPOR		
	30	60	70	80	90	1,4 109°C	4,5 147°C	8 179°C
	DIFERENCIA DE TEMPERATURA °							
	30	40	50	60	70	80°	120°	150°
12,5	12,6	17,9	22,7	29,9	35,6	51,2	82,8	107,5
21,0	19,5	27,6	36,4	46,0	56,2	78,5	128,3	165,7
32,7	30,1	42,7	56,3	71,0	86,8	121,1	194,4	256,4
42,4	38,3	52,9	69,8	88,9	106,3	149,9	242,2	317,8
48,3	41,9	59,2	78,3	98,6	120,8	168,0	273,0	356,8
60,3	50,8	72,0	94,9	118,6	146,4	196,1	318,5	418,0
76,7	63,5	89,9	118,6	149,5	182,9	254,7	414,9	542,0
88,9	73,4	94,0	127,1	172,9	201,1	283,8	460,0	602,0
101,4	82,8	117,1	159,4	195,0	228,1	322,2	526,0	708,0
122,0	106,4	156,4	199,4	250,4	306,0	426,0	606,5	822,0
159,0	125,3	177,1	233,8	294,9	361,0	503,0	818,0	1 076,0
193,7	150,8	212,4	281,0	354,4	434,0	600,4	974,0	1 285,0
244,5	187,4	264,5	346,4	440,4	539,0	749,0	1 219,0	1 606,0
273,8	207,4	292,3	387,0	488,0	597,0	848,0	1 383,0	1 825,0

Ganancias totales de calor de las salas

De los cálculos anteriores se obtiene:

Ganancia total de calor sensible

$$Q_{sts} = Q_{sex} + Q_{sin}$$

Ganancia total de calor latente

$$Q_{lts} = Q_{lex} + Q_{lin}$$

Ganancias totales sensibles + latentes es

$$Q_{tss} = Q_{sts} + Q_{lts}$$

Abaco psicométrico

El ábaco o diagrama psicométrico nos especifica las propiedades del aire. Las cuales son humedad específica, humedad relativa, volumen específico, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, punto de rocío y entalpía.

Para el uso en sistemas de climatización el diagrama es una herramienta muy importante. En él se puede representar los procesos de acondicionamiento del aire, como calefacción, refrigeración, humectación, deshumidificación y combinaciones de estos procesos, dando las condiciones iniciales y finales de los mismos.

Unos de los procesos que se representan para climatización es la recta de factor de calor sensible, que deriva del factor de calor sensible de las salas. Este factor nos da las proporciones de calor sensible y latente que ganan las salas. Se calcula como:

$$F_{cs} = \frac{Q_{sts}}{Q_{sts} + Q_{lts}}$$

En el diagrama psicométrico, este factor se observa en la parte derecha del mismo. Donde se ha construido la escala denominada escala de factor sensible. Figura 18.

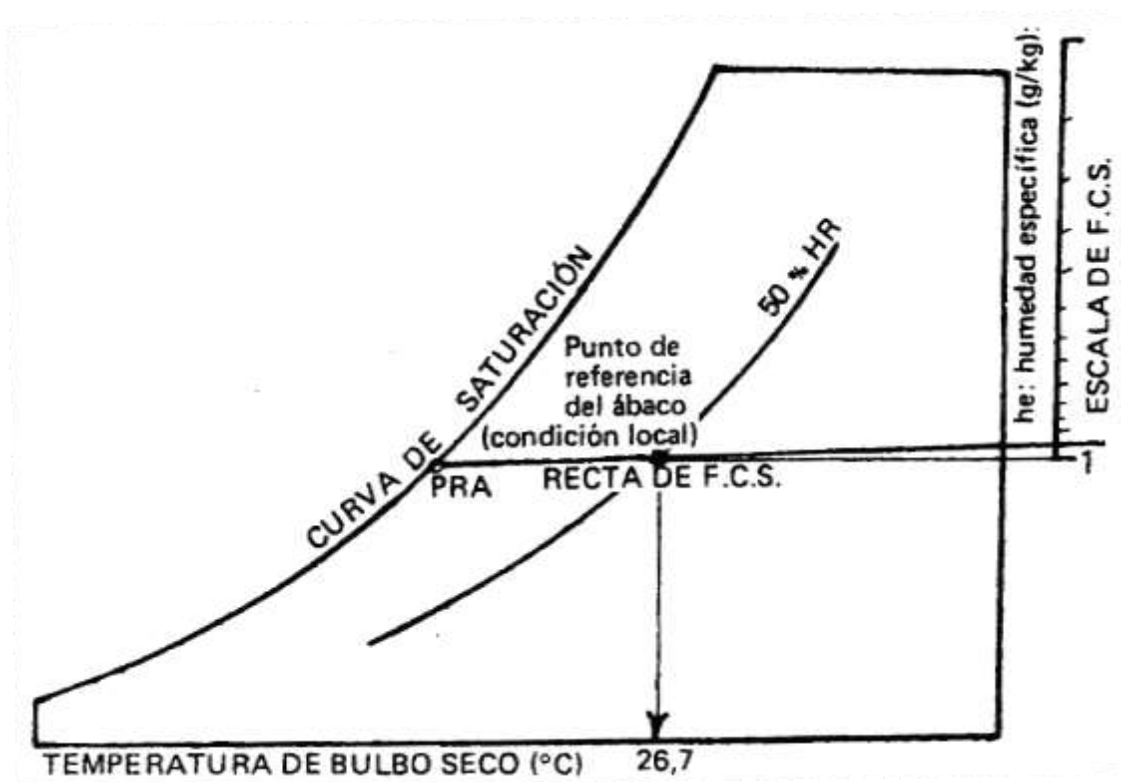


Figura 18. Abaco psicométrico, representación de la recta de factor calor sensible

Esta escala se realiza según condiciones de confort estándar, es decir unas condiciones de temperatura y humedad que representan a un gran porcentaje de personas en un estado confortable. Este estado es un punto en el diagrama y se define como punto de condición del ábaco.

Para representar la recta de factor de calor sensible, debe unirse por medio de una recta el punto de condición de ábaco con el valor del factor de calor sensible en la escala. La recta obtenida nos da la recta de maniobra que representa el proceso de enfriamiento y deshumidificación del aire. Sobre esta recta y a la izquierda del punto de condición del local, se encontrarán los infinitos puntos de estado del aire de entrada al local con la característica de extraer las mismas proporciones de calor sensible y latente que se produzcan.

En el caso de condiciones de diseño diferente a la condición del ábaco, la recta se obtendrá trazando una paralela a esta que pase por el punto de diseño seleccionado.

Si esta misma recta se extiende hasta la curva de saturación se obtiene las condiciones del serpentín de refrigeración denominado punto de rocío del aparato.

Utilizando el ábaco, también se puede obtener mediante los valores de entalpia y el peso del aire circulante las cantidades de calor que intervienen en los diferentes procesos, estos pueden ser sensibles y latentes.

Así se obtiene

$$Q = G \cdot (H_f - H_i)$$

G: Peso del aire, kg/h

H: Entalpia de punto final e inicial de un proceso, kcal/kg

Q: kcal/h

Cargas de térmicas en invierno.

En el análisis térmico de invierno no se tienen en cuenta la incidencia favorable de la cantidad de calor aportadas por personas, iluminación, etc. Por qué se considera la sal en la condición más comprometida.

La carga total de calefacción, está formada por dos factores

Calor necesario para compensar las pérdidas de calor del local que se originan por transmisión

Calor necesario para compensar el aire frío exterior que penetra en forma permanente por el equipo, cumpliendo con los requisitos de ventilación.

De esta forma

$$Q_T = Q_t + Q_{se}$$

Cantidad de calor por transmisión Q_t

Esta cantidad de calor es:

$$Q_t = Q_o(1 + Z_d + Z_h + Z_c)$$

Q_o : pérdida de calor por transmisión de las superficies que limitan el ambiente, en régimen estacionario (kcal/h).

Z_d : mejoramiento por interrupción del servicio.

Z_c : mejoramiento por pérdidas en cañerías de calefacción o conductos de aire caliente %

Z_h : mejoramiento por orientación %.

Perdidas de calor transmisión Q_o

Se calcula según la ecuación de transmisión de calor

$$Q = K \cdot A \cdot (t_i - t_e)$$

La suma de todas las pérdidas individuales de cada uno de los elementos del contorno de la sala representa la pérdida de calor total.

Cantidad de calor por ventilación Q_{se}

Es necesario determinar el calor sensible para elevar la temperatura aire exterior que se introduce en invierno debido a la ventilación.

Este calor se obtiene

$$Q_{se} = 0,29 \cdot Q_{se} \cdot (t_i - t_e)$$

A diferencia de la usada para verano se invierte la diferencia de temperatura

El caudal de aire de suministro se calcula

$$C_s = \frac{Q_t}{0,29 \cdot (t_i - t_e)}$$

En general estos caudales son inferiores a los obtenidos por refrigeración por ende aún mucho menor que los obtenidos por balance de caudales.

2.7.3.2 Cálculo del caudal de suministro por balance térmico

Obtenido el calor sensible total de las salas, se obtiene el caudal de la siguiente fórmula.

$$C_s = Q_{st}/0.29 * (t_i - t_s)$$

C_s: Caudal de suministro m³/h.

Q_{st}: Calor sensible total kcal/h.

t_i= Temperatura interior de diseño °C

t_s= Temperatura de suministro °C

En esta fórmula se tiene como incógnita la temperatura de suministro, se supone su valor tomando como regla general una diferencia de temperatura con respecto a la temperatura interior de diseño de 10°C. Esta temperatura a la vez estará sobre la recta de factor de calor sensible.

2.7.3.3 Balance de caudales

Para la obtención de los diferenciales de presión en cada sala que nos darán el sentido del flujo de aire, debe realizarse un balance de los sistemas de aire. El balance tiene su base en la ecuación de balance de masa de aire, en este caso aplicado a una sala climatizada.

Caudal de aire que ingresa = Caudal de aire que sale

$$C_{suministro} + C_{infiltración} = C_{retorno} + C_{escape} + C_{exfiltración}$$

Esta ecuación asegura que la cantidad de aire que entra a una sala sea igual a la cantidad de aire que sale. La obtención de los caudales debe partir de los definidos por el número de renovaciones horas para obtener el grado de limpieza de cada sala.

Aunque la norma establezca un rango de número de renovaciones de aire por hora para cada cuarto, en algunos casos es necesario superar los cambios establecidos para garantizar el sentido de flujo de aire.

De la ecuación se define

C suministro

Es el caudal de alimentación, la cantidad de aire que se inyecta en una sala. Esta cantidad puede estar definida por balance térmico o por el número de renovaciones hora.

C retorno

Es el caudal que se remueve de la sala y retorna a la UTA o es liberado al exterior.

C infiltración e exfiltración

Son caudales de fuga del flujo de aire de cada sala. Se producen por el diferencial de presión entre dos ambientes.

Infiltración: Caudal de aire que ingresa al local por diferencia de presión

Exfiltración: Caudal de aire que sale del local por diferencia de presión

El perímetro de la puerta es el principal recorrido de estas fugas de aire de las salas. En la práctica se consideran para cada puerta hendiduras promedio de 3 mm entre la puerta y el marco a los lados y en la parte superior y 7 mm a 15 mm en la parte inferior. utilizando la fórmula que se presenta.

$$C_{inf/exf} = 3024 \cdot A \cdot \sqrt{\Delta p}$$

Δp : diferencia de presión entre las salas

C escape

Son los caudales que resultan de extracciones localizadas, en general se aplican en partes puntuales de procesos o maquinas.

Presurización de las salas

La sobrepresión de una sala se realiza equilibrando los caudales de aire de impulsión y de retorno; cerrando las compuertas de regulación del conducto de retorno, o abriendo las de impulsión, sobre presionamos la sala y actuando de forma contraria la de presionamos.

La diferencia entre los caudales de impulsión y los de retorno determina el caudal de fuga del sistema, el cual deberá ser compensado aportando aire del exterior.

En las Figuras 20 y 21, se muestran el balance de aire para los casos de presión positiva y negativa en las salas.

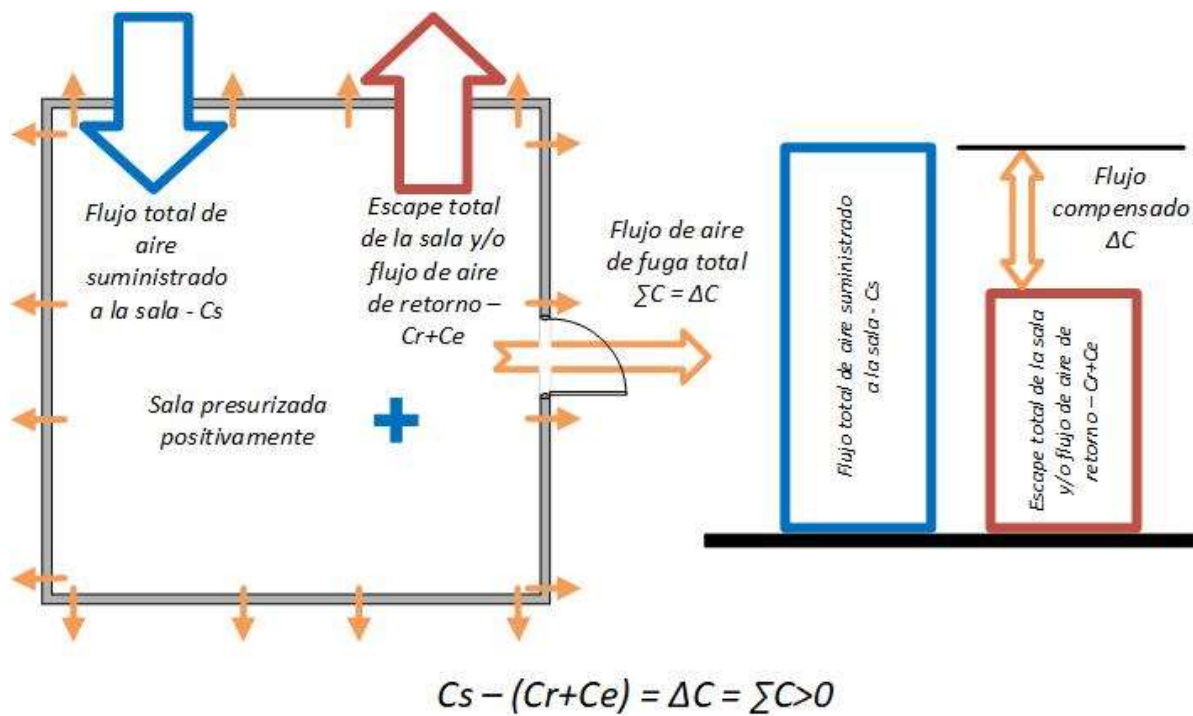


Figura 20. Presurización positiva

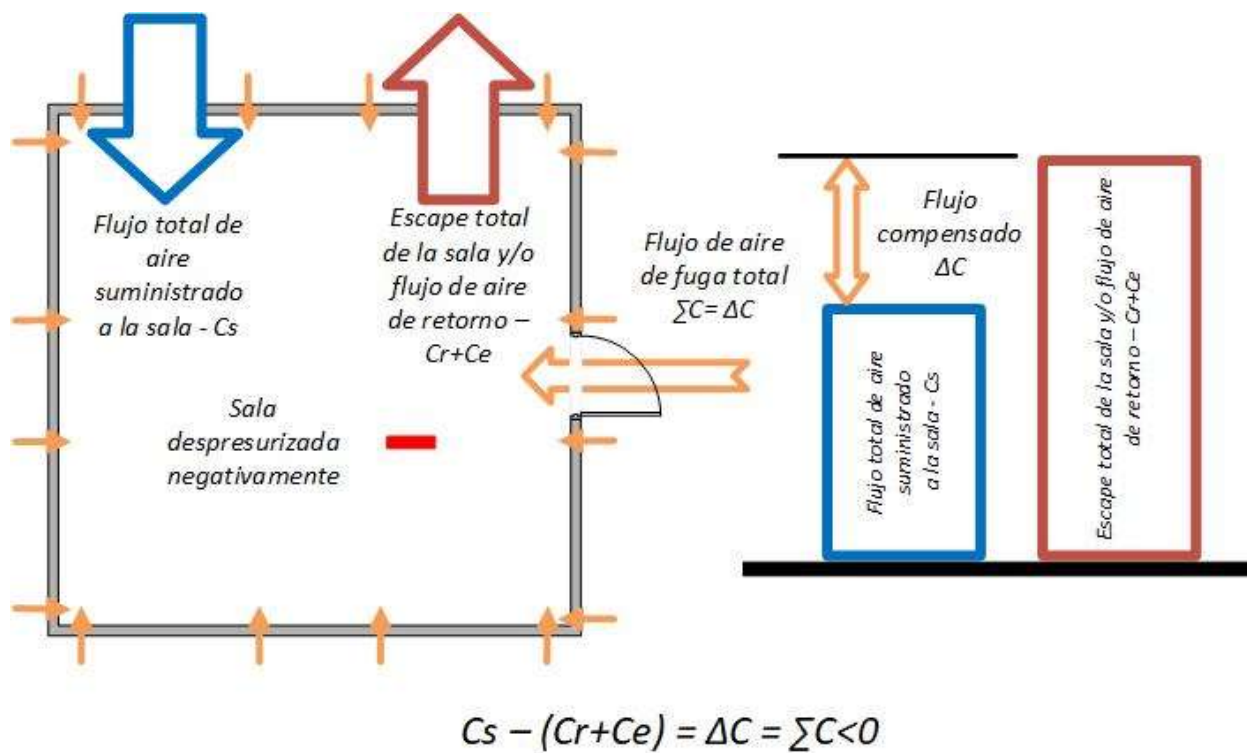


Figura 21. Presurización negativa.

2.7.3.4 Selección de caudal de suministro

Para la selección del caudal de suministro se debe hacer una comparación entre el caudal que surge del balance térmico de las salas y el balance por números de renovaciones, y el elegir el mayor de ellos. De esta manera se garantizará las condiciones de temperatura y humedad de las salas como así también el número de renovaciones hora, las presiones diferenciales, la limpieza de la sala y el control de flujo de aire.

En las salas farmacéuticas las cargas térmicas no son elevadas por lo cual el caudal mayor es en general el caudal que surge del número de renovaciones.

2.7.3.5 Condiciones de caudal de suministro. Procesos psicrométricos.

El caudal de suministro que se aportará a las salas por medio de la unidad de tratamiento de aire, debe ser sometido a procesos psicrométricos para alcanzar las condiciones de diseño que le permitan obtener los efectos deseados en las salas, tanto en proceso de refrigeración y calefacción.

Se parte como condición inicial, la del ambiente exterior ya que es el aire exterior el primeramente tratado. Estas condiciones se toman para el diseño como las más desfavorables que se producen en verano como en invierno.

Se describe las etapas de los procesos se someterá el aire para su acondicionamiento tanto en refrigeración como en calefacción indicando la temperatura y humedad para cada punto.

Proceso de refrigeración. Figura 22

El proceso parte de la toma del aire exterior (T_{ae} : Temperatura de aire exterior) sometiéndolo a un proceso de refrigeración, en el cual al pasar por un serpentín de enfriamiento se disminuirá la temperatura (T_{ss} : temperatura salida de serpentín) y la humedad específica (h_{ss} : humedad específica salida de serpentín) del mismo. Si el proceso no requiere precalentamiento se suministrará el aire en estas condiciones en la sala (T_{sum} : temperatura de suministro).

En el caso para las salas que se considera, salas limpias para producción farmacéuticas, al ser la cantidad de aire a impulsar elevada (en relación a la necesaria solo para suplir las cargas térmicas) se debe realizar un precalentamiento del aire, de forma de que no se produzca un subenfriamiento de las salas con presencia de

condensación de agua en las superficies. Este precalentamiento puede realizarse sometiendo al aire a otro serpentín de calefacción o un calentamiento por medio de resistencias eléctricas. Se obtiene así un aire de suministro (T_{sum} : temperatura de suministro)

Este mismo proceso se repite en el caso de sistemas que solo utilicen aire exterior, en casos de sistemas de recirculación, el aire de retorno se mezcla con un porcentaje de aire fresco definido para la ventilación y se obtiene la condición de aire de mezcla (T_m : temperatura de mezcla).

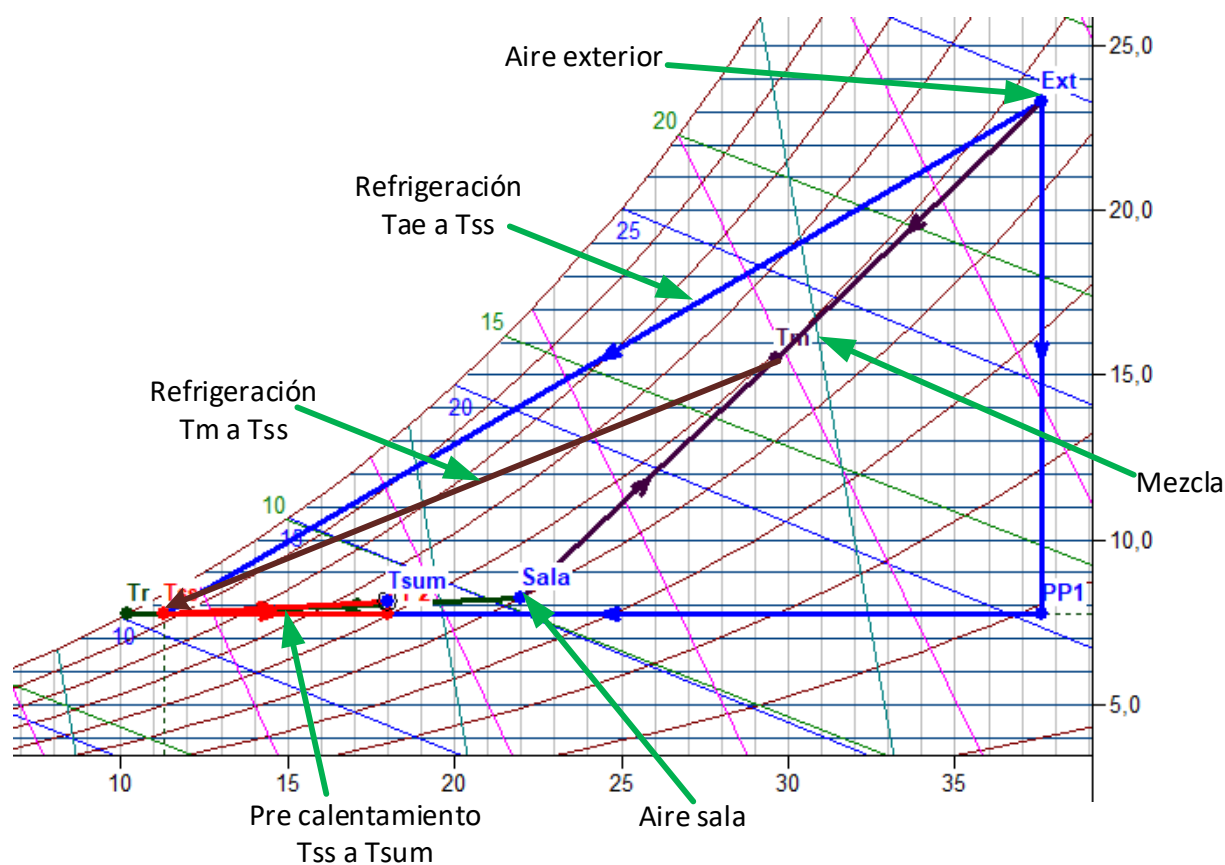


Figura 22. Procesos de refrigeración.

Proceso de calefacción. Figura 23

Partiendo de la condición de aire exterior en invierno (Texinv: temperatura exterior de invierno), se somete al mismo a un serpentín de calefacción en el cual se obtiene aire a una mayor temperatura. Este aire que se calienta por medio un calentamiento sensible, es decir solo se aumenta la temperatura de bulbo seco disminuye en forma notoria su humedad relativa, lo cual si es ingresado a las salas producirá efectos desagradables para el personal. Por lo cual para prevenir esta condición se realiza una humectación del aire, agregando humedad por medio de un proceso a entalpía constante. La humidificación a través del agua requiere una capacidad sensible considerablemente mayor para calentar el aire de modo que pueda absorber el agua como humedad, manteniendo al mismo tiempo la entalpía (= contenido de calor) constante.

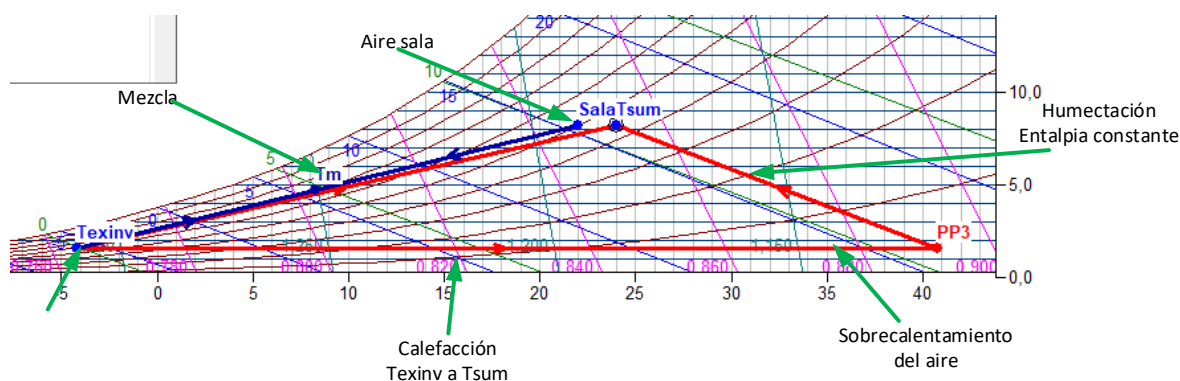


Figura 23. Procesos de calefacción y humectación.

2.7.3.6 Potencia de refrigeración y de calefacción.

Una vez definido el caudal necesario en cada sala hay que obtener la potencia frigorífica y calorífica necesarias para tratar el aire y dimensionar las baterías de las UTAs.

Se utiliza las siguientes formulas

$$\begin{aligned}
 Pot. \text{ sensible} &= 0.29 * C_s * (T_m - T_{ss}) && \text{kcal/h} \\
 Pot. \text{ latente} &= 0.71 * C_s * (h_m - h_{ss}) && \text{kcal/h} \\
 Pot. \text{ total} &= 1.18 * C_s * (H_m - H_{ss}) && \text{kcal/h}
 \end{aligned}$$

Donde

T_m : Temperatura de la mezcla

T_{ss} : Temperatura salida de serpentín.

h_m : Humedad específica de la mezcla.

h_{ss} : Humedad salida de serpentín.

H_m : Entalpia de la mezcla.

H_{ss} : Entalpia salida de serpentín.

2.8 Sistema HVAC elementos para la distribución del aire

Consiste en un conjunto de componentes y equipos dispuestos para transportar aire previamente acondicionado en las UTAs a cada sala y retornarlo a las unidades de extracción. Son conductos, reguladores de caudales, filtros de aire, difusores rejillas etc.

El movimiento del aire se logra debido a las diferencias de presiones totales de dicho aire entre dos puntos, en el sentido de disminución de las mismas, dicha disminución vendrá dada por las pérdidas por rozamiento del aire con las paredes del conducto, ocurridas en los tramos rectos del mismo, así como por las pérdidas por turbulencias locales, producto de los cambios de dirección (codos y derivaciones) y obstrucciones que encuentre el aire en su recorrido.

La carga total a la entrada del ventilador deberá vencer las pérdidas en el conducto, rejillas, la provocada por la batería y los filtros.

Se debe proyectar teniendo en cuenta las siguientes consideraciones.

- Espacio disponible.
- Perdidas por rozamiento.
- Niveles de ruido.
- Pérdidas o ganancias de calor y fugas.

Se puede dividir el sistema de distribución en dos partes.

- ✓ Sistemas de conductos.
- ✓ Sistema de distribución de aire dentro de los espacios acondicionado.

Sistemas de conductos.

Los sistemas de conducto de impulsión y retorno se clasifican según la velocidad y presión de aire dentro de ellos.

- Velocidad:

Existen sistemas de baja velocidad y alta velocidad. Se considera los siguientes parámetros.

- Baja velocidad: hasta 12 m/s
- Alta velocidad: mas 12 m/s

Para el retorno de aire se proyectan siempre como sistemas de baja velocidad.

- Presión:

los sistemas de distribución de aire se dividen en tres categorías en cuanto a la presión de aire en los conductos: Baja, media y alta presión. Esta clasificación corresponde a misma que utilizan los ventiladores, que se clasifica como clase I, II y III en la forma siguiente:

- Baja presión, o clase I –Hasta 90 mm c.a.
- Media presión, o clase II – desde 90 mm hasta 180 mm c.a.
- Alta presión, o clase III – desde los 180 mm hasta 300 mm c.a.

Método de calculo

Existen diferentes métodos para el cálculo de los sistemas de distribución de aire, los más usados son:

- ✓ Método de Reducción de Velocidad.
- ✓ Método de pérdida por fricción por unidad de longitud constante.
Se recomienda para el método de carga constante para conductos de retorno y extracción de aire.
- ✓ Método de Recuperación Estática

Se describirá el método por pérdidas de fricción por unidad de longitud el cual se utiliza en nuestros cálculos.

2.8.1 Método de pérdida por fricción por unidad de longitud

Este método se utiliza en los conductos de impulsión, retorno y extracción de aire, y busca que todos los conductos tengan la misma pérdida de carga por unidad de longitud. Es preferible al método de reducción de velocidad en trazados simétricos porque no requiere compensaciones adicionales. Sin embargo, en instalaciones con tramos cortos y largos, los tramos cortos necesitan mucho amortiguamiento, lo que dificulta el equilibrio del sistema.

El procedimiento común es elegir una velocidad inicial en el conducto principal cerca del ventilador, basada en el nivel de ruido. Luego, se usa gráficos para determinar la pérdida de carga por unidad de longitud, que debe mantenerse constante. El diámetro del conducto circular equivalente se obtiene por tablas. Para simplificar los cálculos, se puede usar una tabla que proporciona resultados equivalentes al gráfico de pérdidas de carga.

Con los datos se seleccionan las dimensiones del conducto rectangular. Este método reduce automáticamente la velocidad del aire en la dirección del flujo. Para determinar la pérdida de carga total que debe superar el ventilador, se calcula la pérdida en el tramo con mayor resistencia, incluyendo, accesorios, baterías para intercambio térmico, filtros, sobrepresiones etc.

2.8.2 Elemento de los sistemas de distribución de aire.

Los elementos que participara en el sistema HVAC para la distribución del aire desde las UTA a las salas son los siguientes

Red de conductos

Se trata de una red de pasajes de aire distribuidos por todo un edificio, conectados a un ventilador, que tienen el propósito de suministrar, devolver o dejar escapar/extraer aire, introduciéndolo en distintas zonas y salas de un edificio o sacándolo de estas. Estos conductos pueden estar contruidos de metal, plástico, materiales de construcción del edificio, planchas de fibra de vidrio o una combinación de estos materiales. Para la mayor parte de las aplicaciones farmacéuticas, se recomienda el uso de redes de conductos de metal.

Regulador

Un regulador es una válvula para controlar el flujo de aire dentro de la red de conductos. Consiste en un elemento móvil que puede ser una placa, un émbolo o una vejiga que se abre o se cierra para regular el flujo de aire. Los reguladores pueden utilizarse para ajustar el flujo de aire de entrada y salida de salas específicas (para equilibrar el flujo de aire) y para controlar el aire fresco o el aire de retorno en la UTA.

Celosía de ventilación

Una celosía de ventilación es un ensamble de paletas inclinadas, por lo general en una posición fija, que tiene el propósito de permitir el paso de aire y, a la vez, inhibir el paso de gotitas de agua desde el exterior hacia los sistemas de aire. También pueden

encontrarse celosías de ventilación en las redes de conductos de aire de retorno en las interfaces de salas.

Difusor, registro y rejilla

Las rejillas de entrada o salida para la distribución del aire están compuestas de hojas, placas o paletas que tienen el propósito de dirigir en un patrón deseado el flujo de aire que entra en un espacio o sale de él. Por lo general las rejillas se caracterizan según su patrón de distribución, de 1 a 4 direcciones (las rejillas de "deflexión" simple o dobles son comunes), y su distancia de proyección con determinado flujo de aire (el alcance).

Los registros son rejillas que además tienen un regulador para controlar el flujo de aire acoplado del lado oculto.

Los difusores son salidas de aire, ensambladas a partir de una serie de paletas y placas, diseñadas, por lo general, para mezclar el aire de suministro con el aire de la sala, a fin de minimizar las corrientes y maximizar la dilución. Una excepción es el difusor no aspirante, que está diseñado para proporcionar la misma velocidad de descarga en todas las direcciones con una mezcla mínima. Los difusores, como las rejillas y los registros, se caracterizan por su patrón de descarga, que puede ir de 1 a 4 direcciones (soplo único o cuádruple). Todos los difusores se encuentran, por lo general, en el cielorraso y están ubicados para distribuir el aire de la manera más uniforme posible en todo el espacio.

CAPITULO 3: Análisis y Desarrollo

3.1 Introducción. Historia del proyecto.

La planta farmacéutica Laboratorios ION, se dedica a la fabricación de productos farmacéuticos y cosméticos “No Estériles”. Dicha planta actúa en la modalidad fasón, por lo cual debe estar preparada para la fabricación de múltiples productos.

Dado su desarrollo y crecimiento constante debido a la llegada de nuevos productos y al aumento de la producción, en los últimos años ha modificado y ampliado sus instalaciones.

Este crecimiento lógicamente ha tenido su impacto sobre el actual Sistema de Tratamiento de Aire, por lo cual se requiere de un re-diseño del mismo basado en las normas que rigen la industria farmacéutica GMP (Buenas Prácticas de Manufactura) elaboradas por la Organización Mundial de la Salud e implementadas en Argentina por ANMAT (Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica) a través de INAME (Instituto Nacional de Medicamentos).

Actualmente el Sistema de Tratamiento de Aire se encuentra sobrepasado en su capacidad, no logrando cumplir en forma satisfactoria con la demanda de la planta.

El sistema de HVAC está formado por dos UTA:

UTA 1 Área de líquidos, Blisteados y Cobertura: que comprende los locales de manufactura y envasado de líquidos cosméticos y medicinales, área de cobertura y blisteados, sala de pesadas medicinales y pasillo central más las esclusas de cada sala. El sistema posee conductos de inyección en todas las salas. La extracción de aire ambiente de las salas de manufactura y envasado de líquidos es expulsada al exterior pasando por filtro de carbón activado. El aire extraído de las salas de cobertura y blisteados se hace pasar por prefiltros y retorna al equipo.

UTA 2 Área de Sacarina: comprende los locales de manufactura y envasado de sacarina y salas de pesada de cosméticos. El sistema posee conductos de inyección y retorno de ambos locales. Es un sistema de recirculación, con equipos extractores de polvo para las salas de pesadas y aspiradoras para extracciones localizadas.

En las salas de pesadas para la inyección de aire se ha dispuesto de un filtro HEPA.

En el Anexo 1 se muestra la distribución actual del sistema de aire y en el Anexo 2 la zonificación de las salas también actuales.

Con esta distribución actual del sistema de tratamiento de aire, los problemas que surgen son:

- Unidades climatizadoras sin caudal de suministro suficiente para las salas que alimenta.
- Imposibilidad de cumplir con las renovaciones de aire especificada para cada sala.
- La capacidad de refrigeración y calefacción instalada es insuficiente para cubrir las necesidades de temperatura y humedad relativa tanto para el producto como para el confort del personal.
- No se obtiene los diferenciales de presión en las salas para prevenir la contaminación cruzada.
- La distribución del aire es mala, encontrándose un alto porcentaje de zonas no climatizadas.
- No cumplimiento de normativas GMP.

3.2 Descripción del proyecto.

Teniendo en cuenta los problemas presentes y con perspectivas de obtener un sistema de tratamiento de aire confiable que se adecue a la normativa vigente y a la vez sea flexible a posibles modificaciones del layou de planta, se propone un nuevo diseño del sistema de tratamiento de aire en toda el área productiva.

El proyecto propone.

- Modificar la zonificación de la planta con respecto a las UTAs.
- Sumar UTAs según la zonificación definida.
- Modificación de la red de conductos tanto para suministro como para extracción del aire.

3.3 Objetivos, general y específicos.

Generales:

Diseñar un sistema de tratamiento de aire del área productiva, para el control de los parámetros ambientales, de forma proteger al producto al personal y al

medioambiente. Previene la contaminación de los productos y obteniendo el confort personal.

Específicos:

- Control de los parámetros ambientales, temperatura humedad.
- Cumplir con el número de renovaciones hora, para obtener los niveles de limpieza deseados.
- Suministrar aire de la calidad necesaria para la protección de los productos y personal.
- Ventilación adecuada para el confort del personal.
- Definición de las presiones diferenciales en cada sala para el direccionamiento del flujo de aire.

3.4 Proceso de Diseño.

Las salas comprendidas para el suministro de aire son las siguiente

Salas

- 1 Manufactura de líquidos cosméticos (MLC)
- 2 Esclusa vestuario manufactura de líquidos cosméticos (EsVMLC)
- 3 Manufactura de líquidos medicinales (MLM)
- 4 Esclusa vestuario manufactura de líquidos medicinales (EsVMLM)
- 5 Envasado líquidos cosméticos (EsLC)
- 6 Envasado líquidos medicinales (EsLM)
- 7 Esclusa vestuario envasado líquidos medicinales (EsVELM)
- 8 Esclusa materiales líquidos medicinales y cosméticos (EsMLCyLM)
- 9 Salas de pesadas medicinales (SPM)
- 10 Esclusa vestuario salas de pesadas medicinales (EsVSPM)
- 11 Esclusa materiales salas de pesadas medicinales (EsMSPM)
- 12 Área de cobertura (AC)
- 13 Esclusa vestuario área de cobertura (EsVAC)
- 14 Esclusa materiales área de cobertura (EsMAC)
- 15 Área de blistado (AB)
- 16 Esclusa vestuario área de blistado (EsVAB)
- 17 Esclusa materiales área de blistado (EsMAB)

- 18 Envasado de sacarina (ES)
- 19 Esclusa vestuario envasado de sacarina (EsVES)
- 20 Exclusa materiales envasado de sacarina (EsMES)
- 21 Manufactura de sacarina (MS)
- 22 Esclusa vestuario manufactura de sacarina (EsVMS)
- 23 Esclusa materiales manufactura de sacarina (EsMMS)
- 24 Depósito de fraccionado (DF)
- 25 Sala de pesada cosméticos (SPC)
- 26 Pre área de pesadas (PAP)
- 27 Lavadero (LV)
- 28 Esclusa vestuario sala de pesadas (EsVSP)
- 29 Pasillo central (PC)
- 30 Esclusa vestuario damas (EsVD)
- 31 Esclusa vestuario caballeros (EsVC)
- 32 Esclusa de materiales general (EsMG)

3.4.1 Temperatura y humedad.

Según las condiciones de confort necesarias para el personal y protección del producto se definen las siguientes condiciones de temperatura y humedad.

Tabla 15. Condiciones de diseño de temperatura y humedad

	Temperatura	Humedad Relativa
Área de producción de líquidos	22 +/- 2°C	<50%
Área de producción de sólidos	22 +/- 2°C	<50%

3.4.2 Definición clasificación de salas.

La empresa elabora formas farmacéuticas sólidas, líquidas, semisólidas no estériles.

Los grados de limpieza o clasificación de las áreas de producción definidas para este tipo de productos según el Anexo 9 de la disposición DI-2023-64216567-APN-INAME del ANMAT son:

- Grado de limpieza de las áreas destinadas a sólidos no estériles incluyendo esclusas, pasos, vestuarios y pasillos de circulación interna debe cumplir como mínimo Clase o Grado D (ISO 8, según ISO 14644-1) en reposo, para partículas no viables de 0.5um y 5um.
- Grado de limpieza de las áreas destinadas a líquidos y semisólidos no estériles incluyendo esclusas, pasos, vestuarios y pasillos de circulación interna debe cumplir como mínimo Grado D o C (ISO 8, según ISO 14644-1) en reposo, para partículas no viables de 0.5um y 5um.

Se define la siguiente tabla que nos da las clases para cada sala.

Tabla 16. Clasificación de salas

	Grado de Clasificación	
	Norma GMP UE	Norma ISO 14644-1
Salas de manufactura, más esclusas	C	ISO 8
Salas de pesadas, más esclusas	C	ISO 8
Salas de envasado, más esclusas	D	Controlado No Clasificado
Pasillo central más vestuarios y exclusa	D	Controlado No Clasificado

3.4.3 Mapa de zonificación.

Teniendo en cuenta los productos fabricados y sus procesos, las salas de producción se agruparán para definir las zonas de climatización de la siguiente manera. Se muestra en el Anexo 3 la zonificación propuesta.

Zona 1: UTA-1 Manufactura de líquidos cosméticos (MLC)

Esclusa vestuario manufactura de líquidos cosméticos (EsVMLC)

Manufactura de líquidos medicinales (MLM)

Esclusa vestuario manufactura de líquidos medicinales (EsVMLM)

Envasado líquidos cosméticos (ELC)

Envasado líquidos medicinales (ELM)

Esclusa vestuario envasado líquidos medicinales (EsVELM)

Esclusa materiales líquidos medicinales y cosméticos (EsMLCyLM)

Salas de pesadas medicinales (SPM)

Esclusa vestuario salas de pesadas medicinales (EsVSPM)

Esclusa materiales salas de pesadas medicinales (EsMSPM)

Zona 2: UTA-2 Área de cobertura (AC)

Esclusa vestuario área de cobertura (EsVAC)

Esclusa materiales área de cobertura (EsMAC)

Área de blisteado (AB)

Esclusa vestuario área de blisteado (EsVAB)

Esclusa materiales área de blisteado (EsMAB)

Zona 3: UTA-3 Envasado de sacarina (ES)

Esclusa vestuario envasado de sacarina (EsVES)

Esclusa materiales envasado de sacarina (EsMES)

Manufactura de sacarina (MS)

Esclusa vestuario manufactura de sacarina (EsVMS)

Esclusa materiales manufactura de sacarina (EsMMS)

Zona 4: UTA-4 Depósito de fraccionado (DF)

Sala de pesada cosméticos (SPC)

Pre área de pesadas (PAP)

Lavadero (LV)

Esclusa vestuario sala de pesadas (EsVSPC)

Zona 5: UTA-5 Pasillo central (PC)

Esclusa vestuario damas (EsVD)

Esclusa vestuario caballeros (EsVC)

Esclusa de materiales general (EsMG)

3.4.4 Sistema HVAC para cada Zona.

Se define los tipos de sistemas HVAC para cada zona.

Tabla 17. Tipos de sistemas HVAC aplicados a cada zona.

ZONAS	CARACTERISTICAS	SISTEMA	%AIRE EXTERIOR	EXTRACCION
ZONA 1	Producción de líquidos cosméticos y medicinales, uso de solvente alcohol Sala de pesada medicinales	Paso único	100	Aire de salas de producción extracción paso por prefiltros y filtro de carbón activado.
ZONA 2	Sala de cobertura, envasado y blisteado	Recirculación	20	Aire de retorno pre filtrado.
ZONA 3	Manufactura y envasado de sacarina	Recirculación	20	Aire de retorno pre filtrado.
ZONA 4	Sala de central de pesada, depósito de fraccionado	Paso único	100	Sala de pesada cosméticos extracción por colector de polvo
ZONA 5	Pasillo central y vestuarios, esclusa de materiales.	Recirculación	15	Aire de retorno pre filtrado.

3.4.5 Diferencial de presión, dirección de flujo de aire.

El gradiente de DP para las salas se diseña para contener el producto en las salas de producción, manteniendo el pasillo central limpio.

En las esclusas de vestuario como de materiales, la presión es mayor que en el pasillo central y también mayor a las salas de producción logrando evitar una migración de productos de los locales de trabajo. Se utiliza el diseño de burbuja.

Se define en la siguiente tabla los niveles de presión.

Tabla 18. Presiones aplicadas en salas.

Salas de elaboración y envasado	Esclusas	Pacillo central
20 Pa	30 Pa	20 Pa

En el Anexo 4, se da un mapeo de las presiones diferenciales y Anexo 5 la dirección de flujo de aire que se pretende obtener.

3.4.6 Renovaciones de aire

Según la clasificación de las salas se tomará como base de diseño los siguientes números de renovaciones.

Tabla 19. Renovaciones según clasificación de salas

Clasificación de la Sala	Renovaciones mínima / hora
C	25
D	20

Aunque la norma recomiende un rango en el número de renovaciones horas, en algunos casos es necesario superar los cambios establecido, para cumplir con los diferenciales de presiones entre salas adyacentes y garantizar el sentido de flujo de aire establecido.

3.4.7 Requisitos del usuario.

En el Anexo 6 se agrupan todos los requisitos y parámetros de diseño que hemos propuesto para cada sala y zona que comprenderá el sistema de tratamiento de aire.

3.5 Balance térmico.

Se realiza el cálculo de las ganancias térmicas en verano y pérdidas en invierno. Para ello se tiene en cuenta las cargas de origen interno y externo.

A partir de estos datos se obtiene el caudal mayor que surge de los dos balances verano e invierno.

3.5.1 Cargas internas

Se tienen en cuenta las cargas sensibles y latentes generadas por el personal, iluminación, máquinas y equipos.

En el Anexo 7 se detallan para cada zona, junto con los detalles del cálculo. En la siguiente tabla se resumen los datos

Tabla 20. Cargas térmicas sensibles y latentes para cada zona.

	Q sensible (kcal/h)	Q latente (kcal/h)
Zona 1	11042	710
Zona 2	10832	237
Zona 3	13546	237
Zona 4	161	118
Zona 5	184	59

3.5.2 Condiciones de diseño ambientales exteriores.

Definida anteriormente las condiciones de diseño interior de las salas de producción, se definen las condiciones de diseño ambientales exteriores para verano e invierno.

Se toman los datos climáticos registrados por las normas IRAM, que para nuestro proyecto es:

Ciudad de San Luis - Argentina,

Según IRAM 11603 "Acondicionamiento térmico de edificios"-Clasificación bioambiental de la República Argentina.

TDMAX: Temperatura de diseño máxima.

TDMN: Temperatura de diseño mínima.

HR: Humedad relativa media mensual.

Se presentan los datos en la siguiente tabla

Tabla 21. Condiciones de diseño ambientales exteriores,

Ciudad	Altitud	Condiciones de Verano		Condiciones de Invierno	
		TDMX	HR	TDMIN	HR
	m	°C	%	°C	%
San Luis	713	37.6	56.4	-4.2	59

Orientación de la planta. Ver Anexo 8.

3.5.3 Cálculos de transmitancia.

En base a la norma IRAM 11601 "Aislamiento térmico de edificios" -Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario, se obtiene los valores de transmitancia para muros y techos que componen la planta.

Tabla 22. Transmitancia de muros, techos y ventana.

	Referencia de cálculo	Transmitancia (kcal/h.m ² .°C)
Muros externo	Anexo 9	0.50
Muros internos	Anexo 9	2.16
Techos	Anexo 9	0.92
Ventanas	Tabla A5-IRAM 11601	5.00

3.5.4 Cálculo de ganancia y pérdidas de calor.

Según la orientación de la planta se define el diferencial de temperatura equivalente y la intensidad de radiación solar, necesarios para el cálculo de las ganancias de calor provenientes del ambiente exterior.

Tabla 23. Definición de Δt equivalente para muros expuestos al ambiente exterior.

Orientación muros	Transmitancia muros – kcal/h.m ² .°C	Hora	Δt equivalente - °C
SE	0.5	15	11
NO	0.5	15	7

Tabla 24. Definición de la intensidad de la radiación solar

Orientación	Hora-Latitud	Intensidad de radiación solar – kcal/h.m ²
SE	15 – 35°	38
NO	15 – 35°	427

Dimensiones de áreas en cada Zona a climatizar, se extrae las superficies expuestas al intercambio de calor. Ver Anexo 10.

Se resumen en la siguiente tabla los datos obtenidos para cada zona.

Tabla 25. Ganancia y pérdida de calor para cada zona.

	*Ganancia de calor	Perdidas de calor
	kcal/h	kcal/h
ZONA 1	3454	7207
ZONA 2	1864	2355
ZONA 3	4555	4485
ZONA 4	1223	2180
ZONA 5	1843	2905

* Se adiciona un 10% de la ganancia total por los conductos.

Ganancia y pérdidas totales de calor: internas + externas.

Se hace el cálculo de los caudales de suministro para cada condición. En la siguiente tabla se resumen los datos.

Tabla 26. Cargas térmicas totales y caudales.

ZONAS	Qs total Refrigeración kcal/h	Caudal de Refrigeración m ³ /h	Qs total Calefacción kcal/h	Caudal de Calefacción m ³ /h
Zona 1	14496	4999	7207	2485
Zona 2	12697	4378	2355	812
Zona 3	18101	6242	4455	1547
Zona 4	1384	477	2180	752
Zona 5	2030	700	2905	1002

Como puede verse los valores que resultan de los balances térmicos en general los caudales mayores de suministro se presentan las instancias de refrigeración, verano, con excepción de las Zonas 4 y 5. En las cuales prevalece los caudales para calefacción. Estos caudales se compararán con los caudales que resulten del balance de caudales por número de renovaciones, el mayor de estos para cada zona será el seleccionado. En los Anexos 11 se muestran las planillas de balance térmico en las condiciones de verano e invierno. para cada zona.

3.6 Balance de caudales

Se realiza el balance de caudales, teniendo en cuenta la cantidad de aire suministrado y el extraído para cada Zona.

$$C_{suministro} + C_{infiltración} = C_{retorno} + C_{escape} + C_{exfiltración}$$

En el cálculo de fugas de aire (infiltraciones e exfiltraciones) se considera que las fugas de aire entre salas adyacentes y esclusas con diferencial de presión se realiza por los perímetros de las puertas que las limitan.

La planta consta de dos tipos de puertas, simple y doble.

Puerta simple: 2 x 0.8

Puerta doble: 2 x 1.6

Las hendiduras sobre los perímetros entre el marco y la puerta se definen:

Laterales y parte superior: 3 mm

Parte inferior: 10 mm

Para puerta dobles: 3 mm en la unión entre las dos hojas.

El área de fugas para cada puerta será entonces

Puerta simple: 0.025 m²

Puerta doble: 0.040

En el anexo 12 se muestra los cálculos realizados para cada sala y zona.

Se resumen los datos en la siguiente tabla.

Tabla 27. Balance de caudal para cada zona.

	Caudal suministro m ³ /h	Caudal infiltración m ³ /h	Caudal ex filtración m ³ /h	Caudal Retorno m ³ /h	Caudal a perdida m ³ /h
ZONA 1	14212	0	6071	7898	7898
ZONA 2	8989	0	1261	7511	320
ZONA 3	9548	0	1262	7869	231
ZONA 4	3052	383	648	2079	2079
ZONA 5	4460	4208	2158	7236	0

Los caudales de infiltraciones y ex filtraciones se refieren a los caudales relacionados con zonas adyacentes

3.7 Caudales de suministro - Cs

Se realiza una comparación de los caudales obtenidos por “Balance térmico” y el “Balance de Caudales por número de renovaciones”, se selecciona el caudal mayor para cada zona. De esta forma se asegura cumplir con el aire necesario para cubrir las cargas térmicas, las renovaciones horarias necesarias para la limpieza de las salas, la obtención presiones diferenciales y la dirección de flujo de aire.

Tabla 28. Comparación y selección de caudales de suministro.

ZONAS	Cs- Cargas térmicas m ³ /h	Cs- Renovaciones m ³ /h	Cs- Seleccionado m ³ /h
1	4999	14213	14213
2	4378	8989	8989
3	6242	9548	9548
4	752	3052	3052
5	1002	4460	4460

3.8 Proceso psicométricos.

Con el uso del diagrama psicométrico, se describe los procesos de acondicionamiento que se realizan para el caudal de aire suministrado en cada zona. Se utiliza el software Daikin para la descripción de los procesos en el diagrama psicométricos.

Como puede verse los caudales de suministro de aire son mucho mayores que los caudales que solo se suministran para suplir las cargas térmicas de cada zona. Si se suministra aire con estos caudales que resultan del balance por número de renovaciones a temperatura de impulsión comunes en la cuales se toman diferenciales de temperatura entre los 8 a 10 °C, se tendrían problemas de subenfriamiento de zonas y condensación de agua sobre las superficies.

Para prevenir estas situaciones el proceso de refrigeración del aire estará seguido de un precalentamiento a temperatura y humedad de impulsión adecuada para cada zona.

El proceso será:

- Refrigeración desde el punto de mezcla del aire entre retorno y aire exterior (en el caso de sistema 100% aire exterior, será desde las condiciones de diseño exterior) hasta la temperatura de salida del serpentín de refrigeración. Este punto estará definido por el factor de calor sensible de cada zona y el factor del bypass del serpentín.

- Precalentamiento desde el punto de salida del aire del serpentín de refrigeración hasta la temperatura y humedad de impulsión. Esta calefacción se obtendrá por medio de un segundo serpentín de calefacción.
- Calefacción, de la misma manera se considera la mezcla del aire entre la condición de retorno y la exterior. Se calefacción el aire hasta obtener el valor de entalpia del punto de impulsión. Luego a partir de este punto se humidifica el aire hasta la temperatura de impulsión. Esta humidificación es debida a que a medida que se calienta el aire se reduce la HR% del mismo.

En los anexos 13 se muestra los mapeos psicrométricos, los puntos psicrométricos y los procesos con las capacidades frigoríficas y de calefacción para cada zona. Estos mapeos se obtienen mediante el uso del programa Daikin Psicrométrico.

3.9 Potencias frigoríficas y caloríficas de las baterías

Para la obtención de potencia o capacidades se aplica las siguientes formulas.

$$Pot. sensible = 0.29 * C_s * (T_m - T_{ss}) \quad kcal/h$$

$$Pot. latente = 0.71 * C_s * (h_m - h_{ss}) \quad kcal/h$$

$$Pot. total = 1.18 * C_s * (H_m - H_{ss}) \quad kcal/h$$

Se compara realizando la conversión a kw con los valores obtenidos por el programa Daikin. Se resumen los datos en la siguiente tabla.

Tabla 29. Potencia de refrigeración por calculo tradicional

	Potencias en proceso de refrigeración (kW)			
	Total	Sensible	Latente	Precalentamiento
Zona 1	324	124	196	32
Zona 2	56	39	24	16
Zona 3	67	42	25	11
Zona 4	70	27	43	9
Zona 5	28	19	10	13

Tabla 30. Potencia de refrigeración por calculo con software. Programa Daikin

	Potencias en proceso de refrigeración (kW)			
	Total	Sensible	Latente	Pre calentamiento
Zona 1	311	124	186	33
Zona 2	62	39	22	16
Zona 3	65	41	23	11
Zona 4	67	27	40	10
Zona 5	27	18	9	14

Los procesos de calefacción y humectación en invierno intervienen las siguientes capacidades.

Tabla 31. Potencias proceso de calefacción y humectación.

	Potencias en proceso de calefacción y humectación.(kW)			
	Total	Sensible	Latente	Hum x Agua g/s
Zona 1	213	134	78	31.5
Zona 2	30	20	10	4.3
Zona 3	35	23	11	4.5
Zona 4	46	29	16	6.8
Zona 5	13	9	4	1.6

Como se puede observar si se comparan los valores obtenidos por el método del cálculo y el programa Daikin se encuentran diferencias en los valores (entre 1 al 3.5%).

Al considerar que el programa tiene en cuenta valores más precisos de las condiciones del aire, se adopta por los valores de potencias que en él se especifican.

3.10 Configuración de UTAs

Las configuraciones de las UTAs Se adopta la siguiente configuración.

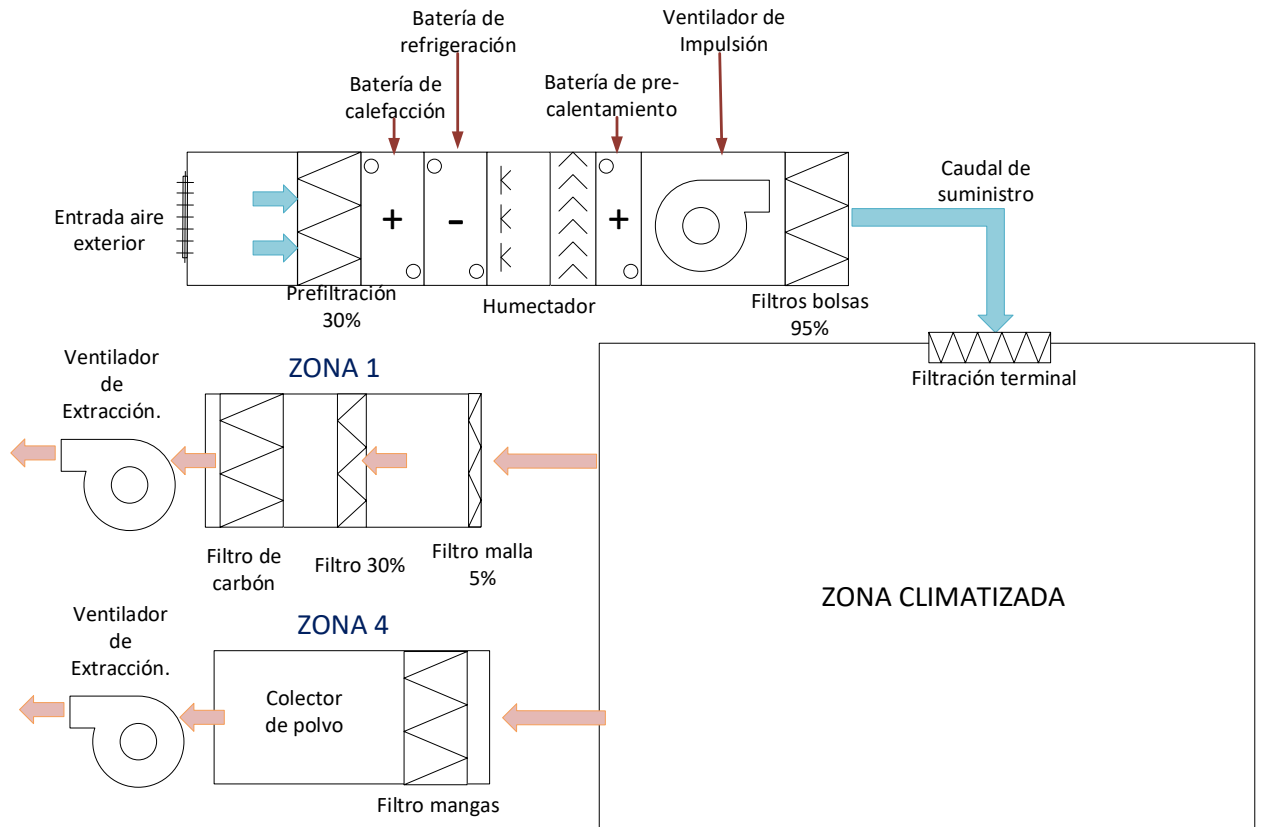
ZONA 1, 4

Impulsión

Prefiltros + Batería de refrigeración + Batería de calefacción + humectador (x agua) + ventilador de impulsión + filtro final

Extracción

Ventilador de extracción + filtro malla + filtro de carbón (expulsión aire exterior)



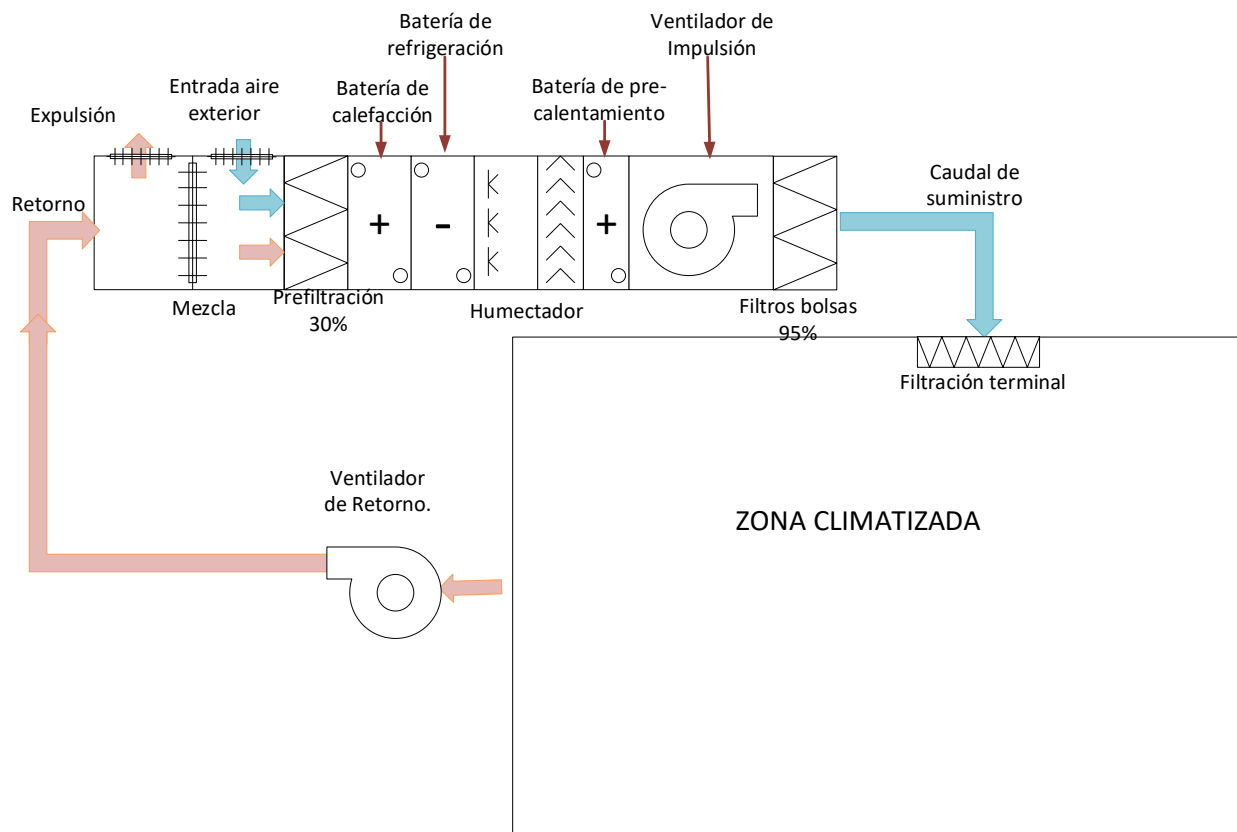
ZONA 2, 3, 5

Impulsión

Prefiltros + Batería de calefacción + Batería de refrigeración + humectador (x agua) + ventilador de impulsión + filtro final

Retorno

Ventilador de retorno (ingreso nuevamente al equipo)



3.11 Filtración de aire

Se definen los filtros para las etapas de filtración:

- 1 - Pre filtración: prefiltros de 30% eficiencia ASHRAE
- 2 - Filtro final: multibolsa 95% de eficiencia ASHRAE
- 3 - Filtro terminal: HEPA 99.9% para sala de pesada.

3.12 Selección de conductos

Se realiza el cálculo de las secciones de los conductos por medio de Método de pérdida por fricción por unidad de longitud.

Con los caudales y velocidades definidas se obtienen la pérdida de carga con su recta de maniobra (R) y el diámetro equivalente. Se utiliza el Grafico de Diseño de Conductos de Aire Acondicionado para obtener del diámetro de conducto equivalente y el Abaco para conversión de conductos circulares en cuadrado o rectangulares.

En el Anexo 14 se muestra la recta de maniobra con el valor R de pérdida de carga por metro y el diámetro equivalente para el ramal principal de cada zona y en sus partes de impulsión y retorno.

A partir de esta recta de maniobra se obtiene los demás tramos de conductos. Se resumen los resultados en las siguientes Tablas, y en los Anexos 15 se muestra el tendido de los conductos de impulsión y retorno. por medio del software DUCTZONE

Tabla 32. Cálculo de R para cada zona en la impulsión para velocidad 540 m/min.

	CAUDAL		R
	m ³ /h	l/min	mm ca x mt
ZONA 1	14213	237	0,09
ZONA 2	8989	150	0,12
ZONA 3	9548	159	0,11
ZONA 4	3052	51	0,21
ZONA 5	4460	74	0,17

Tabla 33. Cálculo de R para cada zona en el retorno

	CAUDAL		R
	m ³ /h	l/min	mm ca x mt
ZONA 1	7898	132	0,12
ZONA 2	7511	125	0,13
ZONA 3	7869	131	0,12
ZONA 4	2079	35	0,28
ZONA 5	7236	121	0,13

Según estos datos se definen las dimensiones de los ramales, tanto para impulsión como retorno para cada una de las zonas y los se representan en las siguientes tablas.

Tabla 34. Dimensiones de conductos de impulsión zona 1.

CONDUCTO DE IMPULSION - ZONA 1					
TRAMO	CAUDAL		DIAM EQUI	DIMENSIONES RECTANGULARES	
	m ³ /min	m ³ /min	cm	a (cm)	b (cm)
A-B	14212	237	72	40	110
B-C	10559	176	67	40	100
C-D	9586	160	64	40	90
D-E	9102	152	62	40	90
E-F	8077	135	59	40	80
F-G	6363	106	55	40	70
G-H	4425	74	49	40	60
H-I	2299	38	38	30	40
H-J	2126	35	37	30	40
F-K	1714	29	34	30	40
E-M	1025	17	27	20	40
D-L	484	8	22	15	30
C-N	973	16	26	20	30
N-O	486	8	22	20	10
B-R	3653	61	46	40	90
R-Q	3168	53	44	40	70
Q-P	2390	40	39	30	40
R-S	485	8	22	20	10
Q-T	778	13	25	20	30

Tabla 35. Dimensiones de conductos de retorno zona 1.

CONDUCTO DE RETORNO - ZONA 1					
TRAMO	CAUDAL		DIAM EQUI	DIMENSIONES RECTANGULARES	
	m ³ /min	m ³ /min	cm	a (cm)	b (cm)
1-2	7898	132	58	45	90
2-3	5086	85	49	45	60
3-4	3274	55	41	45	45
4-5	2922	49	16	40	45
4-6	345	6	40	15	250
3-7	172	3	14	15	20
3-8	1647	27	31	30	45
2-9	2812	47	40	40	45

Tabla 36. Dimensiones de conductos de impulsión zona 2

CONDUCTO DE IMPULSION - ZONA 2					
	CAUDAL		DIAM EQUI	DIMENSIONES RECTANGULARES	
TRAMO	m ³ /min	m ³ /min	cm	a (cm)	b (cm)
A-B	8989	150	60	40	80
B-C	6675	111	54	40	60
C-D	2521	42	37	25	50
D-E	1257	21	29	20	40
E-F	773	13	19	15	25
D-G	1264	21	28	20	40
G-H	776	13	25	20	30
G-I	486	8	20	15	25
C-J	4154	69	45	30	60
B-K	2314	39	36	25	50

Tabla 37. Dimensiones de conductos de retorno zona 2.

CONDUCTO DE RETORNO - ZONA 2					
	CAUDAL		DIAM EQUI	DIMENSIONES RECTANGULARES	
TRAMO	m ³ /min	m ³ /min	cm	a (cm)	b (cm)
1-2	7511	125	55	45	60
2-3	2936	49	39	30	45
3-7	1468	24	46	25	30
2-4	4575	76	46	40	45
4-5	3050	51	46	35	40
5-6	1525	25	46	25	35

Tabla 38. Dimensiones de conductos de impulsión zona 3

CONDUCTO DE IMPULSION - ZONA 3					
	CAUDAL		DIAM EQUI	DIMENSIONES RECTANGULARES	
TRAMO	m ³ /min	m ³ /min	cm	a (cm)	b (cm)
A-B	9548	159	62	40	80
B-C	2522	42	38	25	50
C-D	1260	21	28	20	40
D-E	776	13	25	20	40
C-F	1260	21	28	20	40
F-G	776	13	25	20	40
B-H	2948	49	40	30	50
B-I	4078	68	45	30	60
I-J	2039	34	35	30	40

Tabla 39. Dimisiones de conductos de retorno zona 3.

CONDUCTO DE RETORNO - ZONA 3					
TRAMO	CAUDAL		DIAM EQUI	DIMENSIONES RECTANGULARES	
	m ³ /min	m ³ /min		a (cm)	b (cm)
1-2	7869	131	57	60	70
2-3	3369	56	42	20	60
3-4	1684	28	46	20	35
2-5	4500	75	46	20	80
5-6	3000	50	46	20	60
6-7	1500	25	46	20	30

Tabla 40. Dimisiones de conductos de impulsión zona 4

CONDUCTO DE IMPULSION - ZONA 4					
TRAMO	CAUDAL		DIAM EQUI	DIMENSIONES RECTANGULARES	
	m ³ /min	m ³ /min		a (cm)	b (cm)
A-B	3052	51	36	30	35
B-C	2377	40	33	30	30
C-D	1140	19	26	15	30
C-E	1237	21	21	20	30
C-F	675	11	19	20	20
C-F	716	12	19	15	20

Tabla 41. Dimisiones de conductos de retorno zona 4.

CONDUCTO DE RETORNO - ZONA 4					
TRAMO	CAUDAL		DIAM EQUI	DIMENSIONES RECTANGULARES	
	m ³ /min	m ³ /min		a (cm)	b (cm)
1-2	2079	35	29	25	30
2-3	1910	32	42	25	30
3-4	518	9	11	15	20
3-5	1392	23	46	20	25
2-6	169	3	46	15	20

Tabla 42. Dimisiones de conductos de impulsión zona 5

CONDUCTO DE IMPULSION - ZONA 5					
TRAMO	CAUDAL		DIAM EQUI	DIMENSIONES RECTANGULARES	
	m ³ /min	m ³ /min		a (cm)	b (cm)
A-B	4460	74	42	35	40
B-C	1347	22	38	15	35
B-D	2235	37	33	25	35
D-E	1490	25	27	25	25
E-F	745	12	21	15	25

Tabla 43. Dimisiones de conductos de retorno zona 5.

CONDUCTO DE RETORNO - ZONA 5					
TRAMO	CAUDAL		DIAM EQUI	DIMENSIONES RECTANGULARES	
	m ³ /min	m ³ /min	cm	a (cm)	b (cm)
1-2	7236	121	54	30	80
2-3	5791	97	51	30	70
3-4	4346	72	45	30	60
4-5	2901	48	39	30	50
5-6	1456	24	29	25	30
5-7	1445	24	29	25	30
3-8	1445	24	29	25	30

3.13 Calculo de ventiladores.

Para la selección de los ventiladores se toman como base los caudales de suministro de cada zona y las pérdidas de carga de cada instalación a las cual se deben sumar las presiones de las salas que también deberá compensar (presión más desfavorable, 30 Pa)

En los Anexos 16 se muestra las pérdidas de carga para cada instalación.

Se resumen en la siguiente tabla los valores para cada zona.

Para la obtención de los ventiladores deberá adicionarle un factor de seguridad, que surge de la presencia de salas que están sobre presionadas y accesorios como serpentines, exclusas y filtros que se encuentran en la instalación. Para estos se suponen un factor de 1.5.

Tabla 44. Caudal y presión de ventiladores de impulsión.

VENTILADOR CENTRIFUGO IMPULSION			
	CAUDAL POR ZONA	Presión instalación.	Presión total Fs=1.5
	m ³ /h	Pa	Pa
ZONA 1	14213	74.41	112
ZONA 2	8992	66.13	100
ZONA 3	9550	38.33	58
ZONA 4	3052	55.12	83
ZONA 5	4460	93.96	141

Tabla 45. Caudal y presión de ventiladores de retorno.

VENTILADOR CENTRIFUGO RETORNO			
	CAUDAL POR ZONA	Presión	Presión total Fs=1.5
	m ³ /h	Pa	Pa
ZONA 1	7898	50.28	76
ZONA 2	7511	75.69	114
ZONA 3	7869	66.42	100
ZONA 4	2079	75.41	114
ZONA 5	7236	116.21	175

CAPITULO 4: Análisis de Costos e Impacto Ambiental

4.1 Análisis de Costo

Se realiza un listado resumido de los equipos y materiales para llevar a cabo el proyecto descripto. El mismo comprenderá, UTA, Conductos, Difusores, Rejillas, Filtros, Unidades de Filtro de Carbón y Colectores de Polvo, para cada Zona a climatizar.

Unidades de Tratamiento de Aire (UTA)			
	Cantidad	Características	Pu
ZONA 1	1	Potencia 320 KW, Caudal 15000 m ³ /h	\$ 7.000.000,00
ZONA 2	1	Potencia 70 KW, Caudal 9000 m ³ /h	\$ 5.000.000,00
ZONA 3	1	Potencia 70 KW, Caudal 1000 m ³ /h	\$ 1.000.000,00
ZONA 4	1	Potencia 70 KW, Caudal 3500m ³ /h	\$ 1.500.000,00
ZONA 5	1	Potencia 30 KW, Caudal 5000 m ³ /h	\$ 2.500.000,00
TOTAL			\$ 17.000.000,00

	Distribucion y Extracción de Aire					Filtracion		
	Conductos - Chapa Galvanizada x m ²	Difusores	Rejillas	Unidad Filtro Carbon	Unidad Colector de polvo	Prefiltros - Filtros 30%	Filtro bolsas 95%	Filtros terminales - HEPA
ZONA 1	200	11	5	1	0	4	4	1
ZONA 2	90	7	5	0	0	4	4	0
ZONA 3	100	7	5	0	0	4	4	0
ZONA 4	45	4	3	0	1	4	4	1
ZONA 5	100	5	5	0	0	4	4	0
Total	535	34	23	1	1	20	20	2

	Cantidad	Pu	Sub total
Conductos - Chapa Galvanizada x m ²	535	\$ 7.500,00	\$ 4.012.500,00
Difusores	34	\$ 80.000,00	\$ 2.720.000,00
Rejillas	23	\$ 60.000,00	\$ 1.380.000,00
Unidad Filtro Carbon	1	\$ 1.000.000,00	\$ 1.000.000,00
Unidad Colector de polvo	1	\$ 1.000.000,00	\$ 1.000.000,00
Prefiltros - Filtros 30%	20	\$ 30.000,00	\$ 600.000,00
Filtro bolsas 95%	20	\$ 75.000,00	\$ 1.500.000,00
Filtros terminales - HEPA	2	\$ 250.000,00	\$ 500.000,00
		Total	\$ 12.712.500,00

4.2 Impacto Ambiental descripción del proyecto

El proyecto comprenderá la modificación de las instalaciones existentes del sistema de tratamiento de aire, y el montaje de nuevos equipos y red de conducto que se adecuaran al nuevo diseño descrito en este trabajo.

4.3 Ámbito de desarrollo

El lugar afectado por este proyecto, es el laboratorio farmacéutico Laboratorios ION, que se encuentra ubicado en el parque industrial norte de la ciudad de San Luis. Esta planta comprende una superficie cubierta de 900 m², y más precisamente la parte de producción que comprende unos 400 m².

4.4 Valoración del impacto ambiental

Para el mismo se utiliza la Matriz de Leopold, que es una matriz del tipo causa y efecto, donde se muestra las acciones del proyecto y los factores ambientales posiblemente afectados. De la interacción resultante entre las acciones y los factores ambientales se establece una valoración que se aproxima al efecto que pueda causar.

Para la asignación de los valores se tienen,

La magnitud, a la que se le otorgara del 1 al 10, representando el numero 10 la alteración máxima provocada sobre el factor ambiental, estos valores irán precedidos por un signo + o -, significando si la magnitud es de tipo positivo o negativo.

La importancia o ponderación representa el peso relativo de que cada uno de los factores ambientales del proyecto.

A través de las tablas de clasificación se definen estos valores

Tabla 46. Tablas de clasificación

Impacto Positivo					
MAGNITUD			IMPORTANCIA		
Intensidad	Afectación	Calificación	Duración	Influencia	Calificación
Baja	Baja	+1	Temporal	Puntual	+1
Baja	Media	+2	Media	Puntual	+2
Baja	Alta	+3	Permanente	Puntual	+3
Media	Baja	+4	Temporal	Local	+4
Media	Media	+5	Media	Local	+5
Media	Alta	+6	Permanente	Local	+6
Alta	Baja	+7	Temporal	Regional	+7
Alta	Media	+8	Media	Regional	+8
Alta	Alta	+9	Permanente	Regional	+9
Muy Alta	Alta	+10	Permanente	Regional	+10

Impacto Negativo					
MAGNITUD			IMPORTANCIA		
Intensidad	Afectación	Calificación	Duración	Influencia	Calificación
Baja	Baja	-1	Temporal	Puntual	+1
Baja	Media	-2	Media	Puntual	+2
Baja	Alta	-3	Permanente	Puntual	+3
Media	Baja	-4	Temporal	Local	+4
Media	Media	-5	Media	Local	+5
Media	Alta	-6	Permanente	Local	+6
Alta	Baja	-7	Temporal	Regional	+7
Alta	Media	-8	Media	Regional	+8
Alta	Alta	-9	Permanente	Regional	+9
Muy Alta	Alta	-10	Permanente	Regional	+10

4.5 Matriz Leopold.

Tabla 47. Matriz de Leopold aplicada al proyecto; sistema de tratamiento de aire

Proyecto: Sistema de Tratamiento de Aire		Modificación y Montaje				Operación	Afectaciones		Total Afecciones	Agregado del Impacto	
		Retiro equipos existentes	Montaje de nuevas UTA	Instalacion de la red de conducto de suministro de aire	Intalacion de rejillas de suministro y retorno	Funcionamiento del sistema	+	-			
FISICO	Factores ambientales										
	Calidad del agua						0	0	0	0	
	Calidad del aire (gases, partículas)					9	1	0	1	81	
	Emision de polvo	-1					9	0	1	1	-1
Procesos	Alteracion de suelos		1								
	Ruido	-1	-1	-1	-1	-2	0	5	5	-10	
	Consumo de energia		1	1	1	1	3	0	1	1	-6
	Gestion de residuos	-2					3	0	1	1	-2
BIOLOGICO	Flora						0	0	0	0	
	Fauna						0	0	0	0	
Socioeconomico	Empleo	4	4	4	4	4	4	0	4	32	
Afectaciones	+	1	1	1	1	1	5	9	14	91	
	-	3	2	1	1	2	9				
Total de afectaciones		4	3	2	2	3	14				
Agregado del impacto		4	4	7	7	69	91				

4.6 Conclusiones del Estudio del Impacto Ambiental.

Basado en la Matriz de Leopold generada, se pueden obtener las siguientes conclusiones

En las actividades de modificación y montaje, las distintas actividades tienen sus efectos:

A nivel de factores físicos, la emisión de polvo y alteración de suelo son de efecto negativo de baja magnitud e intensidad, esto es debido a que ya hay instalaciones existentes y solo se realizara pequeñas modificaciones

A nivel de factores de proceso, el ruido tiene un efecto negativo, aunque pequeño se presenta en toda la actividad. Los residuos también intervienen en forma negativa en menor medida.

Biológico, sobre flora y fauna no se considera ya que como se indica en un punto anterior ya hay instalaciones existentes, que no hacen necesario ninguna ampliación o modificación de las instalaciones que pueda afectar a estas.

A nivel socioeconómico, el efecto es positivo y directamente las actividades influye sobre el empleo, generando puestos de trabajo para la realización de todas las actividades.

En la actividad de funcionamiento de sistema tiene sus efectos en:

A nivel físico el efecto es positivo en lo que refiere a la calidad de aire, esta actividad supone una mejora sustancial en el mismo, tanto dentro de las instalaciones como fuera de ellas

A nivel de proceso, el ruido tiene un efecto negativo, ya que las instalaciones suman más equipos que pueden aumentar el mismo. El consumo de energía tiene sus efectos negativos, ya que a más equipo también mayor consumo de energía.

Como valoración positiva resalta la calidad del aire, se produce una mejora junto con el empleo, y negativa (aunque de magnitud mucho menor comparado con las positivas) es el aumento de energía y generación de ruido.

CAPITULO 5: Conclusión

En el desarrollo de este trabajo se ha demostrado que los sistemas de tratamiento de aire para salas limpias utilizadas en la industria farmacéutica requieren de un estudio detallado de las condiciones ambientales de diseño, tanto en parámetros de temperatura y humedad como los relacionados a los niveles de limpieza de las salas.

Se realizó el cálculo por medio de balances térmicos, obteniendo las cargas a las cuales son sometidas cada zona. A partir de dichos cálculos se obtuvo los caudales básicos que son necesarios para la climatización.

Sin embargo, en este tipo de instalaciones toma más relevancia los cálculos de caudales que surgen de las renovaciones horas por balance de caudales.

La necesidad de tener ambientes controlados en sus niveles de limpieza, hacen que los caudales de aire sean muchos mayores a los necesarios para suplir solo cargas térmicas y niveles de ventilación básicos, que solo refieren a los necesario para el personal que ocupan dichas salas.

A partir del suministro de estos caudales, los sistemas HVAC se utilizan como medio para el control de limpieza de las salas.

Permitiendo la dilución y barrido de los contaminantes, por medio de sus sistemas de extracción y expulsión de aire fuera de las salas.

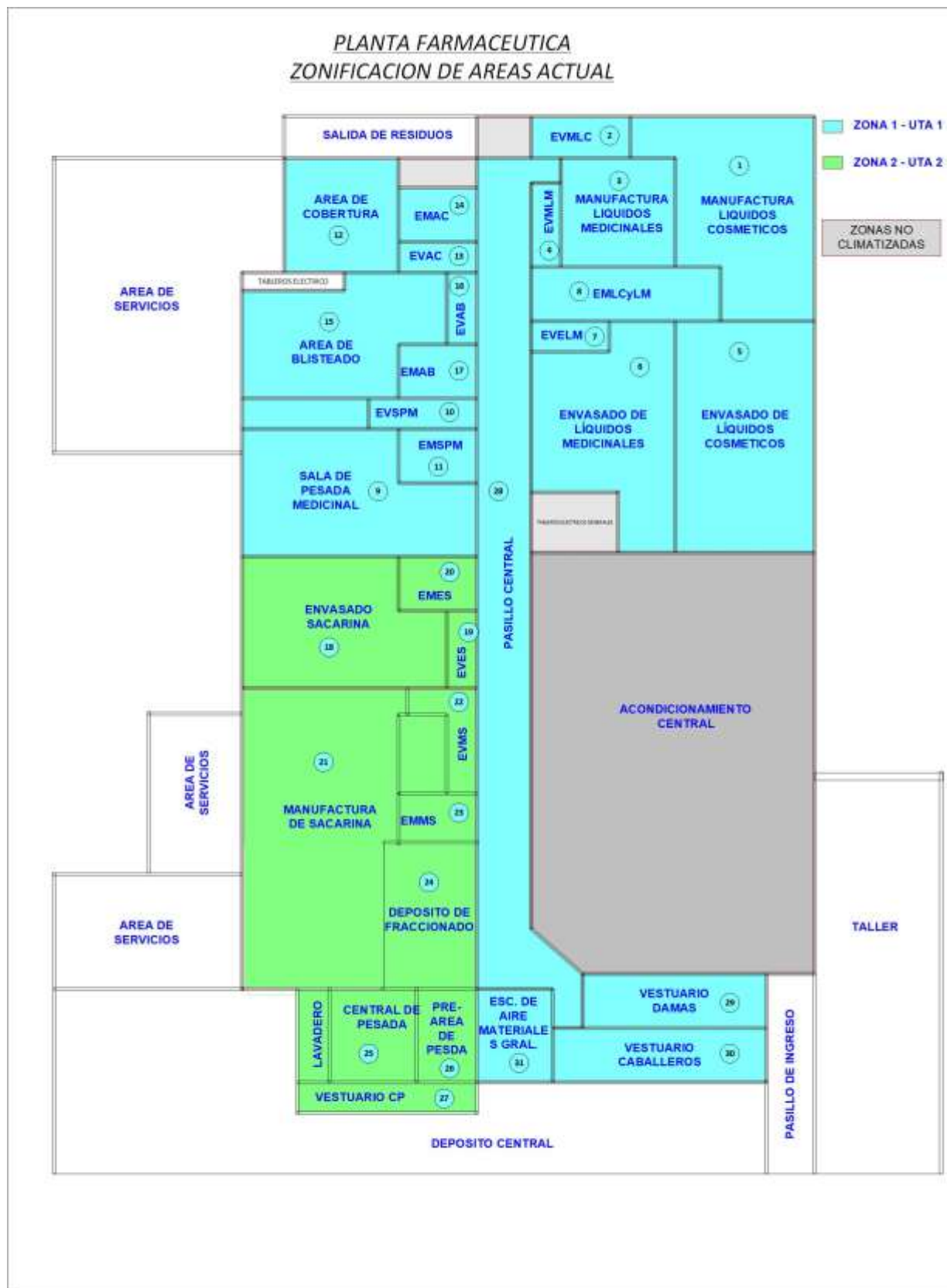
Re direccionando los flujos de aire por medio de la creación de diferenciales de presión entre las salas. De esta forma se previene la contaminación cruzada

Por medio del filtrado en los caudales de suministro se disminuye el número de partículas que pueden ingresar a las salas por medio del aire exterior. Así como también el filtrado del aire que se extrae de las salas, previene la contaminación ambiental

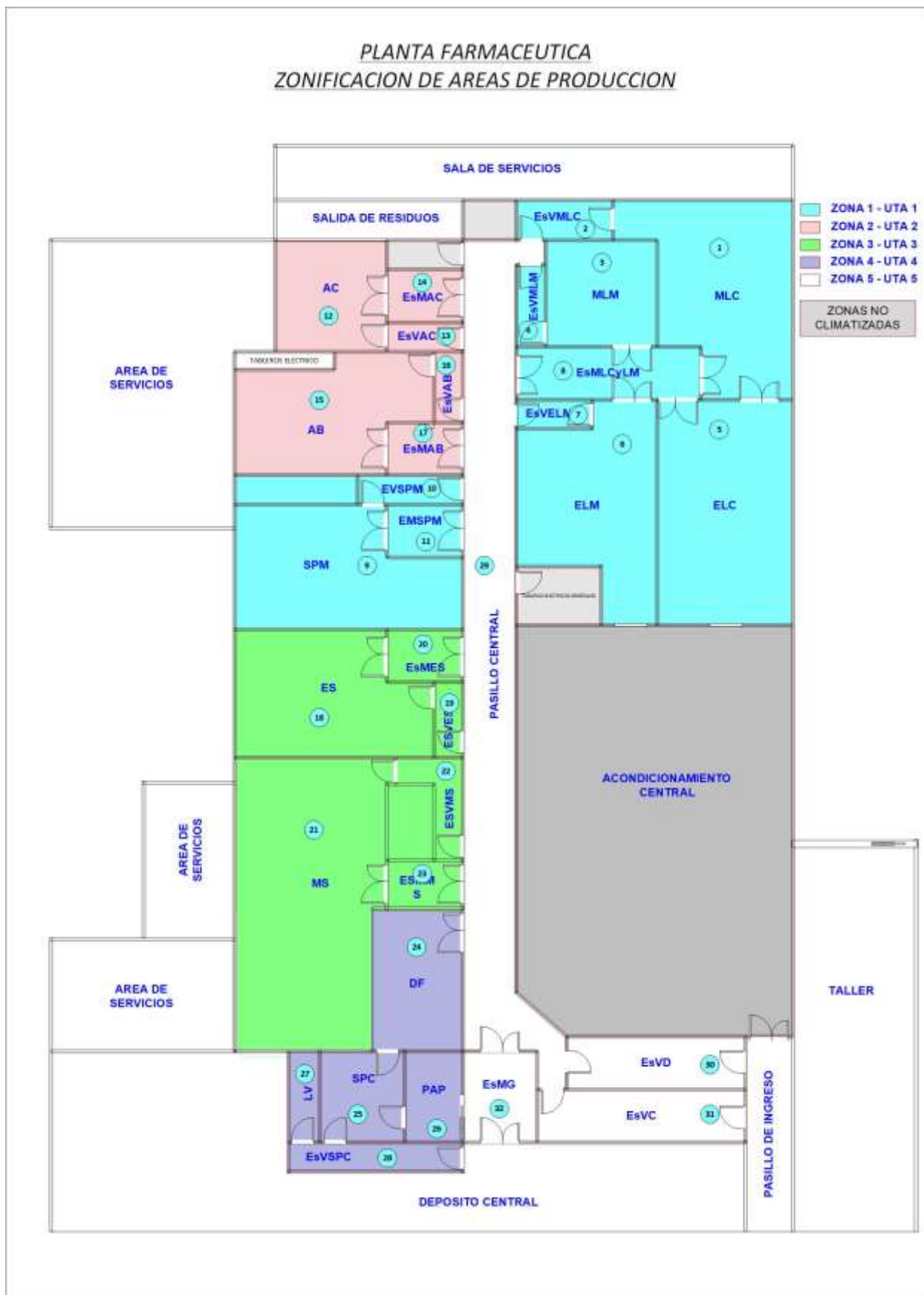
En lo que respecta al confort del personal, las condiciones de temperatura y humedad son obtenidas, adecuándose a las actividades que se realizan dentro de las salas. Se debe recordar que el personal que trabaja en estas instalaciones, requiere de vestimenta adicional (delantales, cofias, cubre calzado, barbijos etc.) que hacen que las necesidades de confort y ventilación sean las más adecuadas.

Como se puede ver, los sistemas HVAC para salas limpias, o más precisamente salas controladas, en este caso aplicado para la industria farmacéutica, son una herramienta fundamental para las operaciones en procesos productivos. No solo es un simple sistema de climatización.

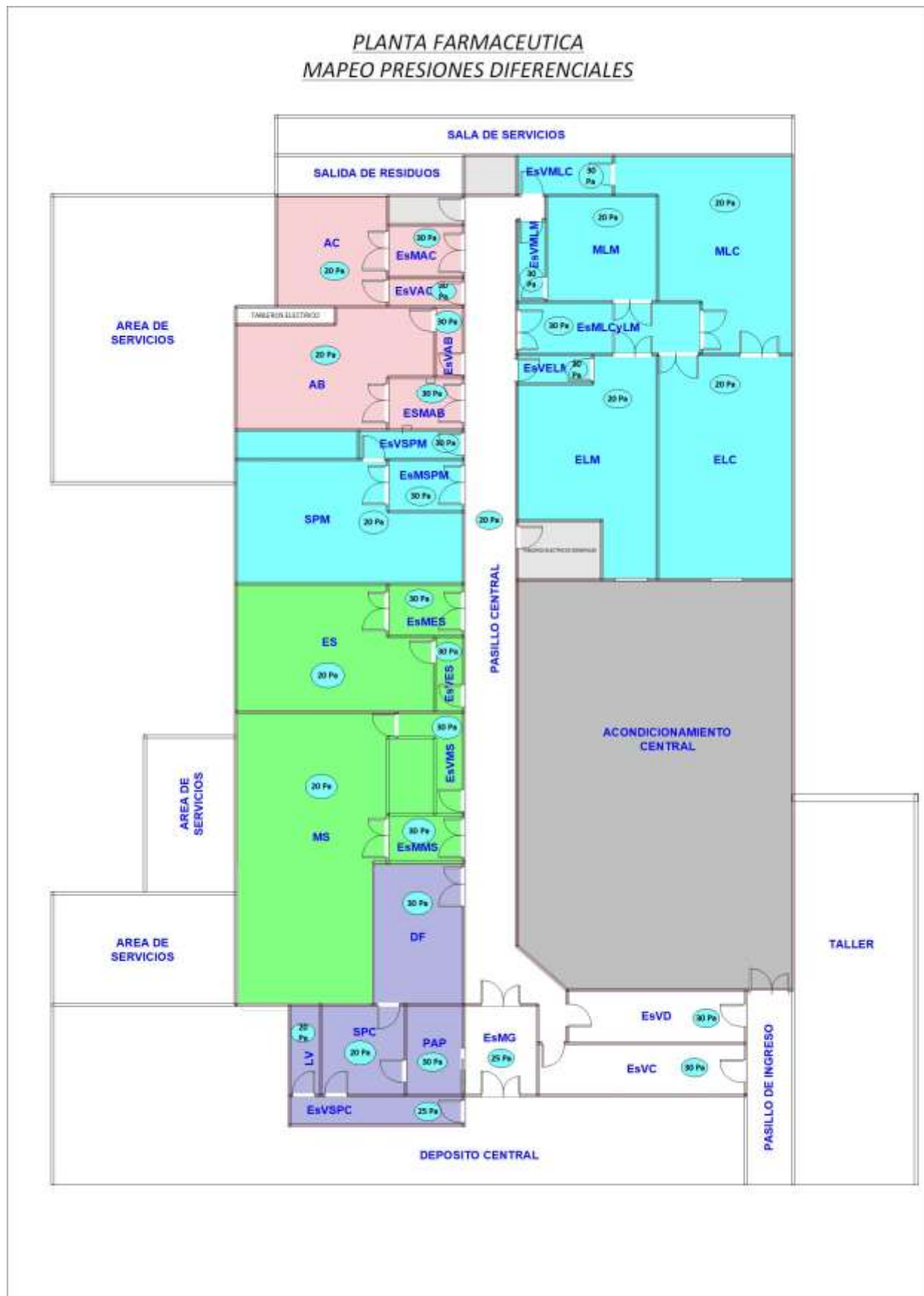
Anexo 2. Zonificación de las salas actuales.



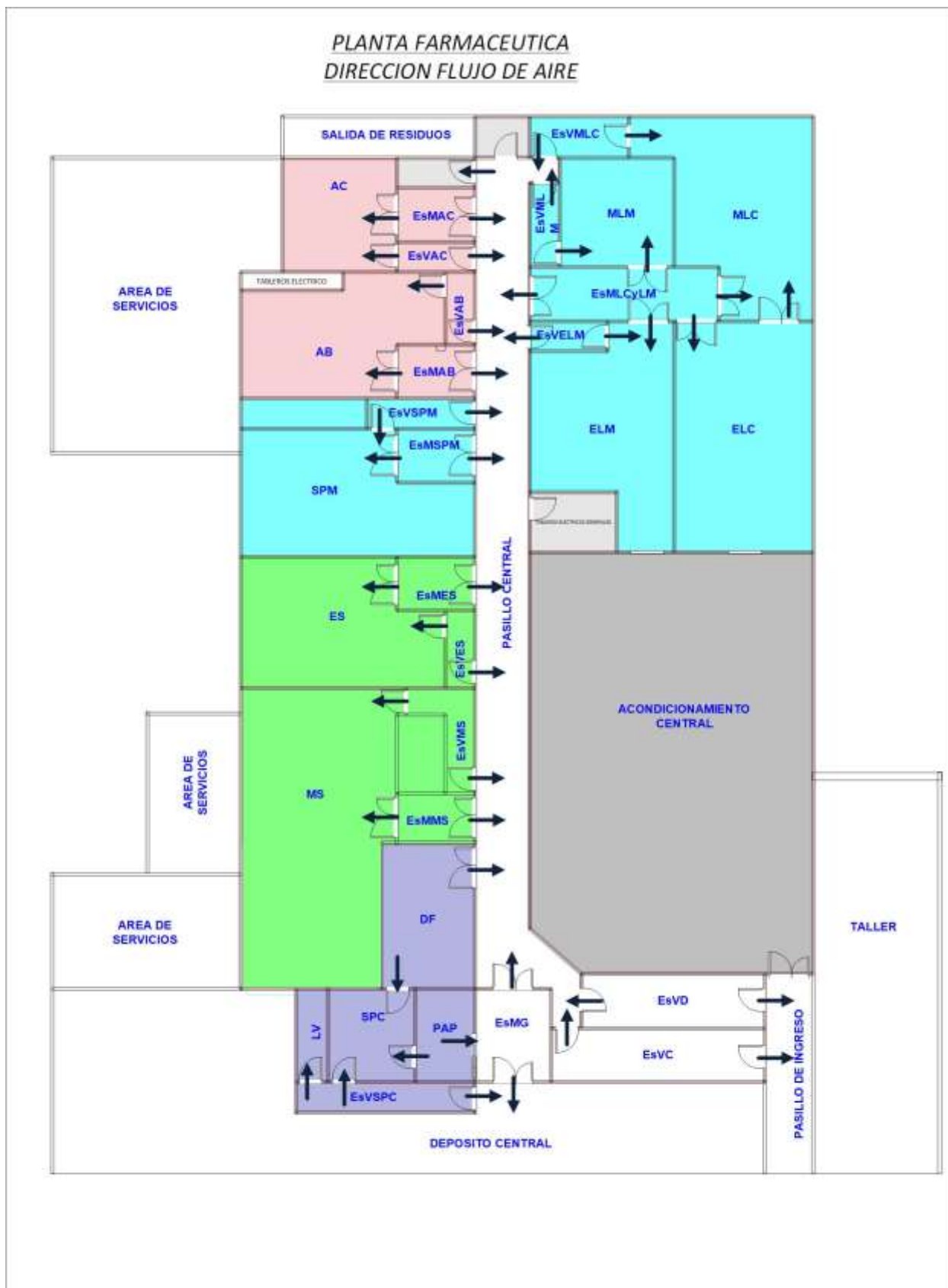
Anexo 3. Zonificación áreas de producción propuesta.



Anexo 4. Mapeo presiones diferenciales.



Anexo 5. Dirección flujo de aire.



Anexo 6. Especificaciones de salas.

ZONAS	SALAS		Ref.	CLASE	TEMP. °C	HR %	Renov/hs	DP - Pa
1	1	MANUFACTURA DE LIQUIDOS COSMETICOS	MLC	C	22 ± 2° C	<50 %	25	20
	2	ESCLUSA VESTUARIO MANUFACTURA DE LÍQUIDOS COSMÉTICOS	EsVMLC	C	22 ± 2° C	<50 %	25	30
	3	MANUFACTURA DE LIQUIDOS MEDICINALES	MLM	C	22 ± 2° C	<50 %	25	20
	4	ESCLUSA VESTUARIO MANUFACTURA DE LÍQUIDOS MEDICINALES	EsVMLM	C	22 ± 2° C	<50 %	25	30
	5	ENVASADO DE LIQUIDOS COSMETICOS	ELC	D	22 ± 2° C	<50 %	20	20
	6	ENVASADO DE LIQUIDOS MEDICINALES	ELM	D	22 ± 2° C	<50 %	20	20
	7	ESCLUSA VESTUARIO ENVASADO LÍQUIDOS MEDICINALES	EsVELM	D	22 ± 2° C	<50 %	20	30
	8	ESCLUSA MATERIALES LÍQUIDOS MEDICINALES Y COSMÉTICOS	EsMLCyLM	C	22 ± 2° C	<50 %	20	30
	9	SALAS DE PESADAS MEDICINALES	SPM	C	22 ± 2° C	<50 %	25	20
	10	ESCLUSA VESTUARIO SALAS DE PESADAS MEDICINALES	EsVSPM	C	22 ± 2° C	<50 %	25	30
	11	ESCLUSA MATERIALES SALAS DE PESADAS MEDICINALES	EsMSPM	C	22 ± 2° C	<50 %	25	30
2	12	AREA DE COBERTURA	AC	C	22 ± 2° C	<50 %	25	20
	13	ESCLUSA VESTUARIO ÁREA DE COBERTURA	EsVAC	C	22 ± 2° C	<50 %	25	30
	14	ESCLUSA MATERIALES ÁREA DE COBERTURA	EsMAC	C	22 ± 2° C	<50 %	25	30
	15	AREA DE BLISTEADO	AB	D	22 ± 2° C	<50 %	20	20
	16	ESCLUSA VESTUARIO ÁREA DE BLISTEADO	EsVAB	D	22 ± 2° C	<50 %	20	30
	17	ESCLUSA MATERIALES ÁREA DE BLISTEADO	EsMAB	D	22 ± 2° C	<50 %	20	30
3	18	ENVASADO DE SACARINA	ES	D	22 ± 2° C	<50 %	20	20
	19	ESCLUSA VESTUARIO ENVASADO DE SACARINA	EsVES	D	22 ± 2° C	<50 %	20	30
	20	EXCLUSA MATERIALES ENVASADO DE SACARINA	EsMES	D	22 ± 2° C	<50 %	20	30
	21	MANUFACTURA DE SACARINA	MS	C	22 ± 2° C	<50 %	25	20
	22	ESCLUSA VESTUARIO MANUFACTURA DE SACARINA	EsVMS	C	22 ± 2° C	<50 %	25	20
	23	ESCLUSA MATERIALES MANUFACTURA DE SACARINA	EsMMS	C	22 ± 2° C	<50 %	25	30
4	24	DEPÓSITO DE FRACCIONADO	DF	C	22 ± 2° C	<50 %	25	30
	25	SALA DE PESADA COSMÉTICOS	SPC	C	22 ± 2° C	<50 %	25	20
	26	PRE ÁREA DE PESADAS	PAP	C	22 ± 2° C	<50 %	25	30
	27	LAVADERO	LV	D	22 ± 2° C	<50 %	20	20
	28	ESCLUSA VESTUARIO SALA DE PESADAS	EsVSPC	D	22 ± 2° C	<50 %	20	25
5	29	PASILLO CENTRAL	PC	D	22 ± 2° C	<50 %	20	20
	30	ESCLUSA VESTUARIO DAMAS	EsVD	D	22 ± 2° C	<50 %	20	30
	31	ESCLUSA VESTUARIO CABALLEROS	EsVC	D	22 ± 2° C	<50 %	20	30
	32	ESCLUSA DE MATERIALES GRAL.	EsMG	D	22 ± 2° C	<50 %	20	25

Anexo 7. Cargas térmicas internas

ZONAS	CARGAS INTERNAS			Ocupantes										Otros		TOTAL			
	SALAS	Ref.	Superficie (m ²)	Maquinas (W)	Artefactos y otros (W)	Iluminación LED (2 W*m ²)	Cant	Tipo de trabajo	Fac.si (W)	Fact.la (W)	Sensible (W)	Latente (W)	Latente (W)	Sensible (W)	Latente (W)	Sensible (W)	Latente (W)		
1	1	MLC	30,7	2989	4	61	1	Liviano	52	69	52	69	0	3106	0	3106	69	0	
	2	ESVMLC	4,6	0	0	9	0	Liviano	52	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	MLLM	13,7	1919	4	27	1	Liviano	52	69	52	69	0	2002	0	2002	69	0	
	4	ESVMLM	11,3	0	0	23	0	Liviano	52	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	ELC	35,4	3301	6	71	4	Liviano	52	69	206	275	0	3584	0	3584	275	0	
	6	ELM	28,6	3638	1	57	4	Liviano	52	69	206	275	0	3902	0	3902	275	0	
	7	ESVELM	2,6	0	0	5	0	Liviano	52	69	0	0	0	0	0	0	0	0	
	8	ESMLCYLM	11,3	0	0	23	0	Liviano	52	69	0	0	0	0	0	0	0	0	
	9	SPM	31,9	0	5	64	2	Liviano	52	69	103	138	0	172	0	172	138	0	
	10	ESVSPM	3,2	0	0	6	0	Liviano	52	69	0	0	0	0	0	0	0	0	
	11	ESMSPM	5,4	0	0	11	0	Liviano	52	69	0	0	0	0	0	0	0	0	
													kcal/h		12843	826			
															11045	710			
2	12	AC	14,8	2233	8620	30	1	Liviano	52	69	52	69	0	10934	0	10934	69	0	
	13	ESVAC	3,0	0	0	6	0	Liviano	52	69	0	0	0	0	0	0	0	0	
	14	ESMAC	5,4	0	0	11	0	Liviano	52	69	0	0	0	0	0	0	0	0	
	15	AB	7,2	2908	1941	14	3	Liviano	52	69	155	206	0	5018	0	5018	206	0	
	16	ESVAB	2,4	0	0	5	0	Liviano	52	69	0	0	0	0	0	0	0	0	
	17	ESMAB	5,4	0	0	11	0	Liviano	52	69	0	0	0	0	0	0	0	0	
														kcal/h		15985	275		
															13747	237			
3	18	ES	35,1	2068	3	70	3	Liviano	52	69	155	206	0	2296	0	2296	206	0	
	19	ESVES	2,6	0	0	5	0	Liviano	52	69	0	0	0	0	0	0	0	0	
	20	ESMES	5,4	0	0	11	0	Liviano	52	69	0	0	0	0	0	0	0	0	
	21	MS	54,5	13258	3	109	1	Liviano	52	69	52	69	0	13422	0	13422	69	0	
	22	ESVMS	3,5	0	0	7	0	Liviano	52	69	0	0	0	0	0	0	0	0	
	23	ESMMS	5,4	0	0	11	0	Liviano	52	69	0	0	0	0	0	0	0	0	
														kcal/h		15751	275		
															13546	237			
4	24	DF	15,2	0	0	30	0	Liviano	52	69	0	0	0	30	0	30	0	0	
	25	SPC	9,0	0	5	18	2	Liviano	52	69	103	138	0	126	0	126	138	0	
	26	PAP	6,2	0	0	12	0	Liviano	52	69	0	0	0	0	0	0	0	0	
	27	LV	6,0	0	0	12	0	Liviano	52	69	0	0	0	0	0	0	0	0	
	28	EVSP	3,1	0	0	6	0	Liviano	52	69	0	0	0	0	0	0	0	0	
														kcal/h		187	138		
																161	118		
5	29	PC	49,7	0	0	99	0	Liviano	52	69	0	0	0	99	0	99	0	0	
	30	VD	11,0	0	0	22	0	Liviano	52	69	0	0	0	22	0	22	0	0	
	31	V C	12,8	0	0	26	0	Liviano	52	69	0	0	0	26	0	26	0	0	
	32	ESMG	7,5	0	0	15	0	Liviano	52	69	0	0	0	15	0	15	0	0	
														kcal/h		323	118		
															278	102			

Anexo 7 - Cargas térmicas internas. Continuación

ZONA 1	ENVASADO DE LIQUIDOS COSMETICOS								
	MAQUINA / EQUIPO		Cant	Potencia (CV)	Kcal/h	Watt	Rendimiento	Sub. Total	
	Llenadora de liquidos	M.cinta transpotadora	1	0,33	320	372	---	372	
	Tapadora	M. Cabezal	1	1,00	800	930	---	930	
	Etiquetadora	M. Cinta centradora	2	0,15	180	209	---	419	
		M. Cinta superior	1	0,20	208	242	---	242	
		M. Cinta inferior	1	0,50	450	523	---	523	
		M. Accionamientos cabezales	2	0,37	350	407	---	814	
	Balanza hasta 2000 gr		1	---	---	25	0,95	1	
	Lector de codigo de barra		1	---	---	100	0,95	5	
							Total W	3307	
							Total kcal/h	2844	
ENVASADO DE LIQUIDOS MEDICINALES									
Llenadora de liquidos	M.cinta transpotadora	1	0,33	320	372	---	372		
	M.bomba	1	0,33	320	372	---	372		
Tapadora	M. Cabezal	1	0,50	450	523	---	523		
Etiquetadora	M. Cinta centradora	2	0,15	180	209	---	419		
	M. Cinta superior	1	0,20	208	242	---	242		
	M. Cinta inferior	1	0,50	450	523	---	523		
	M. Accionamientos cabezales	2	0,37	350	407	---	814		
Disco acumulador	M. Accionamiento	1	0,33	320	372	---	372		
Balanza hasta 2000 gr		1	---	---	25	0,95	1		
							Total W	3639	
							Total kcal/h	3130	
MANUFACTURA DE LIQUIDOS COSMETICOS									
Agitador reactor	M. Accionamiento	2	0,75	660	768	---	1535		
Agitador portatil	M. Accionamiento	1	0,50	450	523	---	523		
Bomba dosificadora	M. Accionamiento	1	1,00	800	930	---	930		
Balanza hasta 300 kg.	---	1	---	---	50	0,95	3		
Balanza hasta 30 kg.	---	1	---	---	25	0,95	1		
							Total W	2993	
							Total kcal/h	2574	
MANUFACTURA DE LIQUIDOS MEDICINALES									
Agitador reactor	M. Accionamiento	1	1,5	1200	1396	---	1396		
Agitador portatil	M. Accionamiento	1	0,5	450	523	---	523		
Balanza hasta 300 kg.	---	1	---	---	50	0,95	3		
Balanza hasta 30 kg.	---	1	---	---	25	0,95	1		
							Total W	1923	
							Total kcal/h	1654	
SALA DE PESADA MEDICINAL									
Balanza hasta 150 kg. - CLASE II	---	1	---	---	50	0,95	3		
Balanza hasta 30 kg. - CLASE I	---	1	---	---	25	0,95	1		
Balanza hasta 2000 gr	---	1	---	---	25	0,95	1		
							Total W	5	
							Total kcal/h	4	
ZONA 2	AREA DE BLISTEADO								
	MAQUINA / EQUIPO		Cant	Potencia (CV)	Kcal/h	Watt	Rendimiento	Sub. Total	
	Blistera	Motor principal	1	2,00	1600	1861	---	1861	
		Motor rezago	1	0,25	450	523	---	523	
		Motor debobinador	1	0,25	450	523	---	523	
	Balanza hasta 60 kg.	---	1	---	---	25	0,95	1	
	Resist. Calefactora	---	6	---	---	2000	0,03	11640	
								Total W	14549
								Total kcal/h	12512
	AREA DE COBERTURA								
	Molino coloidad	Motor principal	1	2	1600	1861	---	1861	
	Bomba de jarabe	Motor principal	1	0,3	320	372	---	372	
	BALANZA hasta 310 gr.		1			50	0,95	3	
	BALANZA HASTA 150 KG		1			50	0,95	3	
	Cañería Agua caliente		1			727	1	727	
Cañería vapor		1			452	1	452		
REACTOR AUXILIAR		1			1616	1	1616		
Resist. Calefactora		6			6000	0,03	34920		
							Total W	39953	
							Total kcal/h	34360	

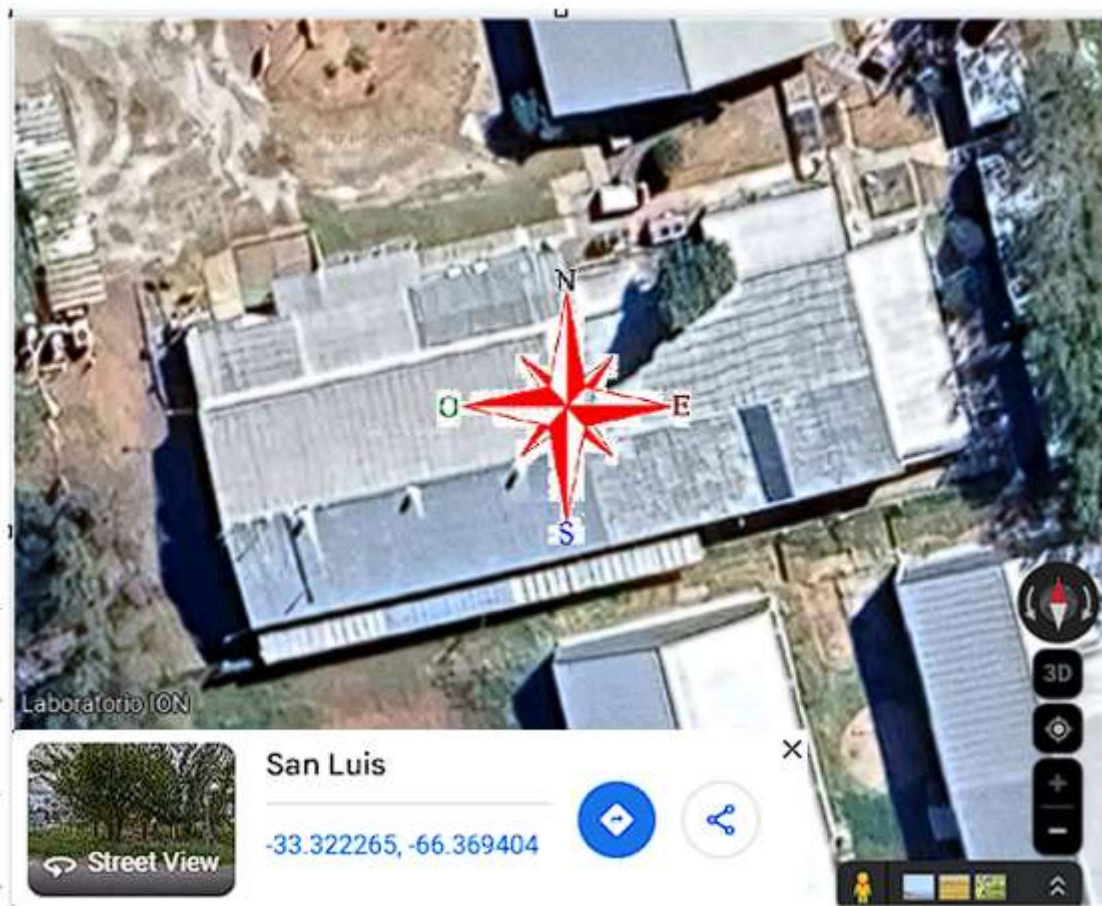
Anexo 7 - Cargas térmicas internas. Continuación

ZONA 3	ENVASADO DE SACARINA							
	MAQUINA / EQUIPO		Cant	Potencia (CV)	Kcal/h	Watt	Rendimiento	Sub. Total
	LLENADORA DE SACARINA	M. Disco acumulador	1	0,5	450	523	---	523
		M. Disco central	1	1,1	800	930	---	930
		M. Cinta llenadora	1	0,2	208	242	---	242
	Cinta detector de metales	M. Cinta transportadora	1	0,34	320	372	---	372
	Balanza hasta 150 kg.	---	1	---	---	50	0,95	3
							Total W	2070
							Total kcal/h	1780
	MANUFACTURA DE SACARINA							
Molino Tomadoni	Motor principal	1	1	800	930	---	930	
Mezcladora doble Z	Motor principal	1	5	3900	4536	---	4536	
	Motor secundario	1	0,5	450	523	---	523	
Compresora	Motor principal	1	5	3900	4536	---	4536	
Aspiradora	Motor principal	1	3	2350	2733	---	2733	
BALANZA hasta 200 g.	---	1	---	---	25	0,95	1	
BALANZA hasta 200 kg.	---	1	---	---	50	0,95	3	
						Total W	13262	
						Total kcal/h	11405	

ZONA 4	SALA DE PESADA COSMETICOS							
	MAQUINA / EQUIPO		Cant	Potencia (CV)	Kcal/h	Watt	Rendimiento	Sub. Total
	BALANZA hasta 60 kg.	---	1	---	---	50	0,95	3
	BALANZA hasta 30 kg. - CLASE I	---	1	---	---	25	0,95	1
	BALANZA hasta 2000 gr	---	1	---	---	50	0,95	3
						Total W	6	
						Total kcal/h	5	

- ZONA 5-Solo cargas por iluminación.

Anexo 8. Orientación de la planta



Anexo 9. Transmitancia muros y techos.

Norma IRAM 11601		CALCULO DE LA TRANSMITANCIA TERMICA			
Proyecto:					
Elemento:	Muro externo				
Epoca del año:	Verano	Flujo de calor: Horizontal			
Zona Bioambiental:	Illa	Temperatura de diseño: 36,7 °C			
Capa del elemento constructivo	Densidad (kg/m ³)	Espesor (m)	Conductividad (W/m.K)	Resistencia (m ² .K/W)	
Resistencia superficial exterior	---	---	---	0,13	
1 Placa de durlok (yeso)	1000	0,0125	0,440	0,03	
2 Camara de aire	---	0,1000	---	0,17	
3 Aislación lana de vidrio reves foil Al	40	0,0500	0,038	1,32	
4 Chapa de zinc Trapezoidal	7100	0,0010	110,0	0,00	
5					
6					
7					
Resistencia superficial interior	---	---	---	0,04	
TOTAL	---	0,1635		1,68	
Transmitancia térmica del componente (W/m ² .K)				0,59	
				kcal/h.m ² .°C	0,50

El diagrama muestra un corte transversal de un muro exterior. Las capas están numeradas de 1 a 4: 1. Una placa de durlok (yeso) de color naranja claro. 2. Una cámara de aire de color azul claro. 3. Una capa de aislamiento de lana de vidrio con revestimiento de aluminio de color gris. 4. Una chapa de zinc trapezoidal de color gris oscuro. Las flechas azules conectan los números con sus respectivas capas en el diagrama.

Anexo 9 Transmitancia muros y techos. Continuación.

Norma IRAM 11601		CALCULO DE LA TRANSMITANCIA TERMICA			
Proyecto:					
Elemento:	Muro interior				
Epoca del año:	Verano	Flujo de calor:		Horizontal	
Zona Bioambiental:	IIIa	Temperatura de diseño:		36,7 °C	
Capa del elemento constructivo	Densidad (kg/m ³)	Espesor (m)	Conductividad (W/m.K)	Resistencia (m ² .K/W)	
Resistencia superficial exterior	---	---	---	0,13	
1 Placa de durlok (yeso)	1000	0,0125	0,440	0,03	
2 Camara de aire	---	0,1000	---	0,17	
3 Placa de durlok (yeso)	1000	0,0125	0,440	0,03	
4					
5					
6					
7					
Resistencia superficial interior	---	---	---	0,04	
TOTAL	---	0,125	---	0,40	
Transmitancia térmica del componente (W/m ² .K)				2,52	
				kcal/h.m2.°C	2,16

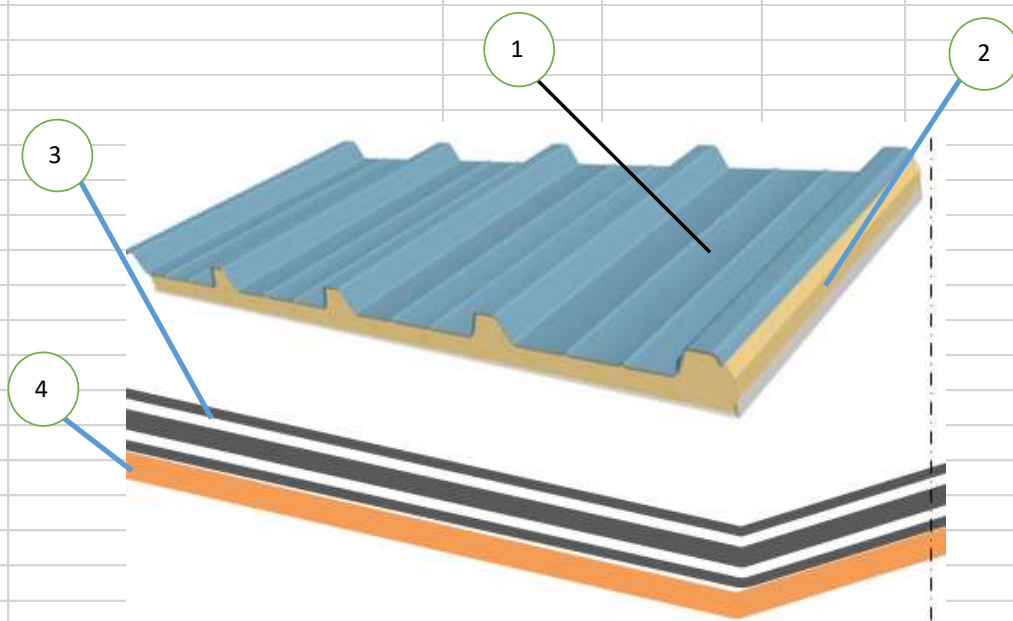
El diagrama muestra un corte transversal de un muro interior. Se identifican tres capas principales numeradas con círculos verdes y líneas azules:

- 1: Una placa exterior de durlok (yeso) de color naranja.
- 2: Una cámara de aire (cavidad) entre las placas.
- 3: Una placa interior de durlok (yeso) de color naranja.

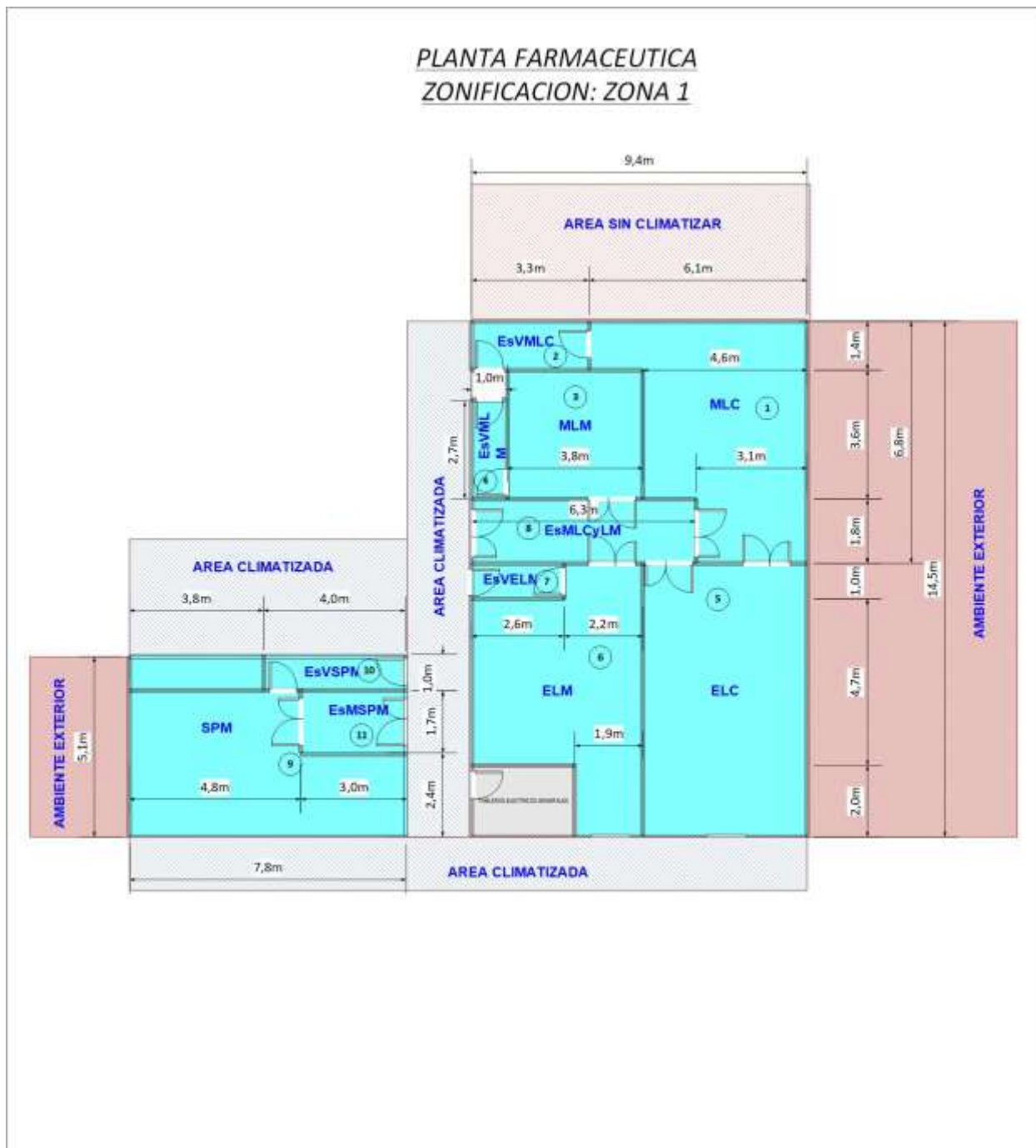
 El muro está montado sobre una estructura de soporte que incluye un perfilado metálico y aislamiento térmico en la parte inferior y lateral.

Anexo 9 Transmitancia muros y techos. Continuación.

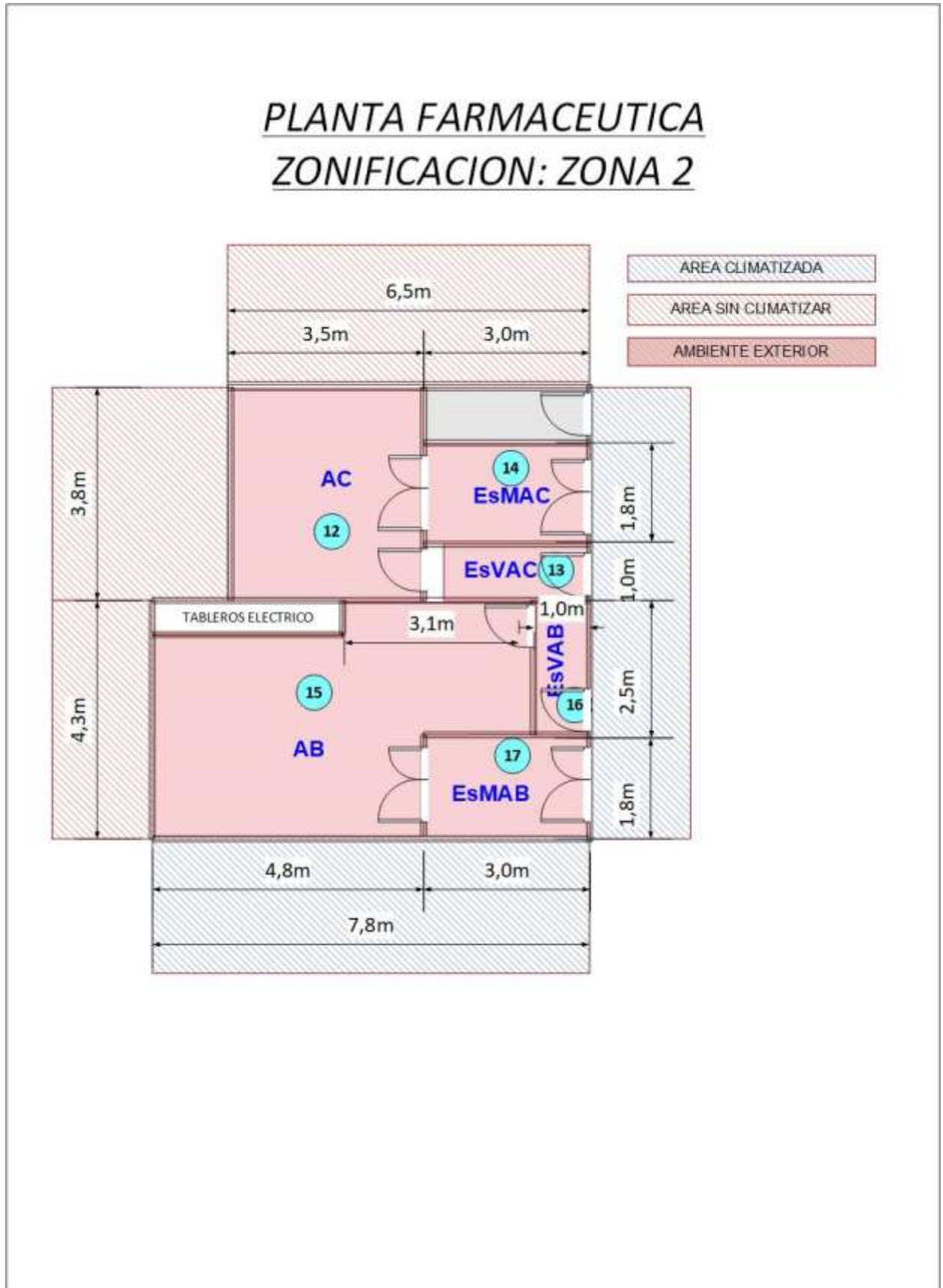
Norma IRAM 11601		CALCULO DE LA TRANSMITANCIA TERMICA			
Proyecto:					
Elemento:	Techo				
Epoca del año:	Verano	Flujo de calor:		Horizontal	
Zona Bioambiental:	IIIa	Temperatura de diseño:		36,7 °C	
Capa del elemento constructivo	Densidad (kg/m ³)	Espesor (m)	Conductividad (W/m.K)	Resistencia (m ² .K/W)	
Resistencia superficial exterior	---	---	---		
1 Chapa de zinc Trapezoidal	7100	0,0010	110,0		
2 Aislación lana de vidrio reves foil Al	40	0,0500	0,038		
Resistencia superficial interior	---	---	---		
Camara de aire	---	0,1	---		
Resistencia superficial exterior	---	---	---	0,1	
4 Polietileno expandido plancha (tergopo)	25	0,0254	0,0	0,77	
5 Placa de durlok (yeso)	1000	0,0125	0,440	0,03	
6					
7					
Resistencia superficial interior	---	---	---	0,04	
TOTAL	---	0,1889		0,94	
Transmitancia térmica del componente (W/m².K)				1,07	
				kcal/h.m ² .°C	0,92



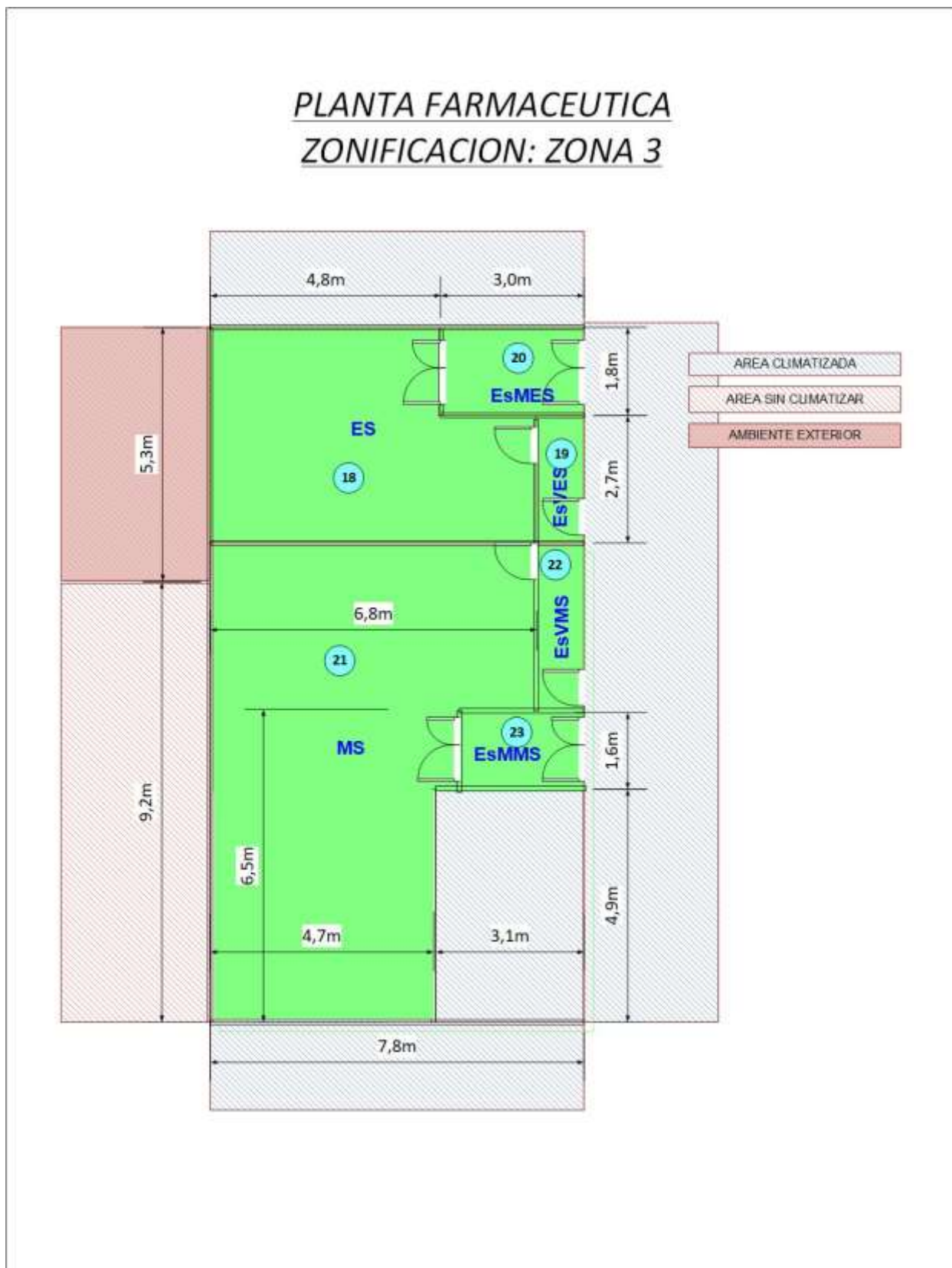
Anexo 10. Dimensiones de las Zonas.



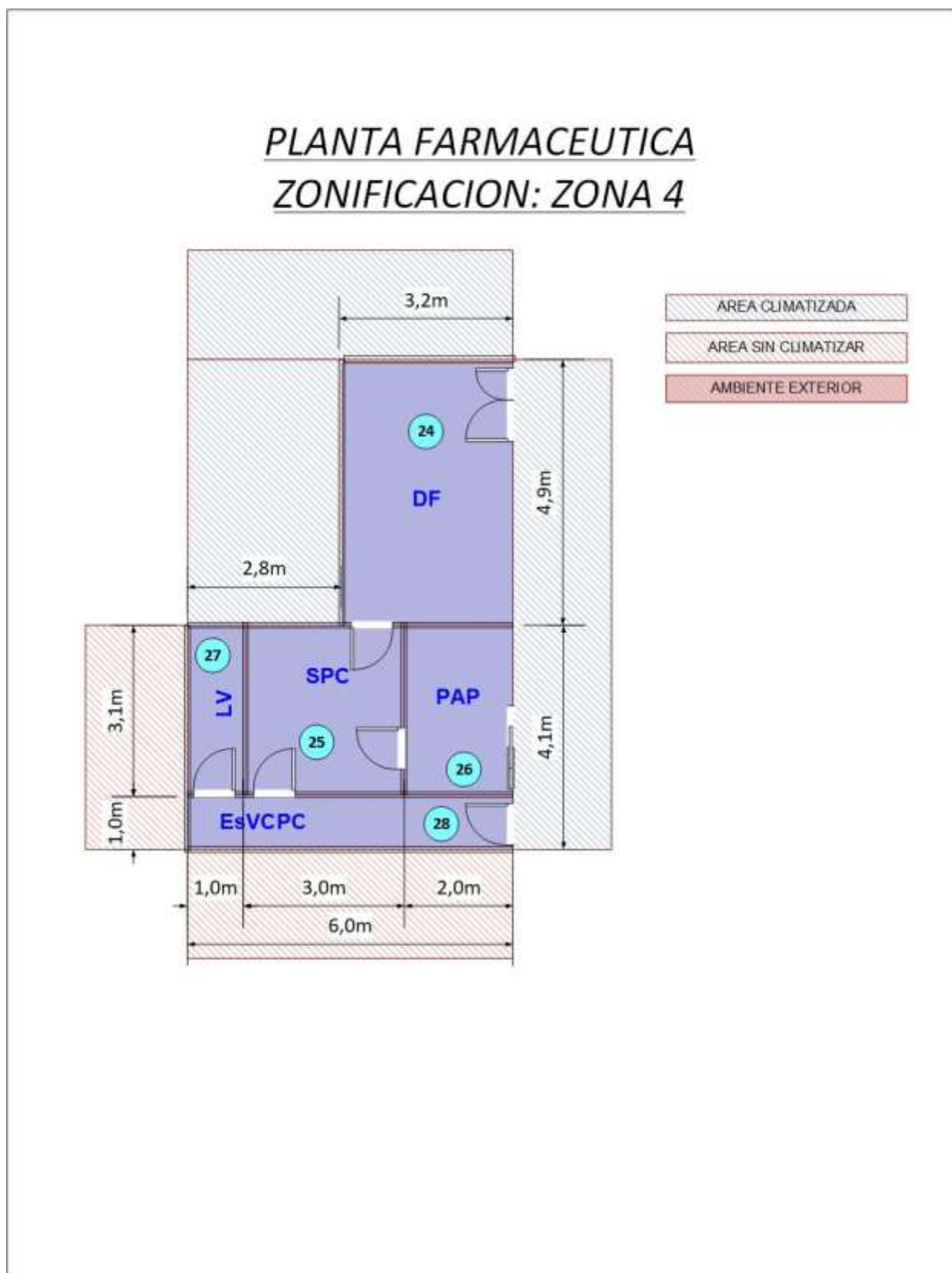
Anexo 10 Dimensiones de las Zonas.



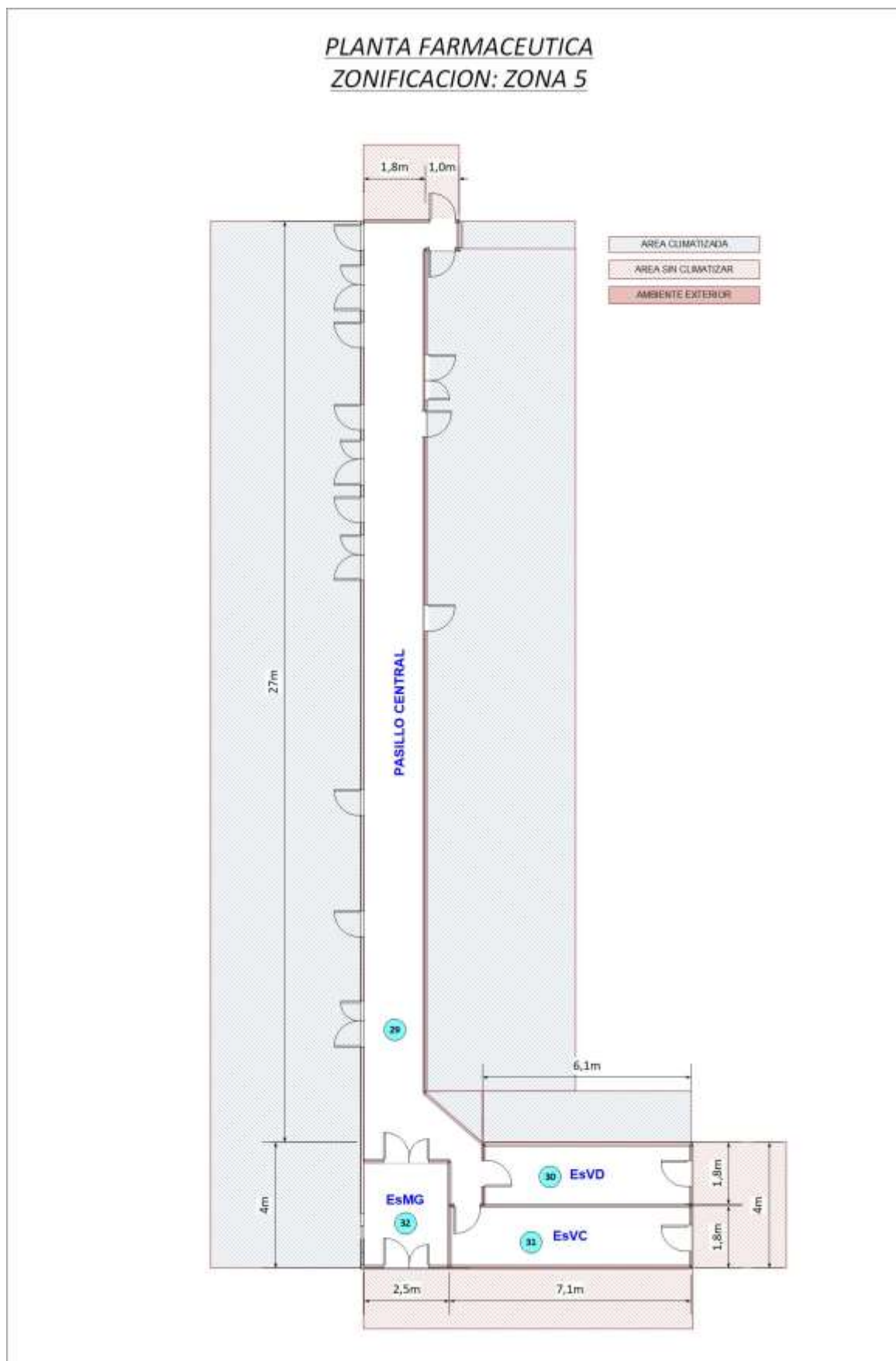
Anexo 10 Dimensiones de las Zonas.



Anexo 10 Dimensiones de las Zonas.



Anexo 10 Dimensiones de las Zonas.



Anexo 11 Planillas balance térmico.. Continuación.



ZONA 3																			
BALANCE TERMICO PARA VERANO										CALCULO DE CAUDALES Y POTENCIAS FRIGORIFICAS									
CONDICIONES DE DISEÑO										ABACO PSICROMETRICO - PROPIEDADES FISICA DEL AIRE									
ALTIMUD SAN LUIS 713 m			HORA 15 hr		HUMEDAD RELATIVA INTERIOR Hri 50,0 %					HUMEDAD ESPECIFICA INT. hei 9,0 gr/kg									
TEMPERATURA INTERIOR ti 22,0 °C					HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR Hre 56,4 %					HUMEDAD ESPECIFICA EXT. hee 25,5 gr/kg									
TEMPERATURA EXTERIOR te 37,6 °C					VOL. ESPECIFICO AIRE INT Vei 0,926 m3/kg					ENTALPIA INT Hi 10,7 kcal/kg									
ZONA 3			Superficie del piso 107 m²		VOL. ESPECIFICO AIRE EXT Vee 1,000 m3/kg					ENTALPIA EXT He 24,7 kcal/kg									
Altura techo 3 m			Volumen 321 m³																
SUPERFICIE DE TRANSMISION										CALOR SENSIBLE					CALOR LATENTE				
OPACA										Externas					Internas				
TRASLUCIDA										Transmision					Internas				
										Opaco					Internas				
										Q= K. F. ΔT					Q= K. F. ΔT				
										Q= L. F. C					Q= L. F. C				
										Occupantes					Occupantes				
										Iluminacion (Led 1,72 kcal/h x m2)					Maquinas				
										Artefactor y otros					Artefactos				
										Os Interior + Exterior + 10% Conductos					Artefactos				
										RH Q latente Interior					RH Q latente Interior				
POR CARGAS TERMICAS										CAUDAL POR CARGAS TERMICAS Cst 6242 m3/h					POR BALANCE DE CAUDALES CAUDAL POR RENOVACIONES Csr 9548 m3/h				
DATOS OBTENIDOS POR DIAGRAMA PSICROMETRICO																			
CAUDAL DE SUM. SEL. Cs 9548 m3/h										TEMPERATURA DE IMPULSION Timp 15,5 °C					HUMEDAD ABSOLUTA DE IMPULSION himp 9,0 g/kg				
PORCENTAJE AIRE EXTERIOR P% 20%										CAUDAL DE AIRE EXTERIOR Caee = P% * Cs 1910 m3/h					TEMPERATURA DE LA MEZCLA Tm 25 °C				
CAUDAL DE AIRE EXTERIOR Caee = P% * Cs										CAUDAL DE AIRE DE RECIRCULACION Cr = (1-P%) * Cs 7638 m3/h					HUMEDAD ABS DE LA MEZCLA hm 12,1 g/kg				
FATOR BYPASS BF 0,1										ENTALPIA DE LA MEZCLA Hm 13,4 kcal/kg									
TEMP. DE PRA Tpra 11,0 °C										TEMP. DE SALIDA SERPENTIN Tss 12,1 °C									
HUMEDAD ESPECIFICA PRA hpra 8,9 g/kg										HUMEDAD ESPECIFICA DE SALIDA hss 8,9 g/kg									
ENTALPIA PRA Hadp 8,0 kcal/kg										ENTALPIA SALIDA SERPENTIN Hss 8,3 kcal/h									
POTENCIAS DE REFRIGERACION																			
CAPACIDAD SENSIBLE 35719 kcal/h										CAPACIDAD LATENTE 21693 kcal/h									
42 Kw										25 Kw									
POTENCIA TOTAL 57460 kcal/h										POTENCIA DE PRE-CALE 9311 kcal/h									
67 Kw										11 Kw									
TOTAL CALOR SENSIBLE EXTERIOR 4141																			
REFERENCIAS																			
DESIGNACION			ORIENTACION			DIVIDE													
M MURO			SE SURESTE			Int. Interior													
T TECHO			NE NORESTE			Ext. Exterior													
P PISO			SO SUROESTE																
V VENTANA			NO NOROESTE																

Anexo 11 Planillas balance térmico.. Continuación.



ZONA 4																																																																																																																																																																									
BALANCE TERMICO PARA VERANO										CALCULO DE CAUDALES Y POTENCIAS FRIGORIFICAS																																																																																																																																																															
CONDICIONES DE DISEÑO										ABACO PSICROMETRICO - PROPIEDADES FISICA DEL AIRE																																																																																																																																																															
ALTITUD SAN LUIS		713 m		HORA		15 hr				HUMEDAD RELATIVA INTERIOR		Hri		50,0 %		HUMEDAD ESPECIFICA INT.		hei		9,0 gr/kg																																																																																																																																																					
TEMPERATURA INTERIOR		ti		22,0 °C						HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR		Hre		56,4 %		HUMEDAD ESPECIFICA EXT.		hee		25,5 gr/kg																																																																																																																																																					
TEMPERATURA EXTERIOR		te		37,6 °C						VOL. ESPECIFICO AIRE INT		Vei		0,926 m3/kg		ENTALPIA INT		Hi		10,7 kcal/kg																																																																																																																																																					
ZONA 4										VOL. ESPECIFICO AIRE EXT		Vee		1,000 m3/kg		ENTALPIA EXT		He		24,7 kcal/kg																																																																																																																																																					
Superficie del piso		40 m ²																																																																																																																																																																							
Altura techo		3 m																																																																																																																																																																							
Volumen		120 m ³																																																																																																																																																																							
										<table border="1"> <tr> <td>GANANCIA SENSIBLE DE LA ZONA</td> <td>Qst</td> <td>1384</td> <td>kcal/h</td> <td>DIF.DE T. DE SUMINISTRO</td> <td>Δt</td> <td>10,0</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>GANANCIA LATENTE DE LA ZONA</td> <td>Qlt</td> <td>118</td> <td>kcal/h</td> <td>TEMPERATURA DE SUMINISTRO</td> <td>Ts</td> <td>12,0</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>GANANCIA TOTALES DE LA ZONA</td> <td>Qt</td> <td>1502</td> <td>kcal/h</td> <td>PUNTO DE ROSIO APARATO</td> <td>PRA</td> <td>10,7</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>FACTOR DE CALOR SENSIBLE</td> <td>FCS</td> <td>0,92</td> <td>---</td> <td>CAUDAL DE SUM.</td> <td>Cst= Qst/0,29*Δt</td> <td>477</td> <td>m3/h</td> </tr> </table>										GANANCIA SENSIBLE DE LA ZONA	Qst	1384	kcal/h	DIF.DE T. DE SUMINISTRO	Δt	10,0	°C	GANANCIA LATENTE DE LA ZONA	Qlt	118	kcal/h	TEMPERATURA DE SUMINISTRO	Ts	12,0	°C	GANANCIA TOTALES DE LA ZONA	Qt	1502	kcal/h	PUNTO DE ROSIO APARATO	PRA	10,7	°C	FACTOR DE CALOR SENSIBLE	FCS	0,92	---	CAUDAL DE SUM.	Cst= Qst/0,29*Δt	477	m3/h																																																																																																																						
GANANCIA SENSIBLE DE LA ZONA	Qst	1384	kcal/h	DIF.DE T. DE SUMINISTRO	Δt	10,0	°C																																																																																																																																																																		
GANANCIA LATENTE DE LA ZONA	Qlt	118	kcal/h	TEMPERATURA DE SUMINISTRO	Ts	12,0	°C																																																																																																																																																																		
GANANCIA TOTALES DE LA ZONA	Qt	1502	kcal/h	PUNTO DE ROSIO APARATO	PRA	10,7	°C																																																																																																																																																																		
FACTOR DE CALOR SENSIBLE	FCS	0,92	---	CAUDAL DE SUM.	Cst= Qst/0,29*Δt	477	m3/h																																																																																																																																																																		
										<table border="1"> <tr> <td>POR CARGAS TERMICAS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>POR BALANCE DE CAUDALES</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CAUDAL POR CARGAS TERMICAS</td> <td>Cst</td> <td>477</td> <td>m3/h</td> <td>CAUDAL POR RENOVACIONES</td> <td>Csr</td> <td>3052</td> <td>m3/h</td> </tr> </table>										POR CARGAS TERMICAS				POR BALANCE DE CAUDALES				CAUDAL POR CARGAS TERMICAS	Cst	477	m3/h	CAUDAL POR RENOVACIONES	Csr	3052	m3/h																																																																																																																																						
POR CARGAS TERMICAS				POR BALANCE DE CAUDALES																																																																																																																																																																					
CAUDAL POR CARGAS TERMICAS	Cst	477	m3/h	CAUDAL POR RENOVACIONES	Csr	3052	m3/h																																																																																																																																																																		
										DATOS OBTENIDOS POR DIAGRAMA PSICROMETRICO																																																																																																																																																															
										<table border="1"> <tr> <td>CAUDAL DE SUM. SEL.</td> <td>Cs</td> <td>3052</td> <td>m3/h</td> <td>TEMPERATURA DE IMPULSION</td> <td>Timp</td> <td>20,4</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>PORCENTAJE AIRE EXTERIOR</td> <td>P%</td> <td>100%</td> <td>---</td> <td>HUMEDAD ABSOLUTA DE IMPULSION</td> <td>himp</td> <td>8,95</td> <td>g/kg</td> </tr> <tr> <td>CAUDAL DE AIRE EXTERIOR</td> <td>Cae</td> <td>3052</td> <td>m3/h</td> <td>TEMPERATURA DE LA MEZCLA</td> <td>Tm</td> <td>37,6</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>CAUDAL DE AIRE DE RECIRCULACION</td> <td>Cr</td> <td>0</td> <td>m3/h</td> <td>HUMEDAD ABS DE LA MEZCLA</td> <td>hm</td> <td>25,5</td> <td>g/kg</td> </tr> <tr> <td>FACTOR BYPASS</td> <td>BF</td> <td>0,1</td> <td>---</td> <td>ENTALPIA DE LA MEZCLA</td> <td>Hm</td> <td>24,7</td> <td>kcal/kg</td> </tr> </table>										CAUDAL DE SUM. SEL.	Cs	3052	m3/h	TEMPERATURA DE IMPULSION	Timp	20,4	°C	PORCENTAJE AIRE EXTERIOR	P%	100%	---	HUMEDAD ABSOLUTA DE IMPULSION	himp	8,95	g/kg	CAUDAL DE AIRE EXTERIOR	Cae	3052	m3/h	TEMPERATURA DE LA MEZCLA	Tm	37,6	°C	CAUDAL DE AIRE DE RECIRCULACION	Cr	0	m3/h	HUMEDAD ABS DE LA MEZCLA	hm	25,5	g/kg	FACTOR BYPASS	BF	0,1	---	ENTALPIA DE LA MEZCLA	Hm	24,7	kcal/kg																																																																																																														
CAUDAL DE SUM. SEL.	Cs	3052	m3/h	TEMPERATURA DE IMPULSION	Timp	20,4	°C																																																																																																																																																																		
PORCENTAJE AIRE EXTERIOR	P%	100%	---	HUMEDAD ABSOLUTA DE IMPULSION	himp	8,95	g/kg																																																																																																																																																																		
CAUDAL DE AIRE EXTERIOR	Cae	3052	m3/h	TEMPERATURA DE LA MEZCLA	Tm	37,6	°C																																																																																																																																																																		
CAUDAL DE AIRE DE RECIRCULACION	Cr	0	m3/h	HUMEDAD ABS DE LA MEZCLA	hm	25,5	g/kg																																																																																																																																																																		
FACTOR BYPASS	BF	0,1	---	ENTALPIA DE LA MEZCLA	Hm	24,7	kcal/kg																																																																																																																																																																		
<p>Nota: se considera como salto térmico ΔT a los siguientes valores</p> <ul style="list-style-type: none"> - Para exterior soleado ΔT= te - ti (de diseño) - Para exterior en sombra ΔT= 0 (cero) - Para interior climatizado ΔT= (te - ti) - 3°C - Para interior sin climatizar ΔT= (te - ti) - 3°C 																																																																																																																																																																									
<table border="1"> <tr> <td>M SE Int</td> <td>2,16</td> <td>9</td> <td>27</td> <td>27,0</td> <td>0,0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>M NE Int</td> <td>2,16</td> <td>6</td> <td>18</td> <td>18,0</td> <td>0,0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>M SO Int</td> <td>2,16</td> <td>6</td> <td>18</td> <td>18,0</td> <td>12,6</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>M NO Int</td> <td>2,16</td> <td>4,9</td> <td>14,7</td> <td>14,7</td> <td>0,0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>M NO Ext</td> <td>2,16</td> <td>4,1</td> <td>12,3</td> <td>12,3</td> <td>12,6</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>T -- Int</td> <td>0,92</td> <td>--</td> <td>0</td> <td>40,0</td> <td>7,8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										M SE Int	2,16	9	27	27,0	0,0																M NE Int	2,16	6	18	18,0	0,0																M SO Int	2,16	6	18	18,0	12,6																M NO Int	2,16	4,9	14,7	14,7	0,0																M NO Ext	2,16	4,1	12,3	12,3	12,6																T -- Int	0,92	--	0	40,0	7,8																<table border="1"> <tr> <td>TEMP. DE PRA</td> <td>Tpra</td> <td>10,3</td> <td>°C</td> <td>TEMP. DE SALIDA SERPENTIN</td> <td>Tss</td> <td>11,6</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>HUMEDAD ESPECIFICA PRA</td> <td>hpra</td> <td>8,5</td> <td>g/kg</td> <td>HUMEDAD ESPECIFICA DE SALIDA SERPENTIN</td> <td>hss</td> <td>8,5</td> <td>g/kg</td> </tr> <tr> <td>ENTALPIA PRA</td> <td>Hadp</td> <td>7,6</td> <td>kcal/kg</td> <td>ENTALPIA SALIDA SERPENTIN</td> <td>Hss</td> <td>8,0</td> <td>kcal/h</td> </tr> </table>										TEMP. DE PRA	Tpra	10,3	°C	TEMP. DE SALIDA SERPENTIN	Tss	11,6	°C	HUMEDAD ESPECIFICA PRA	hpra	8,5	g/kg	HUMEDAD ESPECIFICA DE SALIDA SERPENTIN	hss	8,5	g/kg	ENTALPIA PRA	Hadp	7,6	kcal/kg	ENTALPIA SALIDA SERPENTIN	Hss	8,0	kcal/h
M SE Int	2,16	9	27	27,0	0,0																																																																																																																																																																				
M NE Int	2,16	6	18	18,0	0,0																																																																																																																																																																				
M SO Int	2,16	6	18	18,0	12,6																																																																																																																																																																				
M NO Int	2,16	4,9	14,7	14,7	0,0																																																																																																																																																																				
M NO Ext	2,16	4,1	12,3	12,3	12,6																																																																																																																																																																				
T -- Int	0,92	--	0	40,0	7,8																																																																																																																																																																				
TEMP. DE PRA	Tpra	10,3	°C	TEMP. DE SALIDA SERPENTIN	Tss	11,6	°C																																																																																																																																																																		
HUMEDAD ESPECIFICA PRA	hpra	8,5	g/kg	HUMEDAD ESPECIFICA DE SALIDA SERPENTIN	hss	8,5	g/kg																																																																																																																																																																		
ENTALPIA PRA	Hadp	7,6	kcal/kg	ENTALPIA SALIDA SERPENTIN	Hss	8,0	kcal/h																																																																																																																																																																		
										POTENCIAS DE REFRIGERACION																																																																																																																																																															
										<table border="1"> <tr> <td>CAPACIDAD SENSIBLE</td> <td>23012</td> <td>kcal/h</td> <td>CAPACIDAD LATENTE</td> <td>36838</td> <td>kcal/h</td> </tr> <tr> <td></td> <td>27</td> <td>Kw</td> <td></td> <td>43</td> <td>Kw</td> </tr> <tr> <td>POTENCIA TOTAL</td> <td>60143</td> <td>kcal/h</td> <td>POTENCIA DE PRE-CALE</td> <td>7821</td> <td>kcal/h</td> </tr> <tr> <td></td> <td>70</td> <td>Kw</td> <td></td> <td>9</td> <td>Kw</td> </tr> </table>										CAPACIDAD SENSIBLE	23012	kcal/h	CAPACIDAD LATENTE	36838	kcal/h		27	Kw		43	Kw	POTENCIA TOTAL	60143	kcal/h	POTENCIA DE PRE-CALE	7821	kcal/h		70	Kw		9	Kw																																																																																																																														
CAPACIDAD SENSIBLE	23012	kcal/h	CAPACIDAD LATENTE	36838	kcal/h																																																																																																																																																																				
	27	Kw		43	Kw																																																																																																																																																																				
POTENCIA TOTAL	60143	kcal/h	POTENCIA DE PRE-CALE	7821	kcal/h																																																																																																																																																																				
	70	Kw		9	Kw																																																																																																																																																																				
										<table border="1"> <tr> <td colspan="10" style="text-align: center;">TOTAL CALOR SENSIBLE EXTERIOR</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">1112</td> </tr> </table>										TOTAL CALOR SENSIBLE EXTERIOR										1112																																																																																																																																											
TOTAL CALOR SENSIBLE EXTERIOR										1112																																																																																																																																																															
REFERENCIAS DESIGNACION ORIENTACION DIVIDE M MURO SE SURESTE Int. Interior T TECHO NE NORESTE Ext. Exterior P PISO SO SUROESTE V VENTANA NO NOROESTE																																																																																																																																																																									

Anexo 11 Planillas balance térmico.. Continuación.

ZONA 1																				
BALANCE TERMICO PARA INVIERNO																				
CONDICIONES DE DISEÑO					ABACO PSICROMETRICO - PROPIEDADES FISICA DEL AIRE															
ALTITUD SAN LUIS		713 m	HORA		15 hr															
TEMPERATURA INTERIOR		ti			22,0 °C	HUMEDAD RELATIVA INTERIOR					Hri	50,0 %		VOL. ESPECIFICO AIRE INT		Vei	0,847 m3/kg			
TEMPERATURA EXTERIOR		te			-4,2 °C	HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR					Hre	59,0 %		VOL. ESPECIFICO AIRE EXT		Vee	0,753 m3/kg			
					HUMEDAD ESPECIFICA INT.					hei	8,2 gr/kg		ENTALPIA INT					Hi	10,3 kcal/kg	
					HUMEDAD ESPECIFICA EXT.					hee	1,5 gr/kg		ENTALPIA EXT					He	0,2 kcal/kg	
LOCAL					SUPERFICIE DE TRANSMISION															
Superficie del piso	Altura techo	Volumen	Desiganción	Orientación	DIVIDE	DESIGNACION					TRASLUCIDA									
						(K) Transmistan	(L) Largo pared	Área total	(F) Area efectiva opaca	(ΔT) diseño	(K) Transmistan	L1 VENTANAS	L2 VENTANAS	(F) Area (m2)	ΔT°= Tex - Tint	Q= K. F. ΔT				
m²	m	m³	--	--	--	kcal/h.m2 °C	m	m²	m²	°C	kcal/h.m2 °C	m	m	m²	°C	kcal/h				
Nota: se considera como salto térmico ΔT a los siguientes valores																				
136	3	409	- Para exterior soleado								ΔT' Equivalente de tabla									
41	3	123	- Para exterior								ΔT= ti - te (de diseño)									
177		532	- Para interior climatizado								ΔT= 0 (cero)									
			- Para interior sin climatizar								ΔT= (ti - te)/2									
PERDIDAS DE CALOR																				
TRANSMISION POR DIRERENCIA DE TEMP															Qo	6160	kcal/h			
INTERRUPCION DEL SERVICIO															Zd	7%	431	kcal/h		
PERDIDAS DE CALOR POR CONDUCTOS															Zh	5%	308	kcal/h		
INCREMENTO POR ORIENTACION DEL LOCAL															Zc	5%	308	kcal/h		
PERDIDAS TOTALES															Qt	7207	kcal/h			
Qt= Qo +Zd+Zh+Zc																				
CAUDAL DE CALEFACCION (CONSIDERACION MAS DEFABORABLI															Cstc	2485	m3/min			
Cstc= Qst/0,29*Δt																				
ELEMENTOS OPACOS																				
			M	SE	Ext	0,5	14,5	44	39	26,2							509			
			M	NE	Int	0,5	9,4	28	28	13,1							185			
ZONA 1			M	SO	Int	2,16	9,4	28	28	0,0							0			
			M	NO	Int	2,16	14,5	44	44	0,0							0			
			T	--	Int	0,92	--	136	136	13,1							1639			
SALAS			M	NO	Ext	0,5	5	15	13	26,2							173			
			M	NE	Int	2,16	8	24	24	0,0							0			
			M	SO	Int	2,16	8	24	24	0,0							0			
1 MLC			M	SE	Int	2,16	9	27	27	0,0							0			
2 MLM			T	--	Int	0,92	--	0	41	13,1							494			
3 ELC																				
4 ELM			p	--	S/T	1	--	177	177	13,1							2319			
5 EVMLC																				
6 EVMLM			V	SE	EXT						5	2	1	2	26,2	262				
7 EVMLM			V	SE	EXT						5	0,94	0,94	0,884	26,2	116				
8 EMLCyLM			V	SE	EXT						5	0,94	0,94	0,884	26,2	116				
			V	SE	EXT						5	0,94	0,94	0,884	26,2	116				
			V	NO	EXT						5	0,94	0,94	0,884	26,2	116				
			V	NO	EXT						5	0,94	0,94	0,884	26,2	116				
PERDIDAS DE CALOR POR TRANSMISION																6160				
REFERENCIAS																				
			DESIGNACION		ORIENTACION		DIVIDE													
			M	MURO	SE	SURESTE	Int.	Interior												
			T	TECHO	NE	NORESTE	Ext	Exterior												
			P	PISO	SO	SUROESTE														
			V	VENTANA	NO	NOROESTE														
															POTENCIA TOTAL		213	Kw		
															CAPACIDAD SENSIBLE		134	Kw		
															CAPACIDAD LATENTE		79	Kw		

Anexo 11 Planillas balance térmico.. Continuación.



ZONA 2

BALANCE TERMICO PARA INVIERNO

CONDICIONES DE DISEÑO

ABACO PSICROMETRICO - PROPIEDADES FISICA DEL AIRE

ALTITUD SAN LUIS	713 m	HORA	15 hr
TEMPERATURA INTERIOR	ti		22,0 °C
TEMPERATURA EXTERIOR	te		-4,2 °C

HUMEDAD RELATIVA INTERIOR	Hri	50,0 %
HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR	Hre	59,0 %

VOL. ESPECIFICO AIRE INT	Vei	0,847 m3/kg
VOL. ESPECIFICO AIRE EXT	Vee	0,753 m3/kg

HUMEDAD ESPECIFICA INT.	hei	8,2 gr/kg
HUMEDAD ESPECIFICA EXT.	hee	1,5 gr/kg

ENTALPIA INT	Hi	10,3 kcal/kg
ENTALPIA EXT	He	0,2 kcal/kg

LOCAL						SUPERFICIE DE TRANSMISION										
Superficie del pisc	Altura techo	Volumen	Desisgación	Orientación	DIVIDE	DESIGNACION					TRASLUCIDA					Q= K. F. ΔT
						(K) Transmista	(L) Largo pare	Área total	(F) Área efectiva	(ΔT) diseño	(K) Transmista	L1 VENTANAS	L2 VENTANAS	(F) Área (m2)	ΔT°= Tex - Tint	
m²	m	m³	-	-	-	kcal/h.m2 °C	m	m²	m²	°C	kcal/h.m2 °C	m	m	m²	°C	kcal/h
55	3	165	Nota: se considera como salto térmico ΔT a los siguientes valores - Para exterior soleado ΔT' Equivalente de tabla - Para exterior ΔT= ti - te (de diseño) - Para interior climatizado ΔT= 0 (cero) - Para interior sin climatizar ΔT= (ti - te)/2													

PERDIDAS DE CALOR			
TRANSMISION POR DIRERENCIA DE TEMP	Qo	2013	kcal/h
INTERRUPCION DEL SERVICIO	Zd	7%	141 kcal/h
PERDIDAS DE CALOR POR CONDUCTOS	Zh	5%	101 kcal/h
INCREMENTO POR ORIENTACION DEL LOCAL	Zc	5%	101 kcal/h
PERDIDAS TOTALES	Qt	2355	kcal/h
Qt= Qo +Zd+Zh+Zc			

M	SE	Int	2,16	8,1	24	24	0,0	0	ELEMENTOS OPACOS
M	SO	Int	2,16	7,8	23	23	0,0	0	
M	NO	Ext	2,16	8,1	24	24	13,1	688	
								0	
T	--	Int	0,92	--	55	55	13,1	663	
p	--	S/T	1	--	55	55	13,1	0	
SALAS									
1	AC							0	
2	EsVAC							0	
3	EsMAC							0	
4	AB							0	
5	EsVAB							0	
6	EsMAB							0	
PERDIDAS DE CALOR POR TRANSMISION									
									2013

CAUDAL DE CALEFACCION (CONSIDERACION MAS DEFABORABL	Cstc	812	m3/min
Cstc= Qst/0,29*Δt			

CAUDAL DE IMPULSION	8989	m3/min
CONDICIONES DE TEMPERATURA DE IMPULSION	22,9	°C
CONDICIONES DE HUMEDAD ESPECIFICA IMPULSION	8,2	g/KG

POTENCIA DE CALEFACCION - POR DIAGRAMA PSICROMETRICO		
POTENCIA TOTAL	30,6	Kw
CAPACIDAD SENSIBLE	19,9	Kw
CAPACIDAD LATENTE	10,7	Kw

REFERENCIAS	DESIGNACION	ORIENTACION	DIVIDE
M	MURO	SE SURESTE	Int. Interior
T	TECHO	NE NORESTE	Ext Exterior
P	PISO	SO SUROESTE	
V	VENTANA	NO NOROESTE	

Anexo 11 Planillas balance térmico.. Continuación.

ZONA 3																		
BALANCE TERMICO PARA INVIERNO																		
CONDICIONES DE DISEÑO					ABACO PSICROMETRICO - PROPIEDADES FISICA DEL AIRE													
ALTITUD SAN LUIS		713 m	HORA		15 hr													
TEMPERATURA INTERIOR		ti			22,0 °C		HUMEDAD RELATIVA INTERIOR		Hri	50,0 %		VOL. ESPECIFICO AIRE INT		Vei	0,847 m3/kg			
TEMPERATURA EXTERIOR		te			-4,2 °C		HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR		Hre	59,0 %		VOL. ESPECIFICO AIRE EXT		Vee	0,753 m3/kg			
					HUMEDAD ESPECIFICA INT.		hei	8,2 gr/kg		ENTALPIA INT					Hi	10,3 kcal/kg		
					HUMEDAD ESPECIFICA EXT.		hee	1,5 gr/kg		ENTALPIA EXT					He	0,2 kcal/kg		
LOCAL					SUPERFICIE DE TRANSMISION													
Superficie del piso	Altura techo	Volumen	Desiganción	Orientación	DIVIDE	DESIGNACION					TRASLUCIDA							
						(K) Transmistançi	(L) Largo pared	Área total	(F) Area efectiva opaca	(ΔT) diseño	(K) Transmistançi	L1 VENTANAS	L2 VENTANAS	(F) Area (m2)	°ΔT°= Tex - Tint	Q= K. F. ΔT		
m²	m	m³	--	--	--	kcal/h.m2 °C	m	m²	m²	°C	kcal/h.m2 °C	m	m	m²	°C	kcal/h		
107	3	321	Nota: se considera como salto térmico ΔT a los siguientes valores															
										- Para exterior soleado					ΔT° Equivalente de tabla			
										- Para exterior					ΔT= ti - te (de diseño)			
										- Para interior climatizado					ΔT= 0 (cero)			
										- Para interior sin climatizar					ΔT= (ti - te)/2			
					ELEMENTOS OPACOS													
					M	SE	Int	2,16	14,5	44	43,5	0,0						0
					M	NE	Int	2,16	7,8	23	23,4	0,0						0
					M	SO	Int	2,16	6	18	18,0	0,0						0
ZONA 3					M	SO	Int	2,16	1,8	5,4	5,4	13,1						153
					M	NO	Int	2,16	9,2	28	27,6	13,1						781
					M	NO	Ext	0,5	5,3	16	15,9	26,2						208
					T	--	Int	0,92	--	107	107	13,1						1290
SALAS					p	--	S/T	1	--	107	107	13,1						1402
					1	ES												0
					2	EsVES												0
					3	EsMES												0
					4	MS												0
					5	EsVMS												0
					6	EsMMS												0
PERDIDAS DE CALOR POR TRANSMISION															3833			
REFERENCIAS																		
		DESIGNACION		ORIENTACION		DIVIDE												
		M MURO		SE SURESTE		Int. Interior												
		T TECHO		NE NORESTE		Ext Exterior												
		P PISO		SO SUROESTE														
		V VENTANA		NO NOROESTE														
PERDIDAS DE CALOR																		
TRANSMISION POR DIRERENCIA DE TEMP												Qo	3833	kcal/h				
INTERRUPCION DEL SERVICIO												Zd	7%	268 kcal/h				
PERDIDAS DE CALOR POR CONDUCTOS												Zh	5%	192 kcal/h				
INCREMENTO POR ORIENTACION DEL LOCAL												Zc	5%	192 kcal/h				
PERDIDAS TOTALES												Qt	4485	kcal/h				
												Qt= Qo +Zd+Zh+Zc						
CAUDAL DE CALEFACCION (CONSIDERACION MAS DEFABORABL												Cstc	1547	m3/min				
												Cstc= Qst/0,29*Δt						
CAUDAL DE IMPULSION													9548	m3/min				
CONDICIONES DE TEMPERATURA DE IMPULSION													23,6	°C				
CONDICIONES DE HUMEDAD ESPECIFICA IMPULSION													8,2	g/KG				
POTENCIA DE CALEFACCION - POR DIAGRAMA PSICROMETRICO																		
POTENCIA TOTAL													34,9	Kw				
CAPACIDAD SENSIBLE													23,5	Kw				
CAPACIDAD LATENTE													11,0	Kw				

Anexo 11 Planillas balance térmico.. Continuación.

ZONA 4																					
BALANCE TERMICO PARA INVIERNO																					
CONDICIONES DE DISEÑO ABACO PSICROMETRICO - PROPIEDADES FISICA DEL AIRE																					
ALTITUD SAN LUIS		713 m	HORA		15 hr		TEMPERATURA INTERIOR		ti	22,0 °C		HUMEDAD RELATIVA INTERIOR		Hri	50,0 %		VOL. ESPECIFICO AIRE INT		Vei	0,847 m3/kg	
TEMPERATURA EXTERIOR		te			-4,2 °C		HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR		Hre	59,0 %		VOL. ESPECIFICO AIRE EXT		Vee	0,753 m3/kg						
				HUMEDAD ESPECIFICA INT.		hei	8,2 gr/kg		ENTALPIA INT		Hi	10,3 kcal/kg									
				HUMEDAD ESPECIFICA EXT.		hee	1,5 gr/kg		ENTALPIA EXT		He	0,2 kcal/kg									
LOCAL			SUPERFICIE DE TRANSMISION																		
Superficie del piso	Altura techo	Volumen	Desiganción	Orientación	DIVIDE	DESIGNACION					TRASLUCIDA										
						(K) Transmistanc	(L) Largo pared	Area total	(F) Area efectiva opaca	(ΔT) diseño	(K) Transmistanc	L1 VENTANAS	L2 VENTANAS	(F) Area (m2)	ΔT°= Tex - Tint	Q°= K. F. ΔT					
m ²	m	m ³	--	--	--	kcal/h.m2 °C	m	m ²	m ²	°C	kcal/h.m2 °C	m	m	m ²	°C	kcal/h					
40	3	120	Nota: se considera como salto térmico ΔT a los siguientes valores - Para exterior soleado ΔT' Equivalente de tabla - Para exterior ΔT= ti - te (de diseño) 26,2 - Para interior climatizado ΔT= 0 (cero) 13,1 - Para interior sin climatizar ΔT= (ti - te)/2																		
ZONA 4			M SE Int	2,16	9	27	27,0	0,0	ELEMENTOS OPACOS								0				
			M NE Int	2,16	6	18	18,0	0,0		0											
			M SO Int	2,16	6	18	18,0	13,1		509											
			M NO Int	2,16	4,9	15	14,7	0,0		0											
			M NO Ext	2,16	4,1	12	12,3	13,1		348											
			T -- Int	0,92	--	40	40	13,1		0											
			p -- S/T	1	--	40	40	13,1		482											
SALAS															524						
1 DF															0						
2 SPC															0						
3 PAP															0						
4 LV															0						
5 EsVSPC															0						
PERDIDAS DE CALOR POR TRANSMISION												1863									
REFERENCIAS																					
			DESIGNACION	ORIENTACION			DIVIDE														
			M MURO	SE SURESTE	Int. Interior																
			T TECHO	NE NORESTE	Ext Exterior																
			P PISO	SO SUROESTE																	
			V VENTANA	NO NOROESTE																	
PERDIDAS DE CALOR																					
TRANSMISION POR DIRERENCIA DE TEMP															Qo	1863	kcal/h				
INTERRUPCION DEL SERVICIO															Zd	7%	130	kcal/h			
PERDIDAS DE CALOR POR CONDUCTOS															Zh	5%	93	kcal/h			
INCREMENTO POR ORIENTACION DEL LOCAL															Zc	5%	93	kcal/h			
PERDIDAS TOTALES															Qt	2180	kcal/h				
Qt= Qo +Zd+Zh+Zc																					
CAUDAL DE CALEFACCION (CONSIDERACION MAS DEFABORABL															Cstc	752	m3/min				
Cstc= Qst/0,29*Δt																					
CAUDAL DE IMPULSION															3052		m3/min				
CONDICIONES DE TEMPERATURA DE IMPULSION															24,5		°C				
CONDICIONES DE HUMEDAD ESPECIFICA IMPULSION															8,2		g/KG				
POTENCIA DE CALEFACCION - POR DIAGRAMA PSICROMETRICO																					
POTENCIA TOTAL															46,6		Kw				
CAPACIDAD SENSIBLE															29,8		Kw				
CAPACIDAD LATENTE															16,8		Kw				

Anexo 11 Planillas balance térmico.. Continuación.

ZONA 5																	
BALANCE TERMICO PARA INVIERNO																	
CONDICIONES DE DISEÑO																	
ABACO PSICROMETRICO - PROPIEDADES FISICA DEL AIRE																	
ALTITUD SAN LUIS	713 m	HORA	15 hr														
TEMPERATURA INTERIOR	ti	22,0 °C	HUMEDAD RELATIVA INTERIOR		Hri	50,0 %		VOL. ESPECIFICO AIRE INT		Vei	0,847 m3/kg						
TEMPERATURA EXTERIOR	te	-4,2 °C	HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR		Hre	59,0 %		VOL. ESPECIFICO AIRE EXT		Vee	0,753 m3/kg						
				HUMEDAD ESPECIFICA INT.		hei	8,2 gr/kg		ENTALPIA INT		Hi	10,3 kcal/kg					
				HUMEDAD ESPECIFICA EXT.		hee	1,5 gr/kg		ENTALPIA EXT		He	0,2 kcal/kg					
LOCAL			SUPERFICIE DE TRANSMISION														
Superficie del piso	Altura techo	Volumen	Desiganción	Orientación	DIVIDE	DESIGNACION					TRASLUCIDA						
						(K) Transmístan	(L) Largo pared	Área total	(F) Area efectiva opaca	(ΔT) diseño	(K) Transmístan	L1 VENTANAS	L2 VENTANAS	(F) Area (m2)	°ΔT°= Tex - Tint	Q= K. F. ΔT	
m²	m	m³	--	--	--	kcal/h.m2 °C	m	m²	m²	°C	kcal/h.m2 °C	m	m	m²	°C	kcal/h	
40	3	120	Nota: se considera como salto térmico ΔT a los siguientes valores - Para exterior soleado ΔT' Equivalente de tabla - Para exterior ΔT= ti - te (de diseño) - Para interior climatizado ΔT= 0 (cero) - Para interior sin climatizar ΔT= (ti - te)/2														
			M	SE	Int	2,16	27	81	81,0	0,0	ELEMENTOS OPACOS						0
			M	SE	Int	2,16	4	12	12,0	13,1		340					
			M	NE	Int	2,16	3,8	11	11,4	13,1		323					
ZONA 5			M	SO	Int	2,16	9,6	29	28,8	13,1		815					
			M	NO	Int	2,16	31	93	93,0	0,0		0					
			T	--	Int	0,92	--	40	40	13,1		482					
SALAS			p	--	S/T	1	--	40	40	13,1		524					
1 PC															0		
2 EsGM															0		
3 EsVD															0		
4 EsVC															0		
											PERDIDAS DE CALOR POR TRANSMISION		2483				
REFERENCIAS																	
			DESIGNACION			ORIENTACION					DIVIDE						
			M MURO			SE SURESTE					Int.					Interior	
			T TECHO			NE NORESTE					Ext					Exterior	
			P PISO			SO SUROESTE											
			V VENTANA			NO NOROESTE											
PERDIDAS DE CALOR																	
TRANSMISION POR DIRERENCIA DE TEMP										Qo	2483	kcal/h					
INTERRUPSION DEL SERVICIO										Zd	7%	174	kcal/h				
PERDIDAS DE CALOR POR CONDUCTOS										Zh	5%	124	kcal/h				
INCREMENTO POR ORIENTACION DEL LOCAL										Zc	5%	124	kcal/h				
PERDIDAS TOTALES										Qt	2905	kcal/h					
Qt= Qo +Zd+Zh+Zc																	
CAUDAL DE CALEFACCION (CONSIDERACION MAS DEFABORABL										Cstc	1002	m3/min					
Cstc= Qst/0,29*Δt																	
CAUDAL DE IMPULSION											4460	m3/min					
CONDICIONES DE TEMPERATURA DE IMPULSION											24,2	°C					
CONDICIONES DE HUMEDAD ESPECIFICA IMPULSION											8,2	g/KG					
POTENCIA DE CALEFACCION - POR DIAGRAMA PSICROMETRICO																	
POTENCIA TOTAL											13,8	Kw					
CAPACIDAD SENSIBLE											9,7	Kw					
CAPACIDAD LATENTE											4,1	Kw					

Anexo 12. Balance de caudales.

BALANCE DE CAUDALES																
ZONAS	SALAS	Ref.	CLASE	Renov / h	V (m³)	Suministro (m³/hs)	PD (Pa)	Salas adyacentes	PD (Pa)	DP (Pa)	Área de fuga (m²)	Infiltración (m³/h)	Exfiltraciones (m³/h)	Colector de poivos (m³/h)	Retorno/Extracción (m³/h)	
1	1	MLC	C	25	92,0	2301	20	EsVMLC	30	10	Puerta simple	0,025	239	0		
							20	EsMLCyLM	30	10	Puerta doble	0,040	383	0		
							20	ELC	20	0	Puerta doble	0,040	0	0		
												622	0	0	2923	
	2	EsVMLC	C	35	13,9	485	30	MLC	20	-10	Puerta simple	0,025	0	239		
							30	PC	20	-10	Puerta simple	0,025	0	239		
												0	478	0	7	
	3	MLM	C	25	41,0	1026	20	EsVMLM	30	10	Puerta simple	0,025	239	0		
							20	EsMLCyLM	30	10	Puerta doble	0,040	383	0		
												622	0	0	1648	
	4	EsVMLM	C	60	8,1	486	30	MLM	20	-10	Puerta simple	0,025	0	239		
							30	PC	20	-10	Puerta simple	0,025	0	239		
												0	478	0	8	
	5	ELC	D	20	106,3	2125	20	MLC	20	0	Puerta doble	0,040	0	0		
							20	EsMLCyLM	30	10	Puerta doble	0,040	383	0		
							20	Sala N/P	0	-20	40x40	0,160	0	2164		
												383	2164	0	344	
	6	ELM	D	20	85,7	1714	20	EsVELM	30	10	Puerta simple	0,025	239	0		
							20	EsMLCyLM	30	10	Puerta doble	0,040	383	0		
							20	Paso	0	-20	40x40	0,160	0	2164		
												622	2164	0	171	
	7	EsVELM	D	62	7,8	484	30	ELM	20	-10	Puerta simple	0,025	0	239		
							30	PC	20	-10	Puerta simple	0,025	0	239		
												0	478	0	5	
	8	EsMLCyLM	C	57	34,0	1939	30	MLC	20	-10	Puerta doble	0,040	0	383		
							30	MLM	20	-10	Puerta doble	0,040	0	383		
							30	ELC	20	-10	Puerta doble	0,040	0	383		
							30	ELM	20	-10	Puerta doble	0,040	0	383		
							30	PC	20	-10	Puerta doble	0,040	0	383		
												0	1913	0	27	
	9	SPM	C	25	95,6	2390	20	EsVSPM	30	10	Puerta simple	0,025	239	0		
							20	EsMSPM	30	10	Puerta doble	0,040	383	0		
												622	0	200	2811	
	10	EsVSPM	C	50	9,7	486	30	SPM	20	-10	Puerta simple	0,025	0	239		
							30	PC	20	-10	Puerta simple	0,025	0	239		
												0	478	0	8	
11	EsMSPM	C	48	16,2	778	30	SPM	20	-10	Puerta doble	0,040	0	383			
						30	PC	20	-10	Puerta doble	0,040	0	383			
											0	765	0	13		
2	12	AC	C	58	39,9	2314	20	EsVAC	30	10	Puerta simple	0,025	239	0		
							20	EsMAC	30	10	Puerta doble	0,040	383	0		
												622	0	0	2936	
	13	EsVAC	C	54	9,0	486	30	AC	20	-10	Puerta simple	0,025	0	239		
							30	PC	20	-10	Puerta simple	0,025	0	239		
												0	478	0	8	
	14	EsMAC	C	48	16,2	778	30	AC	20	-10	Puerta doble	0,040	0	383		
							30	PC	20	-10	Puerta doble	0,040	0	383		
												0	765	0	13	
	15	AB	D	54	76,9	4154	20	EsVAB	30	10	Puerta simple	0,025	239	0		
							20	EsMAB	30	10	Puerta doble	0,040	383	0		
												622	0	200	4575	
16	EsVAB	D	64	7,5	480	30	AB	20	-10	Puerta simple	0,025	0	239			
						30	PC	20	-10	Puerta simple	0,025	0	239			
											0	478	0	2		
17	EsMAB	D	48	16,2	778	30	AB	20	-10	Puerta doble	0,040	0	383			
						30	PC	20	-10	Puerta doble	0,040	0	383			
											0	765	0	13		
3	18	ES	D	28	105,3	2948	20	EsVES	30	10	Puerta simple	0,025	239	0		
							20	EsMES	30	10	Puerta doble	0,040	383	0		
												622	0	200	3370	
	19	EsVES	D	62	7,8	484	30	ES	20	-10	Puerta simple	0,025	0	239		
							30	PC	20	-10	Puerta simple	0,025	0	239		
												0	478	0	5	
	20	EsMES	D	48	16,2	778	30	ES	20	-10	Puerta doble	0,040	0	383		
							30	PC	20	-10	Puerta doble	0,040	0	383		
												0	765	0	13	
	21	MS	C	25	163,1	4076	20	EsVMS	30	10	Puerta simple	0,025	239	0		
							20	EsMMS	30	10	Puerta doble	0,040	383	0		
												622	0	200	4498	
22	EsVMS	C	46	10,5	483	30	MS	20	-10	Puerta simple	0,025	0	239			
						30	PC	20	-10	Puerta simple	0,025	0	239			
											0	478	0	5		
23	EsMMS	C	48	16,2	778	30	MS	20	-10	Puerta doble	0,040	0	383			
						30	PC	20	-10	Puerta doble	0,040	0	383			
											0	765	0	13		

Anexo 12 Balance de caudales. Continuación.

BALANCE DE CAUDALES																
ZONAS	SALAS	Ref.	CLASE	Renov / h	V (m³)	Suministro (m³/hs)	PD (Pa)	Salas adyacentes	PD (Pa)	DP (Pa)	Area de fuga (m²)	Infiltración (m³/h)	Exfiltraciones (m³/h)	Colector de polvos (m³/h)	Retorno/Extracción (m³/h)	
4	24	DF	C	25	45,6	1139	30	PC	20	-10	Puerta doble	0,040	0	383		
							30	SPC	20	-10	Puerta simple	0,025	0	239		
												0	622	0	518	
	25	SPC	C	25	27,0	674	20	DF	30	10	Puerta simple	0,025	239	0		
							20	PAP	30	10	Puerta simple	0,025	239	0		
							20	EsVSPC	30	10	Puerta simple	0,025	239	0		
													717	0	0	1391
	26	PAP	C	28	18,6	521	30	SPC	20	-10	Puerta simple	0,025	0	239		
							30	EsMG	25	-5	Puerta doble	0,040	0	270		
													0	510	0	11
	27	LV	D	NC	9,0	0	20	EsVSP	25	5	Puerta simple	0	169	0	0	169
	28	EsVSP	C	77	9,3	716	25	Deposito	0	-25	Puerta simple	0,025	0	378		
						25	SPC	20	-5	Puerta simple	0,025	0	169			
						25	LV	20	-5	Puerta simple	0,025	0	169			
												0	716	0	0	
5	29	PC	D	15	149,0	2236	20	EsVestuarios x 8	30	10	Puerta simple	0,025	1913	0		
							20	EsMateriales x 6	30	10	Puerta doble	0,04	2295	0		
							20	DF	30	10	Puerta doble	0,040	383	0		
							20	EsVD	30	10	Puerta simple	0,025	239	0		
							20	EsVC	30	10	Puerta simple	0,025	239	0		
							20	EsMG	25	5	Puerta doble	0,040	270	0		
							20	Salida de Residuos	0	-20	Puerta simple	0,025	0	338		
													5339	338	0	7238
	30	EsVD	NC	20	32,9	659	30	PC	20	-10	Puerta simple	0,025	0	239		
							30	Pasillo no presurizado	0	-30	Puerta simple	0,025	0	414		
													0	653	0	6
	31	EsVC	NC	18	38,3	690	30	PC	20	-10	Puerta simple	0,025	0	239		
						30	Pasillo no presurizado	0	-30	Puerta simple	0,025	0	414			
												0	653	0	37	
32	EsMG	NC	39	22,5	878	25	PC	20	-5	Puerta doble	0,040	0	270			
						25	Deposito	0	-25	Puerta doble	0,040	0	605			
												0	875	0	2	

BALANCE DE CAUDALES													
ZONA	SALAS	Ref.	CLASE	Renov / h	V	Suministro	Cae - 100%	Infiltración	Exfiltraciones	Extracción localizada	Retorno en el Local	Extracción a pérdida	
					m³	m³/hs	%	m³/hs	m³/hs	m³/hs	m³/hs	m³/hs	
1	1	MLC	C	25	92,0	2300	100%	2300	622	0	0	2922	
	2	EsVMLC	C	35	13,9	487	100%	487	0	487	0	0	
	3	MLM	C	25	41,0	1025	100%	1025	622	0	0	1647	
	4	EsVMLM	C	60	8,1	486	100%	486	0	486	0	0	
	5	ELC	D	20	106,3	2126	100%	2126	383	2164	0	345	
	6	ELM	D	20	85,7	1714	100%	1714	622	2164	0	172	
	7	EsVELM	D	62	7,8	484	100%	484	0	484	0	0	
	8	EsMLCyLM	C	57	34,0	1938	100%	1938	0	1938	0	0	
	9	SPM	C	25	95,6	2390	100%	2390	622	0	200	2812	
	10	EsVSPM	C	50	9,7	485	100%	485	0	485	0	0	
	11	EsMSPM	C	48	16,2	778	100%	778	0	778	0	0	
ZONA 1						14212		14212	0	6071	200	7898	

BALANCE DE CAUDALES													
ZONA	SALAS	Ref.	CLASE	Renov / h	V	Suministro	Cae - 20%	Infiltración	Exfiltraciones	Extracción localizada	Retorno en el Local	Extracción a pérdida	
					m³	m³/hs	%	m³/hs	m³/hs	m³/hs	m³/hs	m³/hs	
2	12	AC	C	58	39,9	2314	20%	463	622	0	0	2936	
	13	EsVAC	C	54	9,0	486	20%	97	0	486	0	0	
	14	EsMAC	C	48	16,2	778	20%	156	0	778	0	0	
	15	AB	D	54	76,9	4154	20%	831	622	0	200	4575	
	16	EsVAB	D	64	7,5	480	20%	96	0	480	0	0	
	17	EsMAB	D	48	16,2	778	20%	156	0	778	0	0	
ZONA 2						8989		1798	0	1261	200	7511	

Anexo 12 Balance de caudales. Continuación.

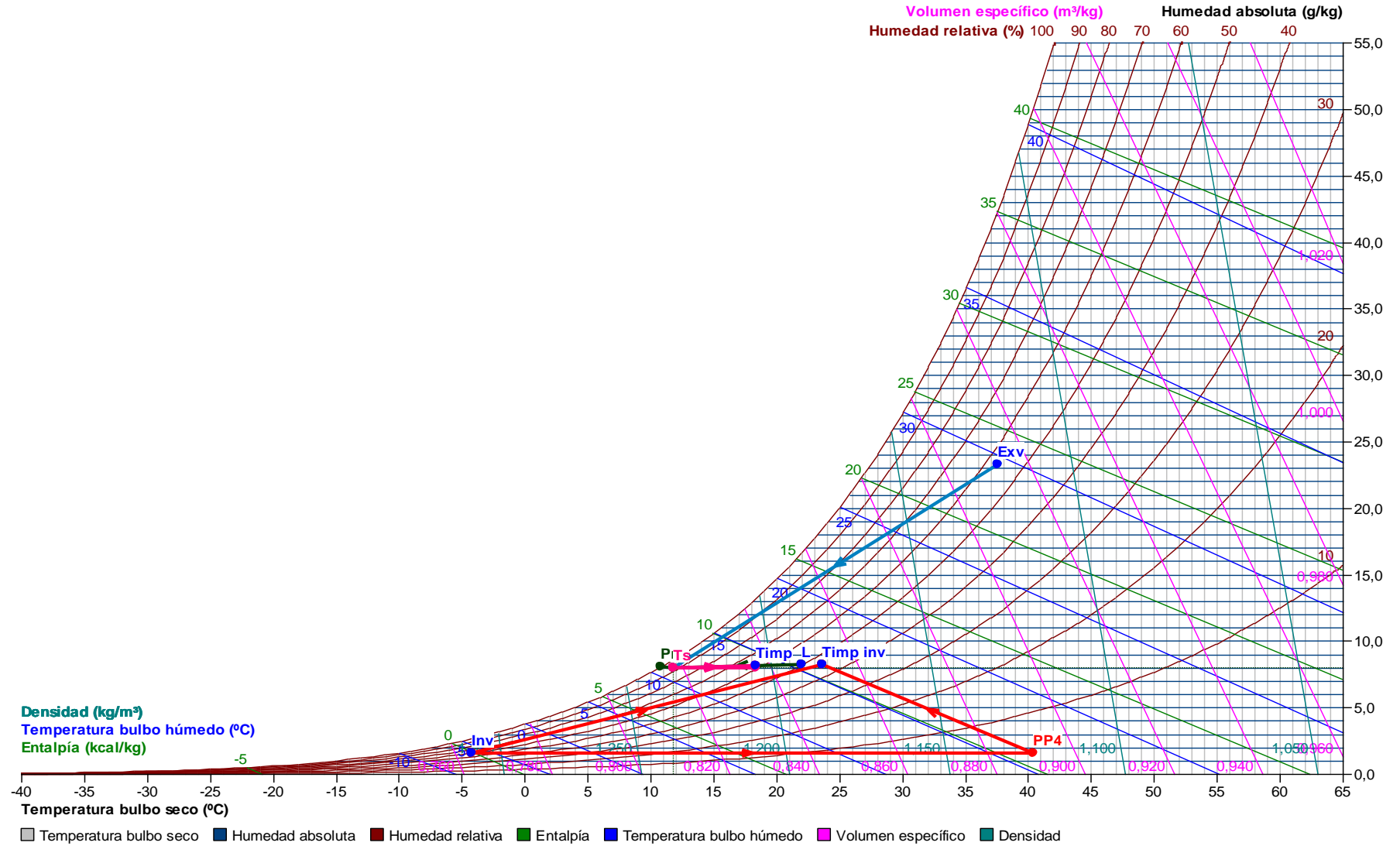
BALANCE DE CAUDALES													
ZONA	SALAS	Ref.	CLASE	Renov / h	V	Suministro	Aire Exterior		Infiltración	Exfiltraciones	Extracción localizada	Retorno en el Local	Extracción a pérdida
					m ³		m ³ /hs	%					
3	18	ES	D	28	105,3	2948	20%	590	622	0	200	3370	
	19	EsVES	D	62	7,8	484	20%	97	0	484	0	0	
	20	EsMES	D	48	16,2	778	20%	156	0	778	0	0	
	21	MS	C	25	163,1	4078	20%	816	622	0	200	4499	
	22	EsVMS	C	46	10,5	483	20%	97	0	484	0	0	
	23	EsMMS	C	48	16,2	778	20%	156	0	778	0	0	
ZONA 3						9548		1910	0	1262	400	7869	231

BALANCE DE CAUDALES													
ZONA	SALAS	Ref.	CLASE	Renov / h	V	Suministro	%	Cae - 100%	Infiltración	Exfiltraciones	Extracción Localizada	Retorno en el Local	Extracción a pérdida
					m ³			m ³ /hs					
4	24	DF	C	25	45,6	1140	100%	1140	0	622	0	518	
	25	SPC	C	25	27,0	675	100%	675	717	0	0	1392	
	26	PAP	C	28	18,6	521	100%	521	0	510	0	0	
	27	LV	N/C	0	9,0	0	100%	0	169	0	0	169	
	28	EsVSP	C	77	9,3	716	100%	716	0	716	0	0	
ZONA 4						3052		3052	383	648	0	2079	2079

BALANCE DE CAUDALES														
ZONA	SALAS	Ref.	CLASE	Renov / h	V	Suministro	%	Cae - 15%	Infiltración	Exfiltraciones	Extracción localizada	Retorno en el Local	Retorno en el Pleno del aparato	Extracción a pérdida
					m ³			m ³ /hs						
00 5	29	PC	D	15	149	2235	15%	335	5339	338	0	7236	1900	
	30	EsVD	D	20	32,9	658	15%	99	0	658	0	0	559	
	31	EsVC	D	18	38,3	689	15%	103	0	689	0	0	586	
	32	EsMG	D	39	22,5	878	15%	132	0	878	0	0	746	
ZONA 5						4460		669	4208	2158	0	7236	3791	0

Anexo 13. Datos psicrométrico.

Zona 1. Mapeo psicrométrico.



Anexo 13 Datos psicrométricos.

Zona 1. Puntos psicrométricos.

L		Exv		Timp		Ts	
Temperatura bulbo seco	22,0°C	Temperatura bulbo seco	37,6°C	Temperatura bulbo seco	18,4°C	Temperatura bulbo seco	11,8°C
Temperatura bulbo húmedo	15,4°C	Temperatura bulbo húmedo	29,7°C	Temperatura bulbo húmedo	14,0°C	Temperatura bulbo húmedo	11,2°C
Punto de rocío	11,1°C	Punto de rocío	27,4°C	Punto de rocío	11,0°C	Punto de rocío	10,7°C
Humedad relativa	50,0%	Humedad relativa	56,4%	Humedad relativa	61,9%	Humedad relativa	92,9%
Humedad absoluta	8,2g/kg	Humedad absoluta	23,3g/kg	Humedad absoluta	8,1g/kg	Humedad absoluta	8,0g/kg
Entalpía	10,3kcal/kg	Entalpía	23,3kcal/kg	Entalpía	9,3kcal/kg	Entalpía	7,7kcal/kg
Densidad	1,190kg/m³	Densidad	1,120kg/m³	Densidad	1,205kg/m³	Densidad	1,233kg/m³
Volumen específico	0,847m³/kg	Volumen específico	0,913m³/kg	Volumen específico	0,837m³/kg	Volumen específico	0,818m³/kg
Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar
Caudal	14213m³/h	Caudal	14213m³/h	Caudal	14213m³/h	Caudal	14213m³/h
Pra		PP1		PP2		Inv	
Temperatura bulbo seco	10,8°C	Temperatura bulbo seco	37,6°C	Temperatura bulbo seco	18,4°C	Temperatura bulbo seco	-4,2°C
Temperatura bulbo húmedo	10,8°C	Temperatura bulbo húmedo	20,5°C	Temperatura bulbo húmedo	13,9°C	Temperatura bulbo húmedo	-6,1°C
Punto de rocío	10,9°C	Punto de rocío	10,7°C	Punto de rocío	10,7°C	Punto de rocío	-10,3°C
Humedad relativa	100,0%	Humedad relativa	19,8%	Humedad relativa	60,8%	Humedad relativa	59,0%
Humedad absoluta	8,1g/kg	Humedad absoluta	8,0g/kg	Humedad absoluta	8,0g/kg	Humedad absoluta	1,6g/kg
Entalpía	7,5kcal/kg	Entalpía	13,9kcal/kg	Entalpía	9,3kcal/kg	Entalpía	-0,1kcal/kg
Densidad	1,237kg/m³	Densidad	1,130kg/m³	Densidad	1,205kg/m³	Densidad	1,311kg/m³
Volumen específico	0,815m³/kg	Volumen específico	0,892m³/kg	Volumen específico	0,837m³/kg	Volumen específico	0,764m³/kg
Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar
Caudal	14213m³/h	Caudal	14213m³/h	Caudal	14213m³/h	Caudal	14213m³/h
Timp inv		PP3		PP4			
Temperatura bulbo seco	23,7°C	Temperatura bulbo seco	25,0°C	Temperatura bulbo seco	40,4°C		
Temperatura bulbo húmedo	16,0°C	Temperatura bulbo húmedo	17,9°C	Temperatura bulbo húmedo	16,2°C		
Punto de rocío	11,1°C	Punto de rocío	13,9°C	Punto de rocío	-10,3°C		
Humedad relativa	45,0%	Humedad relativa	50,0%	Humedad relativa	3,4%		
Humedad absoluta	8,2g/kg	Humedad absoluta	9,9g/kg	Humedad absoluta	1,6g/kg		
Entalpía	10,7kcal/kg	Entalpía	12,0kcal/kg	Entalpía	10,7kcal/kg		
Densidad	1,183kg/m³	Densidad	1,177kg/m³	Densidad	1,125kg/m³		
Volumen específico	0,852m³/kg	Volumen específico	0,858m³/kg	Volumen específico	0,891m³/kg		
Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar		
Caudal	14213m³/h	Caudal	360m³/h	Caudal	14213m³/h		

Anexo 13 Datos psicrométricos.

Zona 1. Procesos y capacidades.

Descarga: L, Ts, Pra (Capacidades: Total = 51,93kW, Sensible = 49,34kW (95%), Latente = 2,60kW, Descarga = 11,8°C, Factor bypass = 10,0%)

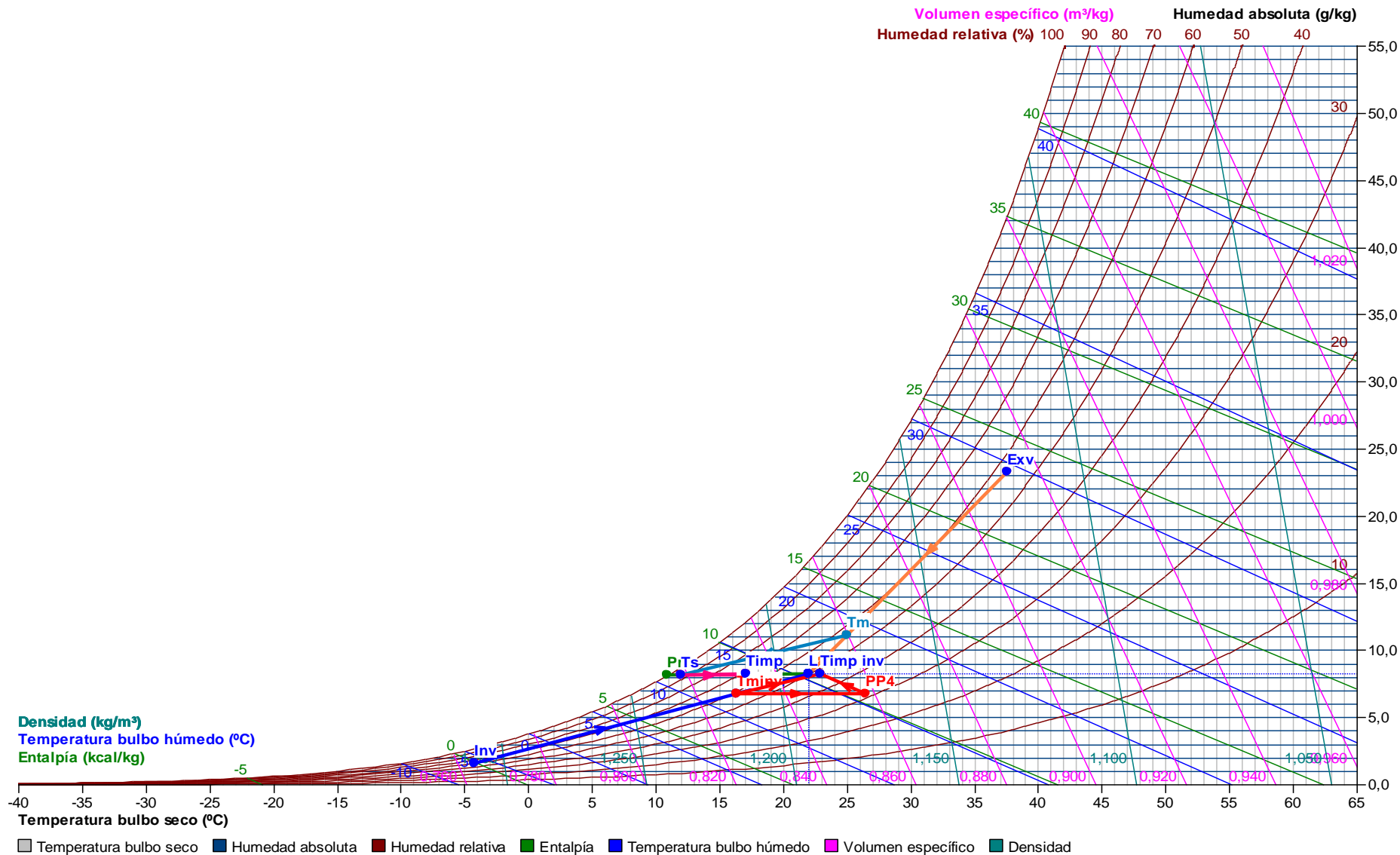
Refrigeración: Exv, Ts, PP1 (Capacidades: Total = 311,18kW, Sensible = 124,76kW (40%), Latente = 186,42kW)

Calefacción: Ts, Timp, PP2 (Capacidades: Total = 33,59kW, Sensible = 31,92kW (95%), Latente = 1,67kW, Humidificación de vapor = 0,7g/s)

Calefacción: Inv, Timp inv, PP4 (Capacidades: Total = 213,40kW, Sensible = 134,97kW (215,99kW), Latente = 78,43kW, Humidificación por agua = 31,5g/s)

Anexo 13 Datos psicrométrico.

Zona 2. Mapeo psicrométrico.



Anexo 13 Datos psicrométricos.

Zona 2. Puntos psicrométricos.

L		Exv		Timp		Ts	
Temperatura bulbo seco	22,0°C	Temperatura bulbo seco	37,6°C	Temperatura bulbo seco	17,1°C	Temperatura bulbo seco	12,0°C
Temperatura bulbo húmedo	15,4°C	Temperatura bulbo húmedo	29,7°C	Temperatura bulbo húmedo	13,6°C	Temperatura bulbo húmedo	11,4°C
Punto de rocío	11,1°C	Punto de rocío	27,4°C	Punto de rocío	11,2°C	Punto de rocío	11,0°C
Humedad relativa	50,0%	Humedad relativa	56,4%	Humedad relativa	67,9%	Humedad relativa	93,1%
Humedad absoluta	8,2g/kg	Humedad absoluta	23,3g/kg	Humedad absoluta	8,2g/kg	Humedad absoluta	8,1g/kg
Entalpía	10,3kcal/kg	Entalpía	23,3kcal/kg	Entalpía	9,1kcal/kg	Entalpía	7,8kcal/kg
Densidad	1,190kg/m³	Densidad	1,120kg/m³	Densidad	1,210kg/m³	Densidad	1,232kg/m³
Volumen específico	0,847m³/kg	Volumen específico	0,913m³/kg	Volumen específico	0,833m³/kg	Volumen específico	0,818m³/kg
Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar
Caudal	7191m³/h	Caudal	1798m³/h	Caudal	8989m³/h	Caudal	8989m³/h
Tm		Pra		PP2		PP3	
Temperatura bulbo seco	25,0°C	Temperatura bulbo seco	10,9°C	Temperatura bulbo seco	25,0°C	Temperatura bulbo seco	17,1°C
Temperatura bulbo húmedo	18,8°C	Temperatura bulbo húmedo	10,9°C	Temperatura bulbo húmedo	16,4°C	Temperatura bulbo húmedo	13,5°C
Punto de rocío	15,6°C	Punto de rocío	11,0°C	Punto de rocío	11,0°C	Punto de rocío	11,0°C
Humedad relativa	55,9%	Humedad relativa	100,0%	Humedad relativa	41,2%	Humedad relativa	67,0%
Humedad absoluta	11,1g/kg	Humedad absoluta	8,1g/kg	Humedad absoluta	8,1g/kg	Humedad absoluta	8,1g/kg
Entalpía	12,7kcal/kg	Entalpía	7,5kcal/kg	Entalpía	10,9kcal/kg	Entalpía	9,0kcal/kg
Densidad	1,176kg/m³	Densidad	1,236kg/m³	Densidad	1,178kg/m³	Densidad	1,210kg/m³
Volumen específico	0,860m³/kg	Volumen específico	0,815m³/kg	Volumen específico	0,856m³/kg	Volumen específico	0,833m³/kg
Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar
Caudal	8989m³/h	Caudal	7191m³/h	Caudal	8989m³/h	Caudal	8989m³/h
Inv		Tminv		Timp inv		PP4	
Temperatura bulbo seco	-4,2°C	Temperatura bulbo seco	16,4°C	Temperatura bulbo seco	22,9°C	Temperatura bulbo seco	26,4°C
Temperatura bulbo húmedo	-6,1°C	Temperatura bulbo húmedo	11,8°C	Temperatura bulbo húmedo	15,7°C	Temperatura bulbo húmedo	15,8°C
Punto de rocío	-10,3°C	Punto de rocío	8,3°C	Punto de rocío	11,1°C	Punto de rocío	8,3°C
Humedad relativa	59,0%	Humedad relativa	58,7%	Humedad relativa	47,2%	Humedad relativa	31,6%
Humedad absoluta	1,6g/kg	Humedad absoluta	6,8g/kg	Humedad absoluta	8,2g/kg	Humedad absoluta	6,8g/kg
Entalpía	-0,1kcal/kg	Entalpía	8,0kcal/kg	Entalpía	10,5kcal/kg	Entalpía	10,5kcal/kg
Densidad	1,311kg/m³	Densidad	1,214kg/m³	Densidad	1,186kg/m³	Densidad	1,173kg/m³
Volumen específico	0,764m³/kg	Volumen específico	0,829m³/kg	Volumen específico	0,850m³/kg	Volumen específico	0,858m³/kg
Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar
Caudal	1798m³/h	Caudal	8989m³/h	Caudal	8989m³/h	Caudal	8989m³/h

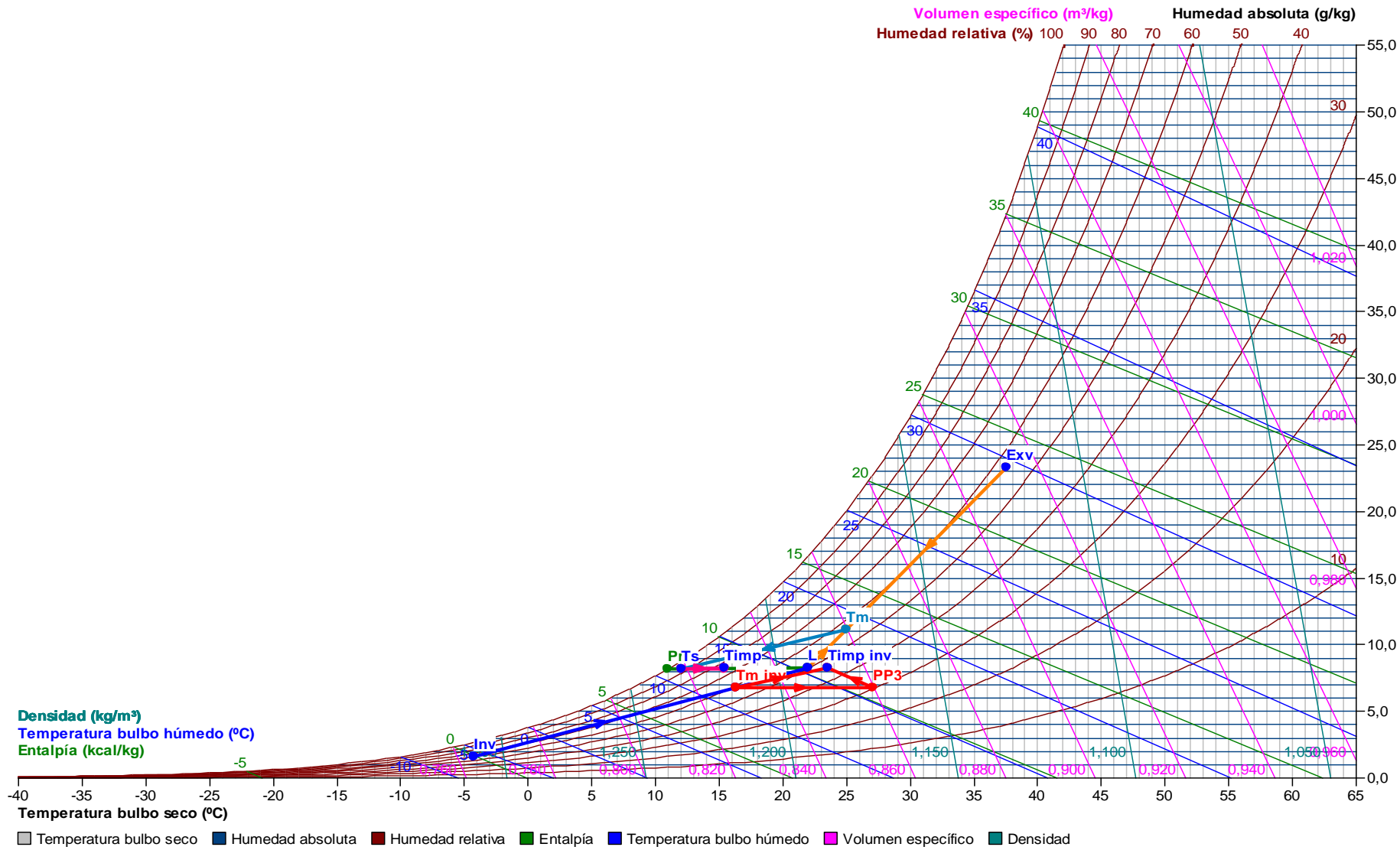
Anexo 13 Datos psicrométricos.

Zona 2. Procesos y capacidades.

Aire mezclado: L, Exv, Tm
Factor de calor sensible: L, Pra (, SHF=98%)
Refrigeración: Tm, Ts, PP2 (Capacidades: Total = 62,21kW, Sensible = 39,77kW (64%), Latente = 22,44kW)
Calefacción: Ts, Timp, PP3 (Capacidades: Total = 16,44kW, Sensible = 15,60kW (95%), Latente = 0,83kW, Humidificación de vapor = 0,3g/s)
Mostrar punto: L
Aire mezclado: Inv, L, Tminv
Calefacción: Tminv, Timp inv, PP4 (Capacidades: Total = 30,76kW, Sensible = 19,99kW (30,84kW), Latente = 10,77kW, Humidificación por agua = 4,3g/s)

Anexo 13 Datos psicrométrico.

Zona 3. Mapeo psicrométrico.



Anexo 13 Datos psicrométricos.

Zona 3. Puntos psicrométricos.

L		Exv		Ts		Timp	
Temperatura bulbo seco	22,0°C	Temperatura bulbo seco	37,6°C	Temperatura bulbo seco	12,1°C	Temperatura bulbo seco	15,5°C
Temperatura bulbo húmedo	15,4°C	Temperatura bulbo húmedo	29,7°C	Temperatura bulbo húmedo	11,5°C	Temperatura bulbo húmedo	12,9°C
Punto de rocío	11,1°C	Punto de rocío	27,4°C	Punto de rocío	11,0°C	Punto de rocío	11,2°C
Humedad relativa	50,0%	Humedad relativa	56,4%	Humedad relativa	93,1%	Humedad relativa	75,2%
Humedad absoluta	8,2g/kg	Humedad absoluta	23,3g/kg	Humedad absoluta	8,2g/kg	Humedad absoluta	8,2g/kg
Entalpía	10,3kcal/kg	Entalpía	23,3kcal/kg	Entalpía	7,8kcal/kg	Entalpía	8,7kcal/kg
Densidad	1,190kg/m³	Densidad	1,120kg/m³	Densidad	1,231kg/m³	Densidad	1,217kg/m³
Volumen específico	0,847m³/kg	Volumen específico	0,913m³/kg	Volumen específico	0,819m³/kg	Volumen específico	0,829m³/kg
Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar
Caudal	7638m³/h	Caudal	1910m³/h	Caudal	9548m³/h	Caudal	9548m³/h
Tm		Pra		PP1		PP2	
Temperatura bulbo seco	25,0°C	Temperatura bulbo seco	11,0°C	Temperatura bulbo seco	25,0°C	Temperatura bulbo seco	15,5°C
Temperatura bulbo húmedo	18,8°C	Temperatura bulbo húmedo	11,0°C	Temperatura bulbo húmedo	16,5°C	Temperatura bulbo húmedo	12,9°C
Punto de rocío	15,6°C	Punto de rocío	11,0°C	Punto de rocío	11,0°C	Punto de rocío	11,0°C
Humedad relativa	55,9%	Humedad relativa	100,0%	Humedad relativa	41,4%	Humedad relativa	74,6%
Humedad absoluta	11,1g/kg	Humedad absoluta	8,2g/kg	Humedad absoluta	8,2g/kg	Humedad absoluta	8,2g/kg
Entalpía	12,7kcal/kg	Entalpía	7,6kcal/kg	Entalpía	11,0kcal/kg	Entalpía	8,7kcal/kg
Densidad	1,176kg/m³	Densidad	1,236kg/m³	Densidad	1,178kg/m³	Densidad	1,217kg/m³
Volumen específico	0,860m³/kg	Volumen específico	0,816m³/kg	Volumen específico	0,856m³/kg	Volumen específico	0,828m³/kg
Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar
Caudal	9548m³/h	Caudal	7638m³/h	Caudal	9548m³/h	Caudal	9548m³/h
Inv		Timp inv		Tm inv		PP3	
Temperatura bulbo seco	-4,2°C	Temperatura bulbo seco	23,6°C	Temperatura bulbo seco	16,4°C	Temperatura bulbo seco	27,1°C
Temperatura bulbo húmedo	-6,1°C	Temperatura bulbo húmedo	16,0°C	Temperatura bulbo húmedo	11,8°C	Temperatura bulbo húmedo	16,0°C
Punto de rocío	-10,3°C	Punto de rocío	11,1°C	Punto de rocío	8,3°C	Punto de rocío	8,3°C
Humedad relativa	59,0%	Humedad relativa	45,2%	Humedad relativa	58,7%	Humedad relativa	30,4%
Humedad absoluta	1,6g/kg	Humedad absoluta	8,2g/kg	Humedad absoluta	6,8g/kg	Humedad absoluta	6,8g/kg
Entalpía	-0,1kcal/kg	Entalpía	10,7kcal/kg	Entalpía	8,0kcal/kg	Entalpía	10,7kcal/kg
Densidad	1,311kg/m³	Densidad	1,184kg/m³	Densidad	1,214kg/m³	Densidad	1,171kg/m³
Volumen específico	0,764m³/kg	Volumen específico	0,852m³/kg	Volumen específico	0,829m³/kg	Volumen específico	0,860m³/kg
Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar
Caudal	1910m³/h	Caudal	9548m³/h	Caudal	9548m³/h	Caudal	9548m³/h

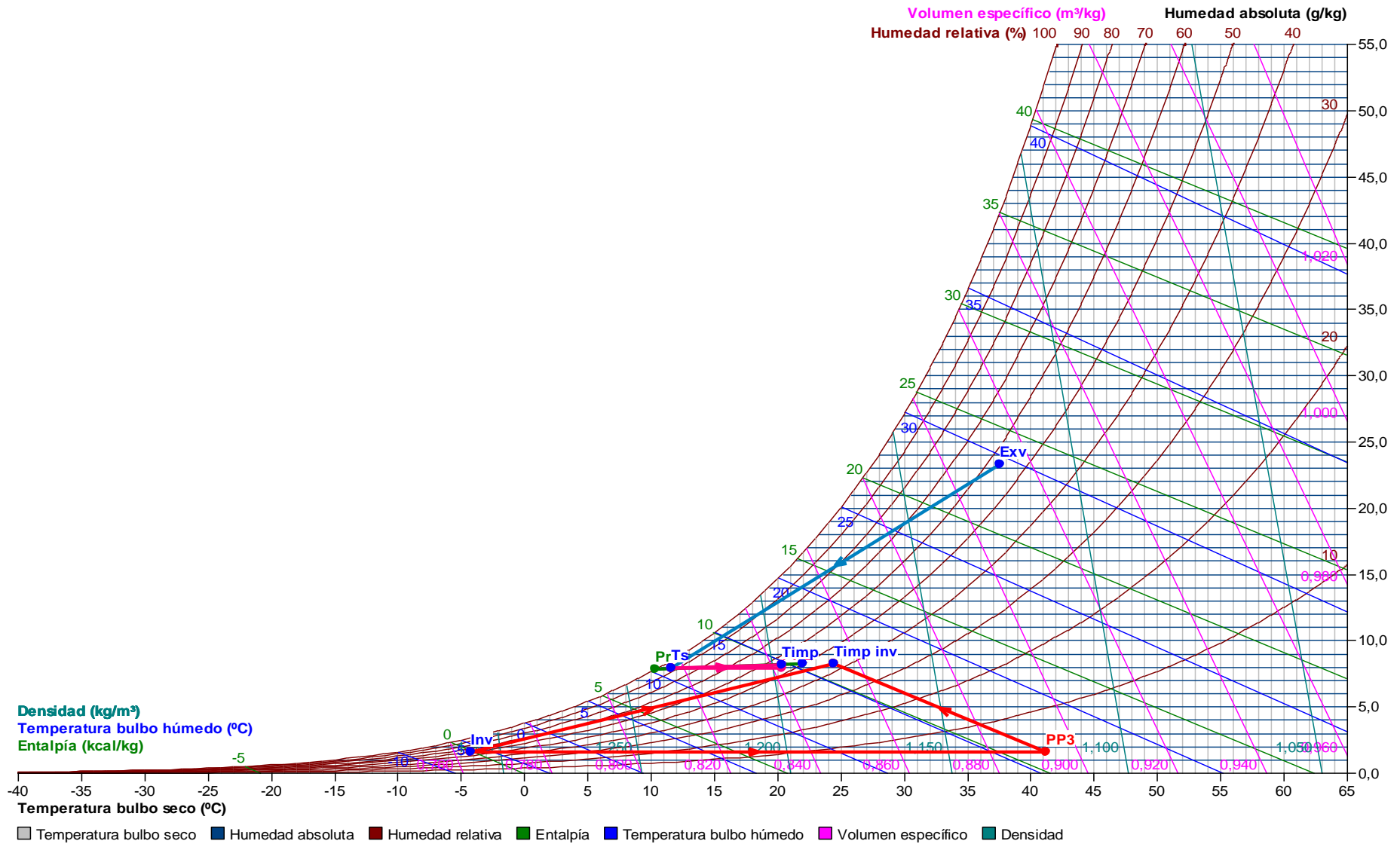
Anexo 13 *Procesos, capacidades. Zona 3. Continuación.*

Zona 3. Procesos y capacidades.

Aire mezclado: L, Exv, Tm
Factor de calor sensible: L, Pra (, SHF=99%)
Refrigeración: Tm, Ts, PP1 (Capacidades: Total = 65,35kW, Sensible = 41,93kW (64%), Latente = 23,43kW)
Calefacción: Ts, Timp, PP2 (Capacidades: Total = 11,53kW, Sensible = 11,05kW (96%), Latente = 0,48kW, Humidificación de vapor = 0,2g/s)
Aire mezclado: Inv, L, Tm inv
Calefacción: Tm inv, Timp inv, PP3 (Capacidades: Total = 34,95kW, Sensible = 23,51kW (35,04kW), Latente = 11,44kW, Humidificación por agua = 4,5g/s)

Anexo 13 Datos psicrométrico.

Zona 4. Mapeo psicrométrico.



Anexo 13 Datos psicrométricos.

Zona 4. Puntos psicrométricos.

L		Exv		Ts		Timp	
Temperatura bulbo seco	22,0°C	Temperatura bulbo seco	37,6°C	Temperatura bulbo seco	11,6°C	Temperatura bulbo seco	20,4°C
Temperatura bulbo húmedo	15,4°C	Temperatura bulbo húmedo	29,7°C	Temperatura bulbo húmedo	10,9°C	Temperatura bulbo húmedo	14,8°C
Punto de rocío	11,1°C	Punto de rocío	27,4°C	Punto de rocío	10,5°C	Punto de rocío	11,0°C
Humedad relativa	50,0%	Humedad relativa	56,4%	Humedad relativa	92,6%	Humedad relativa	54,6%
Humedad absoluta	8,2g/kg	Humedad absoluta	23,3g/kg	Humedad absoluta	7,9g/kg	Humedad absoluta	8,1g/kg
Entalpía	10,3kcal/kg	Entalpía	23,3kcal/kg	Entalpía	7,5kcal/kg	Entalpía	9,8kcal/kg
Densidad	1,190kg/m³	Densidad	1,120kg/m³	Densidad	1,234kg/m³	Densidad	1,197kg/m³
Volumen específico	0,847m³/kg	Volumen específico	0,913m³/kg	Volumen específico	0,817m³/kg	Volumen específico	0,843m³/kg
Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar
Caudal	3052m³/h	Caudal	3052m³/h	Caudal	3052m³/h	Caudal	3052m³/h
Pra		PP1		PP2		Inv	
Temperatura bulbo seco	10,3°C	Temperatura bulbo seco	37,6°C	Temperatura bulbo seco	20,4°C	Temperatura bulbo seco	-4,2°C
Temperatura bulbo húmedo	10,3°C	Temperatura bulbo húmedo	20,4°C	Temperatura bulbo húmedo	14,5°C	Temperatura bulbo húmedo	-6,1°C
Punto de rocío	10,4°C	Punto de rocío	10,5°C	Punto de rocío	10,5°C	Punto de rocío	-10,3°C
Humedad relativa	100,0%	Humedad relativa	19,5%	Humedad relativa	52,7%	Humedad relativa	59,0%
Humedad absoluta	7,8g/kg	Humedad absoluta	7,9g/kg	Humedad absoluta	7,9g/kg	Humedad absoluta	1,6g/kg
Entalpía	7,2kcal/kg	Entalpía	13,9kcal/kg	Entalpía	9,7kcal/kg	Entalpía	-0,1kcal/kg
Densidad	1,239kg/m³	Densidad	1,131kg/m³	Densidad	1,197kg/m³	Densidad	1,311kg/m³
Volumen específico	0,813m³/kg	Volumen específico	0,891m³/kg	Volumen específico	0,842m³/kg	Volumen específico	0,764m³/kg
Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar
Caudal	3052m³/h	Caudal	3052m³/h	Caudal	3052m³/h	Caudal	3052m³/h
Timp inv		PP3					
Temperatura bulbo seco	24,5°C	Temperatura bulbo seco	41,3°C				
Temperatura bulbo húmedo	16,3°C	Temperatura bulbo húmedo	16,5°C				
Punto de rocío	11,1°C	Punto de rocío	-10,3°C				
Humedad relativa	42,9%	Humedad relativa	3,2%				
Humedad absoluta	8,2g/kg	Humedad absoluta	1,6g/kg				
Entalpía	10,9kcal/kg	Entalpía	10,9kcal/kg				
Densidad	1,180kg/m³	Densidad	1,122kg/m³				
Volumen específico	0,854m³/kg	Volumen específico	0,893m³/kg				
Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar				
Caudal	3052m³/h	Caudal	3052m³/h				

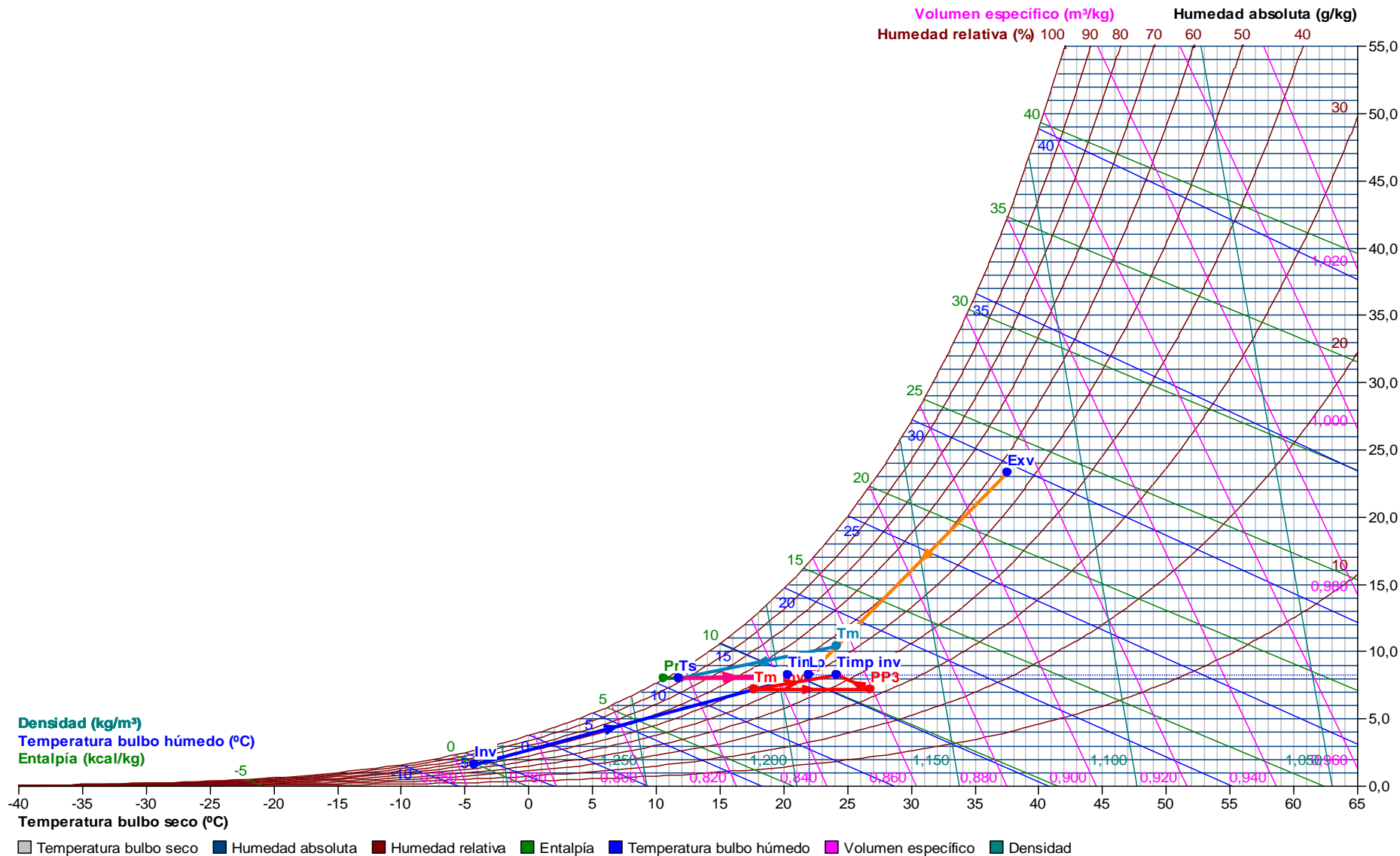
Anexo 13 Datos psicrométricos.

Zona 4. Procesos y capacidades.

Factor de calor sensible: L, Pra (, SHF=92%)
Refrigeración: Exv, Ts, PP1 (Capacidades: Total = 67,39kW, Sensible = 26,99kW (40%), Latente = 40,40kW)
Calefacción: Ts, Timp, PP2 (Capacidades: Total = 9,86kW, Sensible = 9,14kW (93%), Latente = 0,72kW, Humidificación de vapor = 0,3g/s)
Calefacción: Inv, Timp inv, PP3 (Capacidades: Total = 46,66kW, Sensible = 29,81kW (47,22kW), Latente = 16,84kW, Humidificación por agua = 6,8g/s)

Anexo 13 Datos psicrométrico.

Zona 5. Mapeo psicrométricos.



Anexo 13 Datos psicrométricos.

Zona 5. Puntos psicrométricos.

L		Exv		Ts		Timp	
Temperatura bulbo seco	22,0°C	Temperatura bulbo seco	37,6°C	Temperatura bulbo seco	11,8°C	Temperatura bulbo seco	20,4°C
Temperatura bulbo húmedo	15,4°C	Temperatura bulbo húmedo	29,7°C	Temperatura bulbo húmedo	11,2°C	Temperatura bulbo húmedo	14,8°C
Punto de rocío	11,1°C	Punto de rocío	27,4°C	Punto de rocío	10,7°C	Punto de rocío	11,2°C
Humedad relativa	50,0%	Humedad relativa	56,4%	Humedad relativa	92,7%	Humedad relativa	55,2%
Humedad absoluta	8,2g/kg	Humedad absoluta	23,3g/kg	Humedad absoluta	8,0g/kg	Humedad absoluta	8,2g/kg
Entalpía	10,3kcal/kg	Entalpía	23,3kcal/kg	Entalpía	7,6kcal/kg	Entalpía	9,9kcal/kg
Densidad	1,190kg/m³	Densidad	1,120kg/m³	Densidad	1,233kg/m³	Densidad	1,197kg/m³
Volumen específico	0,847m³/kg	Volumen específico	0,913m³/kg	Volumen específico	0,818m³/kg	Volumen específico	0,843m³/kg
Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar
Caudal	3791m³/h	Caudal	669m³/h	Caudal	4460m³/h	Caudal	4460m³/h
Tm		Pra		PP1		PP2	
Temperatura bulbo seco	24,2°C	Temperatura bulbo seco	10,7°C	Temperatura bulbo seco	24,2°C	Temperatura bulbo seco	20,4°C
Temperatura bulbo húmedo	18,0°C	Temperatura bulbo húmedo	10,7°C	Temperatura bulbo húmedo	16,0°C	Temperatura bulbo húmedo	14,6°C
Punto de rocío	14,6°C	Punto de rocío	10,7°C	Punto de rocío	10,7°C	Punto de rocío	10,7°C
Humedad relativa	54,7%	Humedad relativa	100,0%	Humedad relativa	42,4%	Humedad relativa	53,5%
Humedad absoluta	10,3g/kg	Humedad absoluta	8,0g/kg	Humedad absoluta	8,0g/kg	Humedad absoluta	8,0g/kg
Entalpía	12,1kcal/kg	Entalpía	7,4kcal/kg	Entalpía	10,7kcal/kg	Entalpía	9,7kcal/kg
Densidad	1,180kg/m³	Densidad	1,238kg/m³	Densidad	1,181kg/m³	Densidad	1,197kg/m³
Volumen específico	0,857m³/kg	Volumen específico	0,814m³/kg	Volumen específico	0,853m³/kg	Volumen específico	0,842m³/kg
Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar
Caudal	4460m³/h	Caudal	3791m³/h	Caudal	4460m³/h	Caudal	4460m³/h
Inv		Timp inv		Tm inv		PP3	
Temperatura bulbo seco	-4,2°C	Temperatura bulbo seco	24,2°C	Temperatura bulbo seco	17,8°C	Temperatura bulbo seco	26,9°C
Temperatura bulbo húmedo	-6,1°C	Temperatura bulbo húmedo	16,2°C	Temperatura bulbo húmedo	12,8°C	Temperatura bulbo húmedo	16,2°C
Punto de rocío	-10,3°C	Punto de rocío	11,1°C	Punto de rocío	9,0°C	Punto de rocío	9,0°C
Humedad relativa	59,0%	Humedad relativa	43,6%	Humedad relativa	56,5%	Humedad relativa	32,4%
Humedad absoluta	1,6g/kg	Humedad absoluta	8,2g/kg	Humedad absoluta	7,1g/kg	Humedad absoluta	7,1g/kg
Entalpía	-0,1kcal/kg	Entalpía	10,8kcal/kg	Entalpía	8,6kcal/kg	Entalpía	10,8kcal/kg
Densidad	1,311kg/m³	Densidad	1,181kg/m³	Densidad	1,208kg/m³	Densidad	1,171kg/m³
Volumen específico	0,764m³/kg	Volumen específico	0,854m³/kg	Volumen específico	0,834m³/kg	Volumen específico	0,860m³/kg
Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar	Presión	1013,3mBar
Caudal	669m³/h	Caudal	4460m³/h	Caudal	4460m³/h	Caudal	4460m³/h

Anexo 13. Datos psicrométricos.

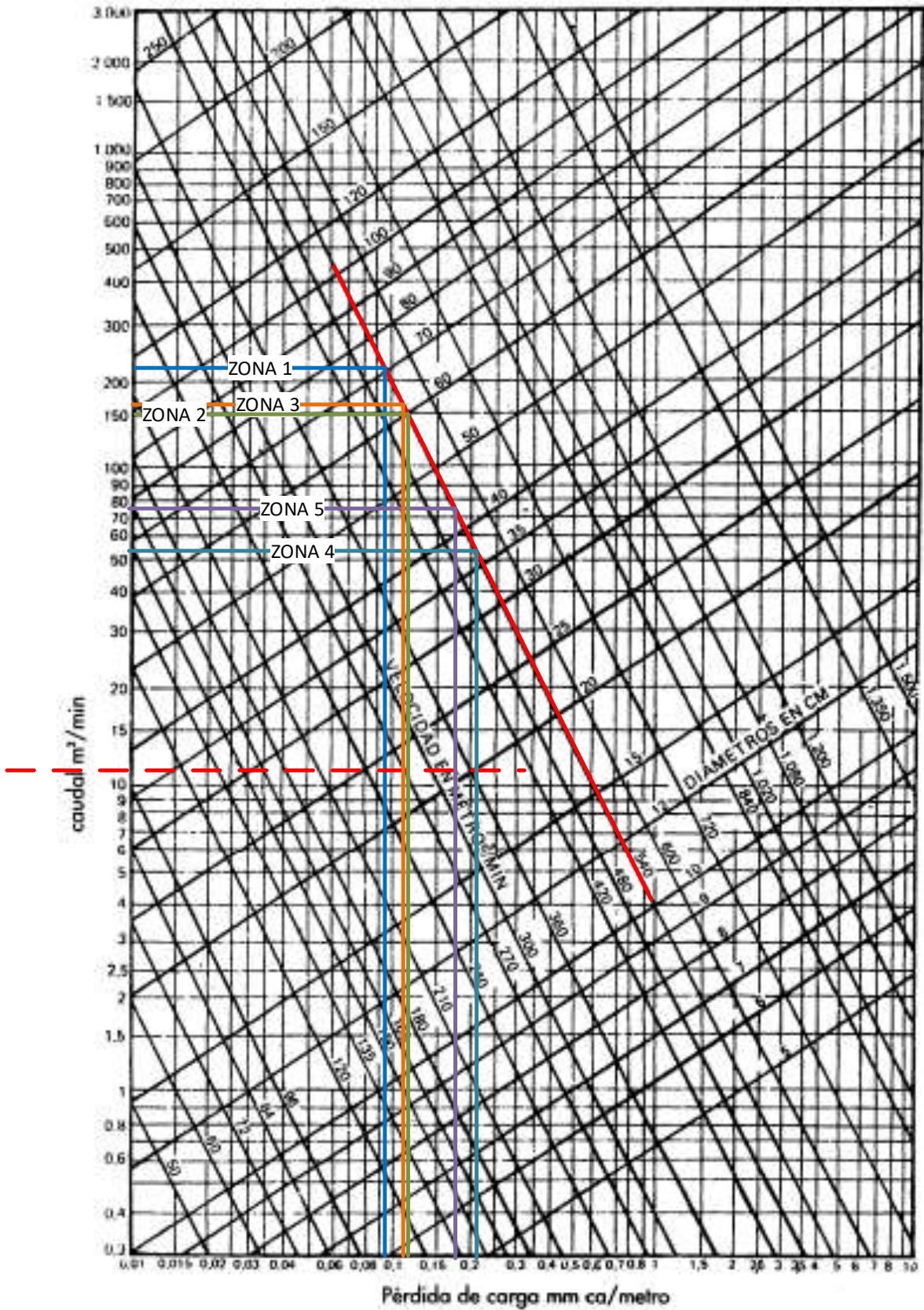
Zona 5. Procesos y capacidades.

Aire mezclado: L, Exv, Tm
Factor de calor sensible: L, Pra (, SHF=95%)
Refrigeración: Tm, Ts, PP1 (Capacidades: Total = 27,85kW, Sensible = 18,88kW (68%), Latente = 8,97kW)
Calefacción: Ts, Timp, PP2 (Capacidades: Total = 13,99kW, Sensible = 13,06kW (93%), Latente = 0,94kW, Humidificación de vapor = 0,4g/s)
Mostrar punto: L
Aire mezclado: Inv, L, Tm inv
Calefacción: Tm inv, Timp inv, PP3 (Capacidades: Total = 13,81kW, Sensible = 9,78kW (13,84kW), Latente = 4,03kW, Humidificación por agua = 1,6g/s)

Anexo 14. Recta de maniobra para conductos.

Conductos de impulsión.

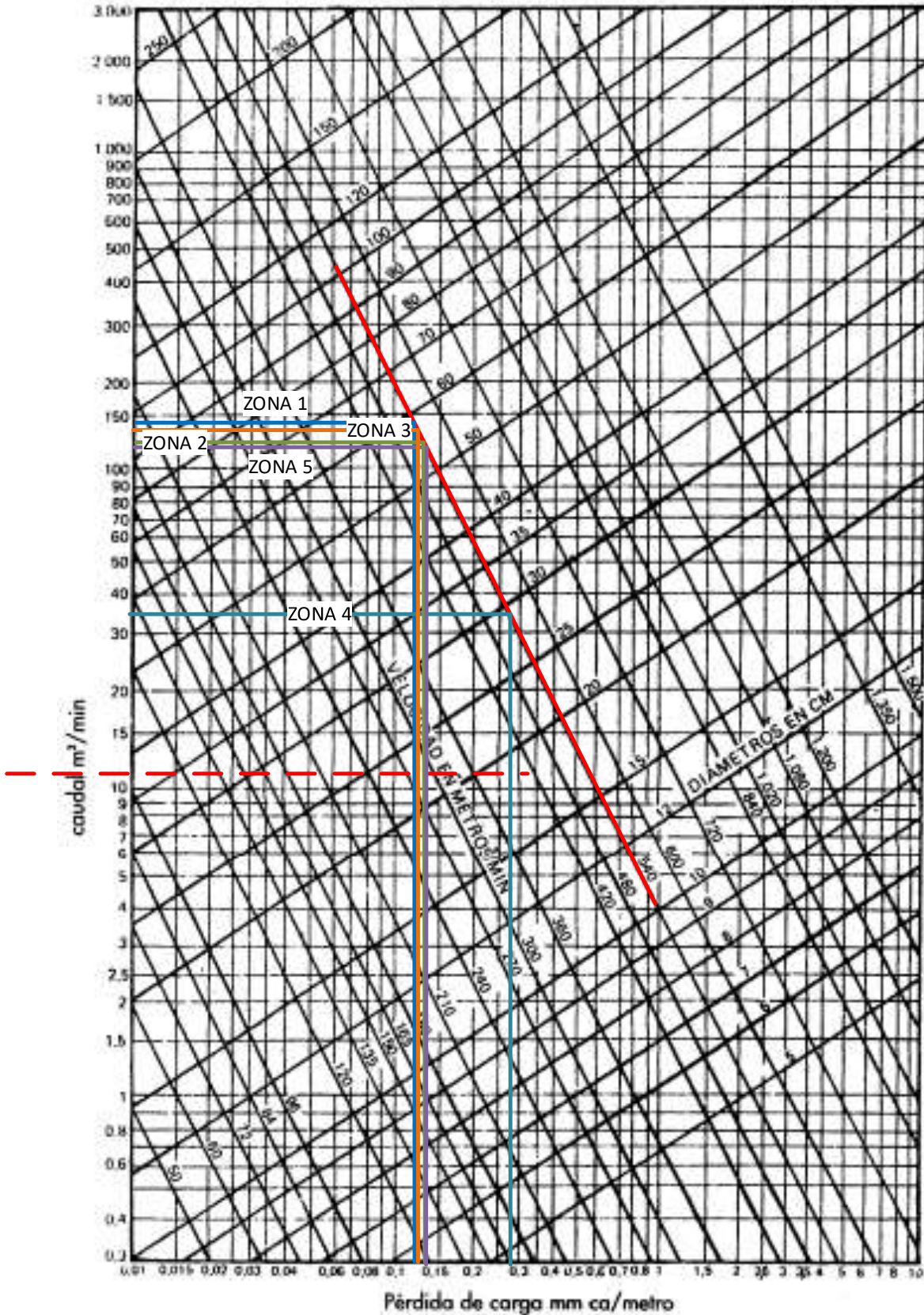
GRÁFICO DE DISEÑO DE CONDUCTOS DE AIRE ACONDICIONADO



Anexo 18 - Recta de maniobra para conductos. Continuación.

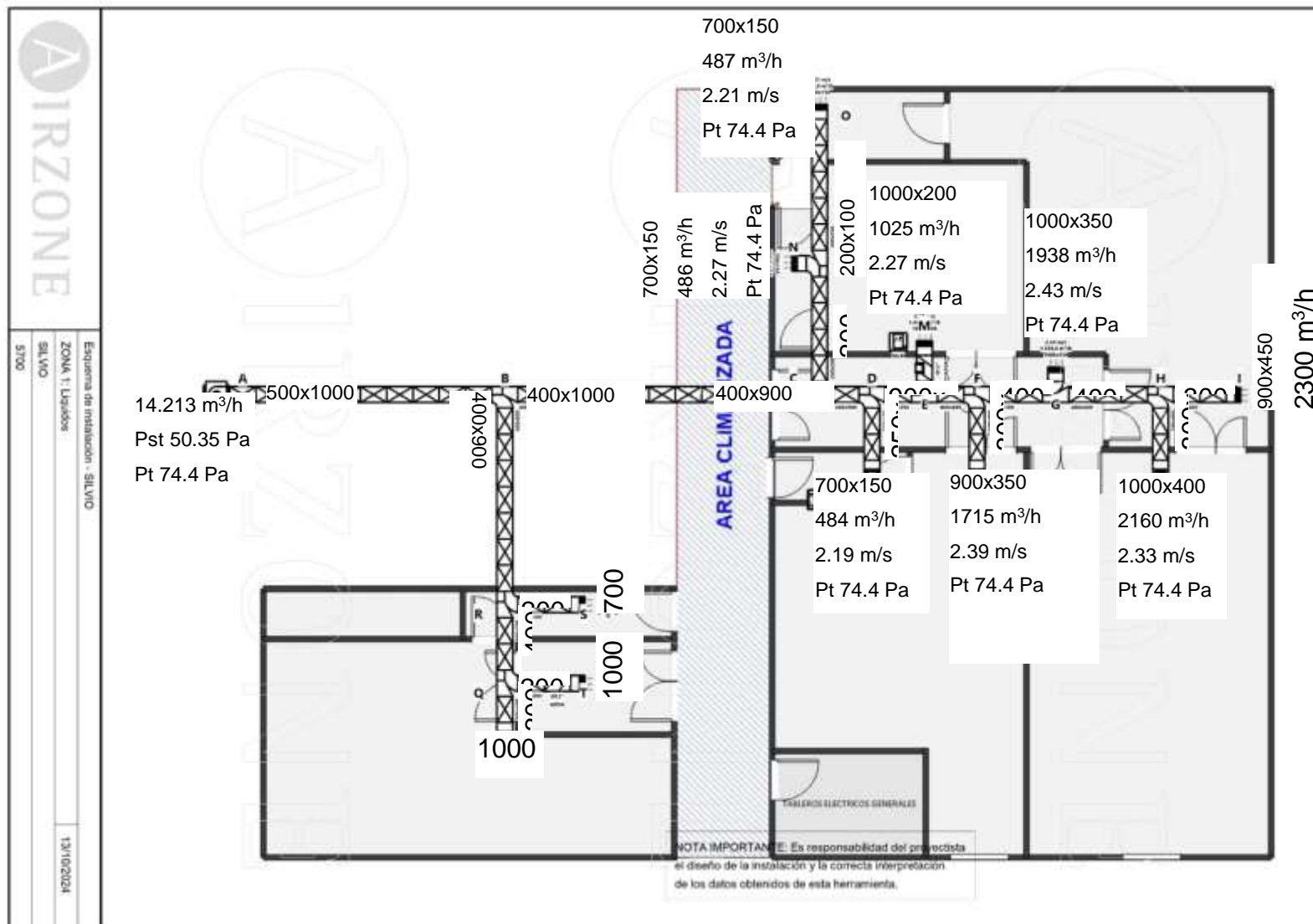
Conductos de retorno.

GRÁFICO DE DISEÑO DE CONDUCTOS DE AIRE ACONDICIONADO



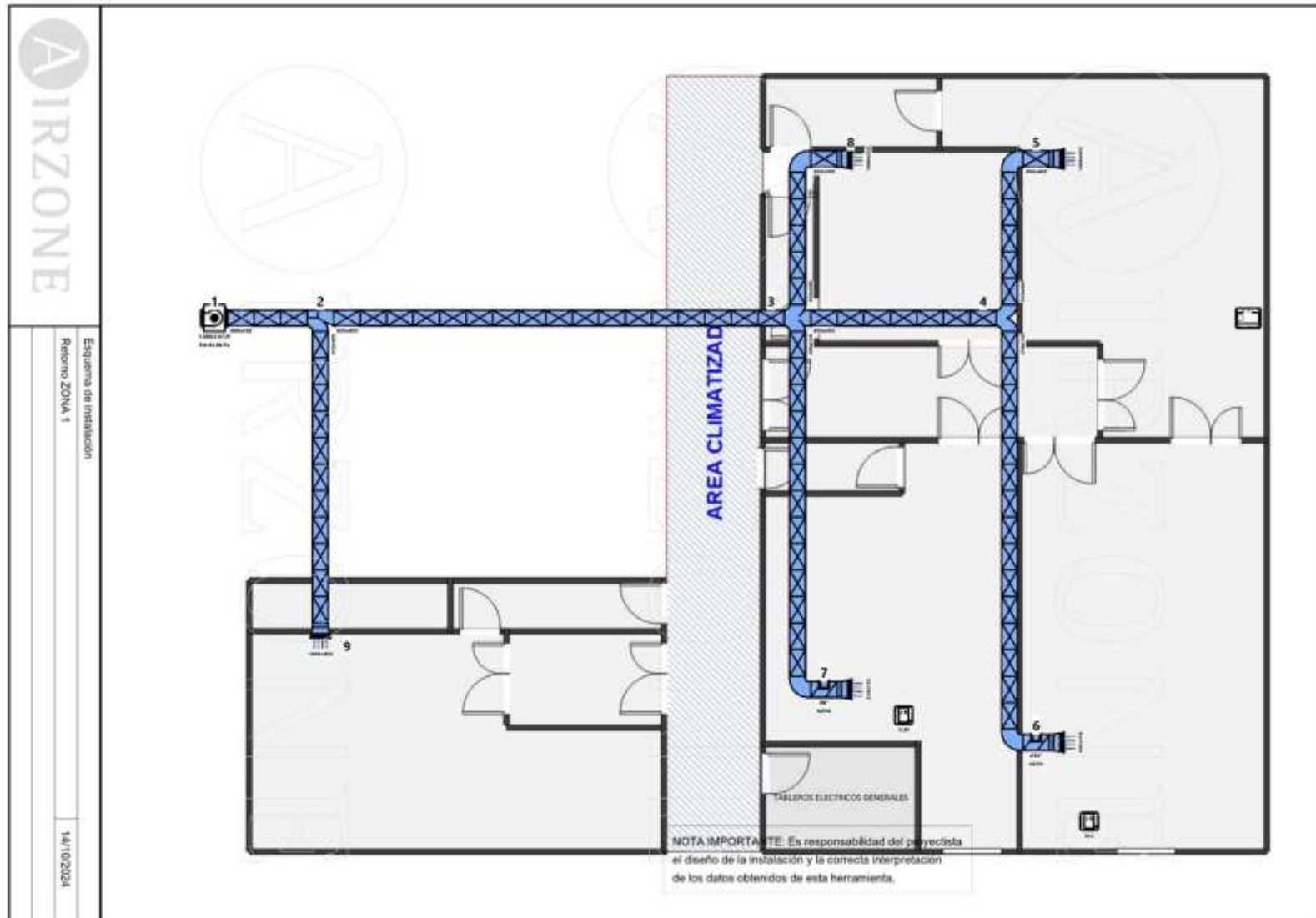
Anexo 15. Tendidos de conductos.

Zona 1. Impulsión.



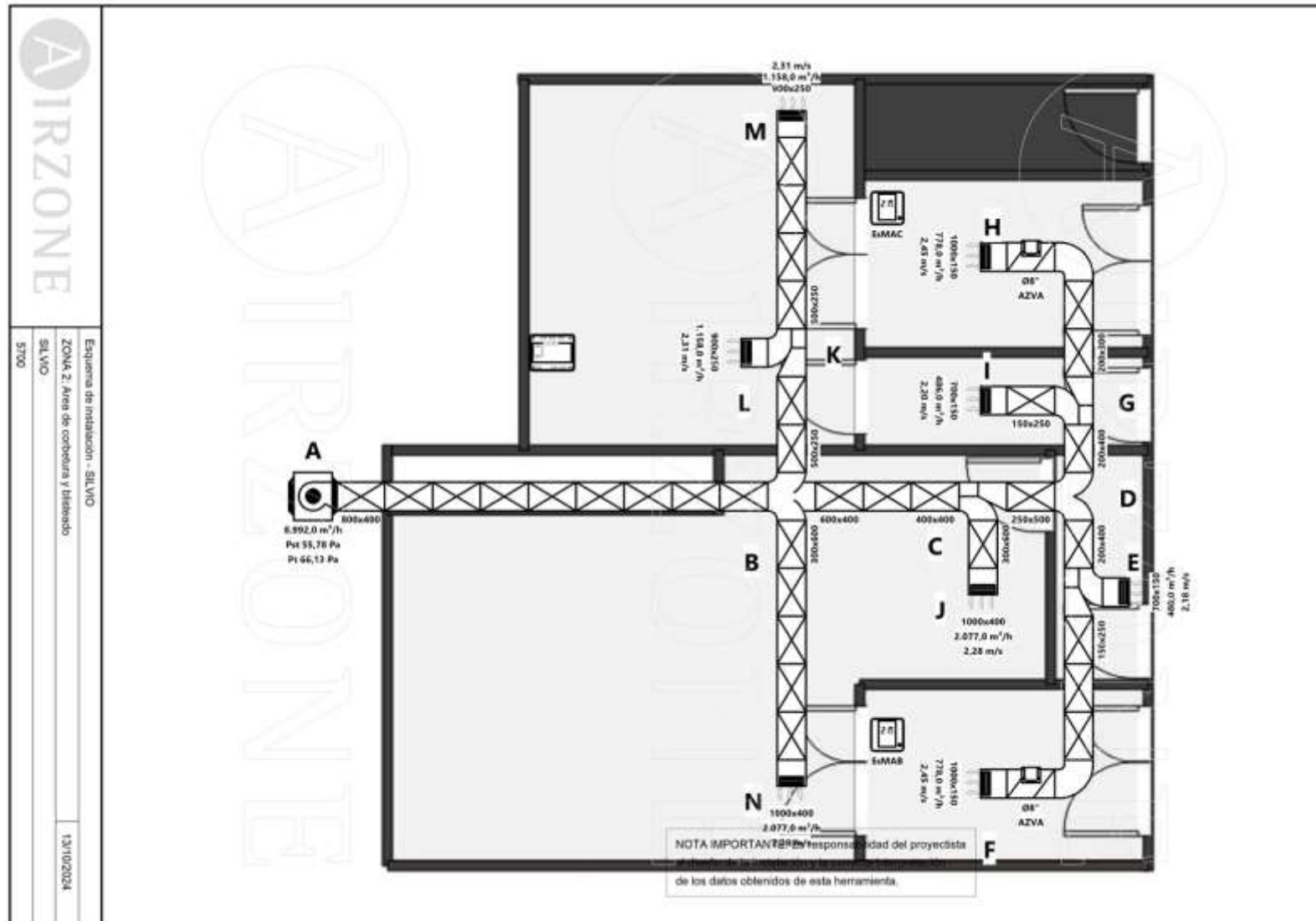
Anexo 15 Tendidos de conductos retorno Zona 1. Continuación.

Zona 1. Retorno



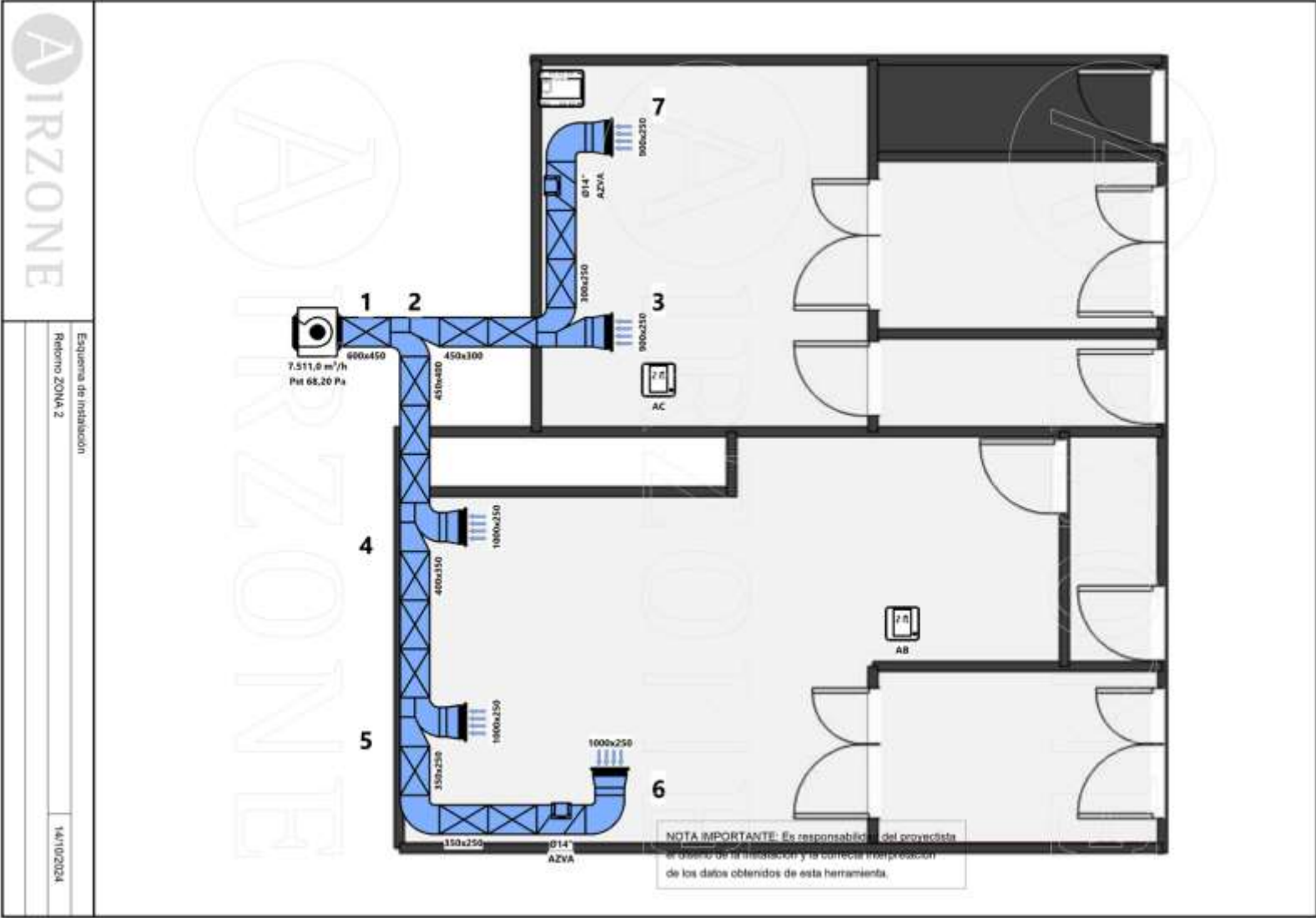
Tendidos de conductos impulsión Zona 2.

Zona 2. Impulsión.



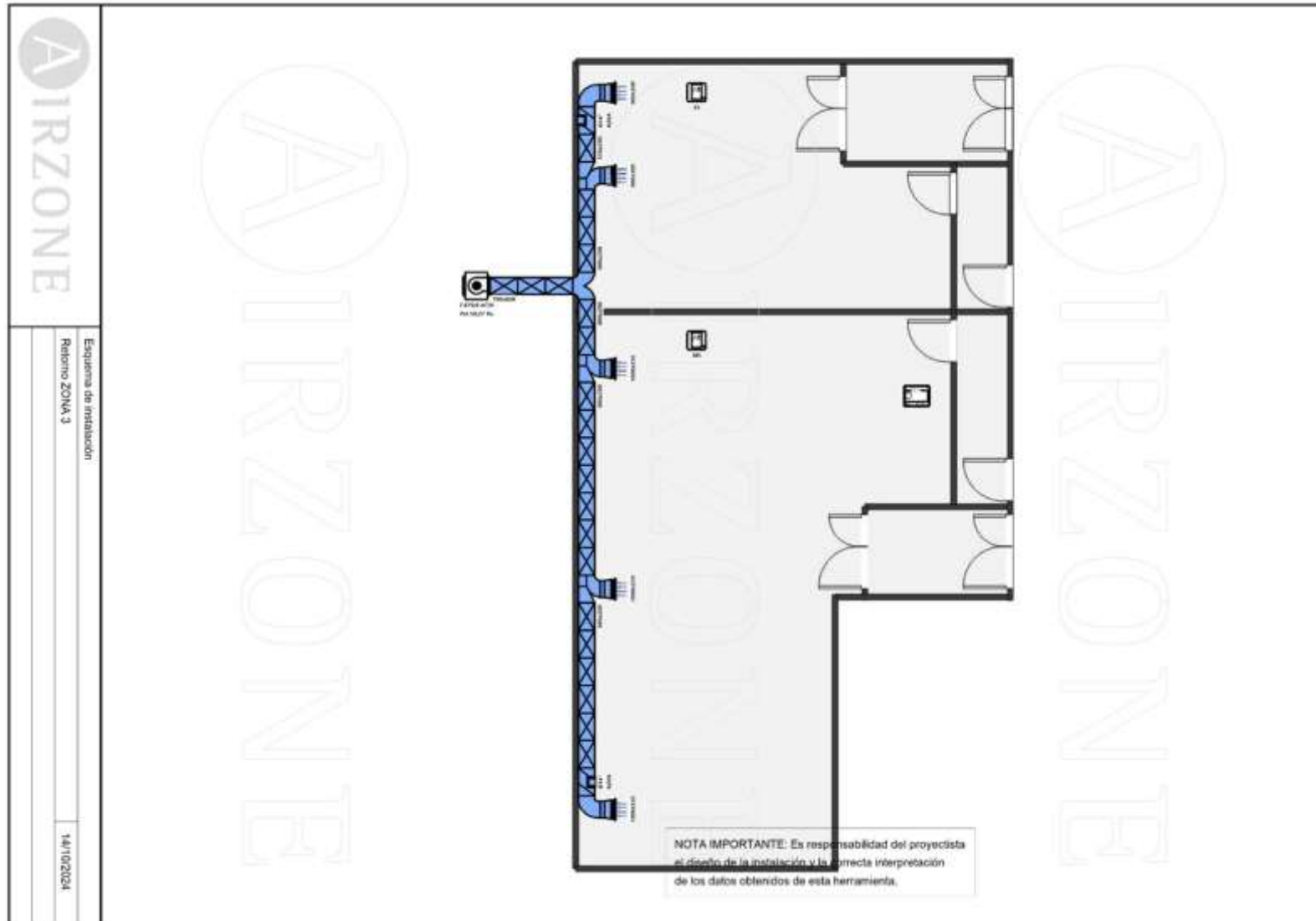
Anexo 15 – Tendidos de conductos.

Zona 2. Retorno



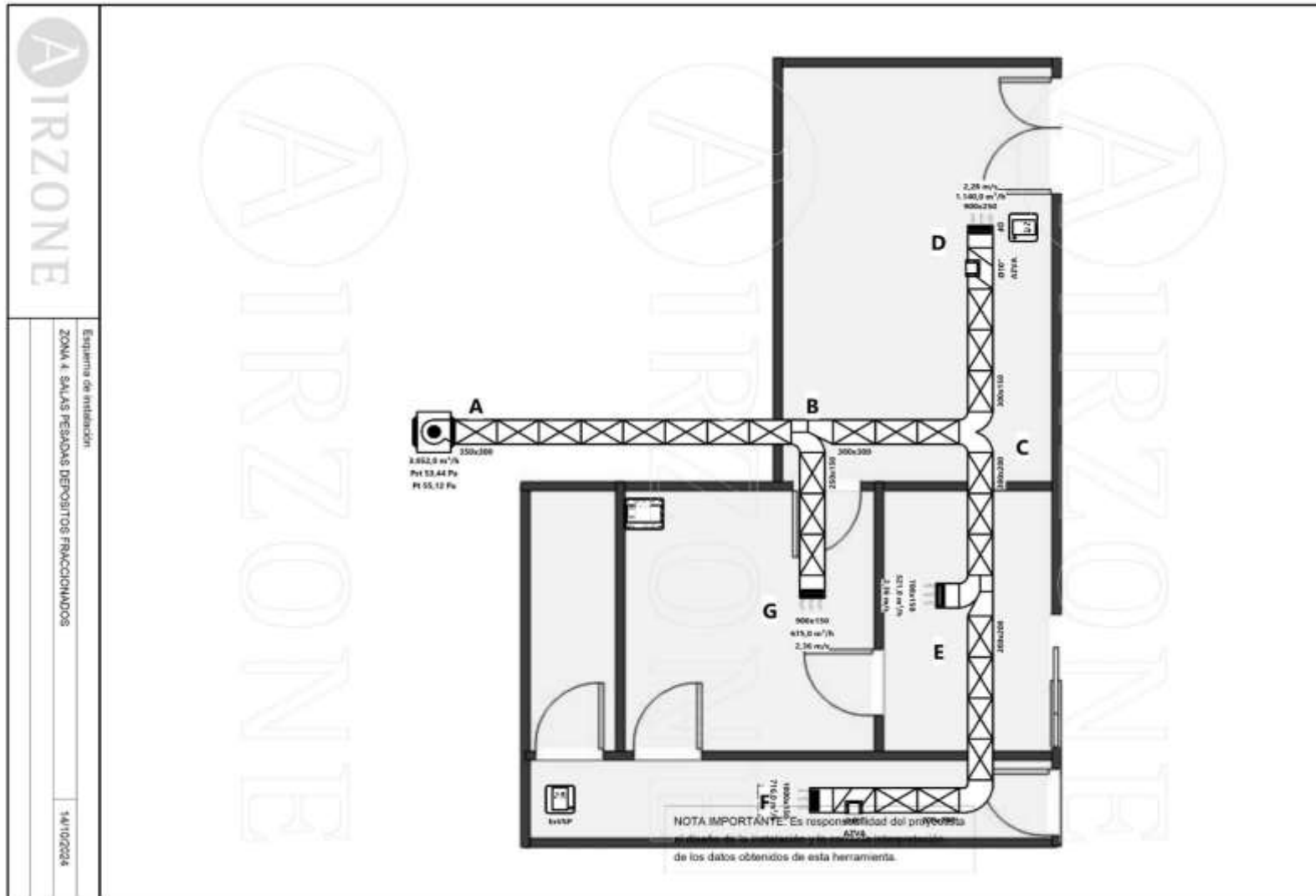
Anexo 15 *Tendidos de conductos.*

Zona 3. Retorno



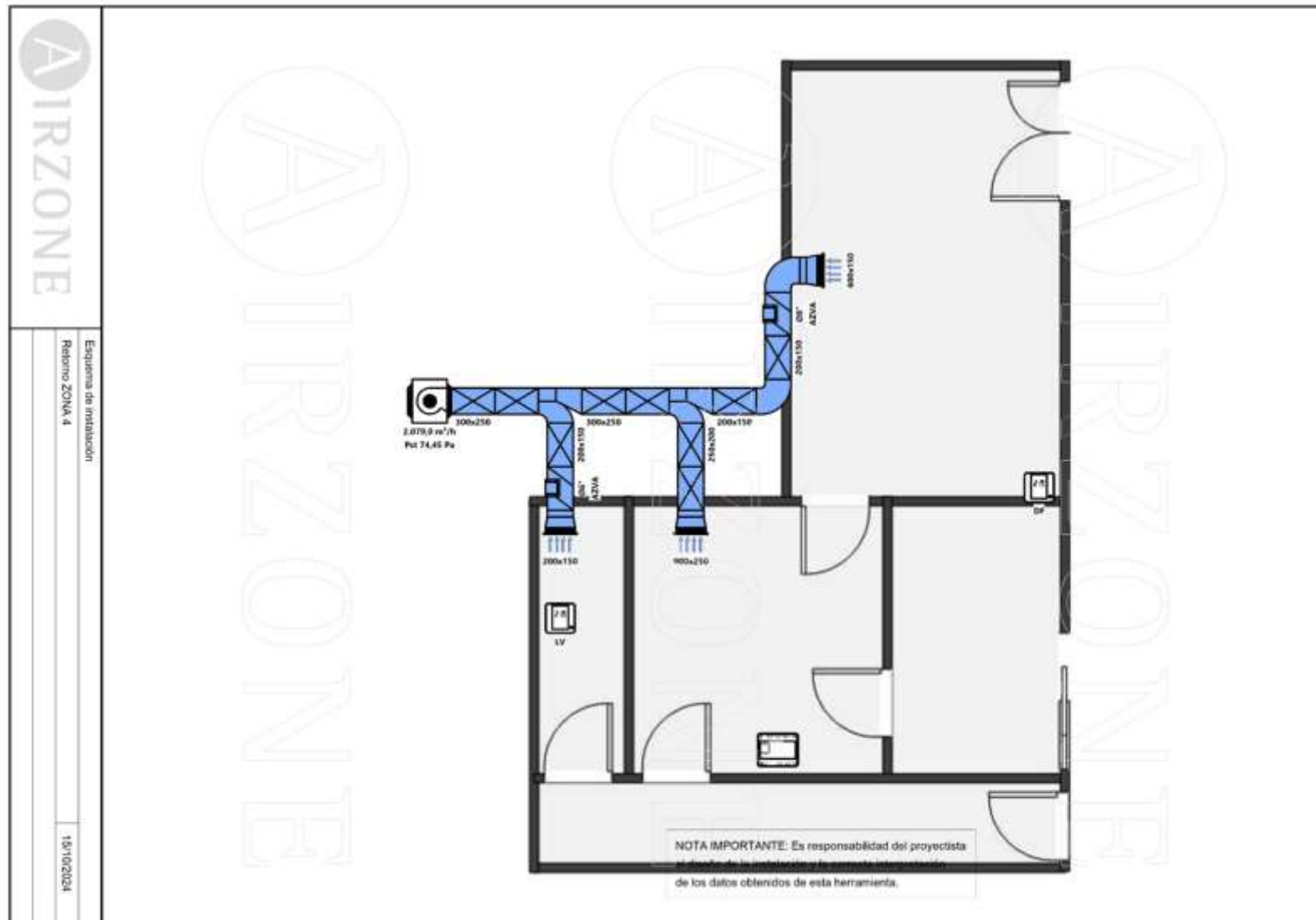
Anexo 15 Tendidos de conductos.

Zona4. Impulsión.



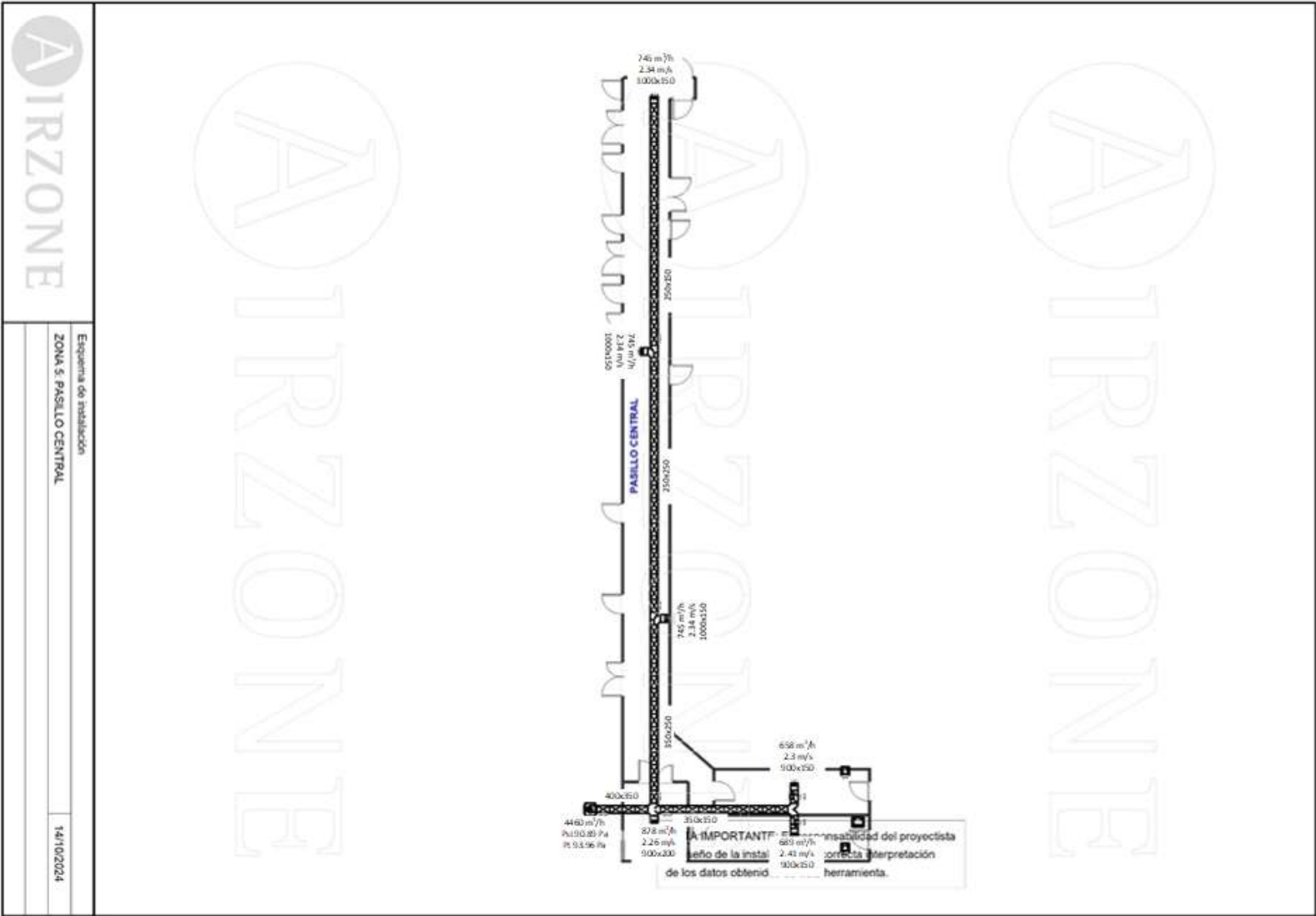
Anexo 15 – Tendidos de conductos.

Zona 4. Retorno



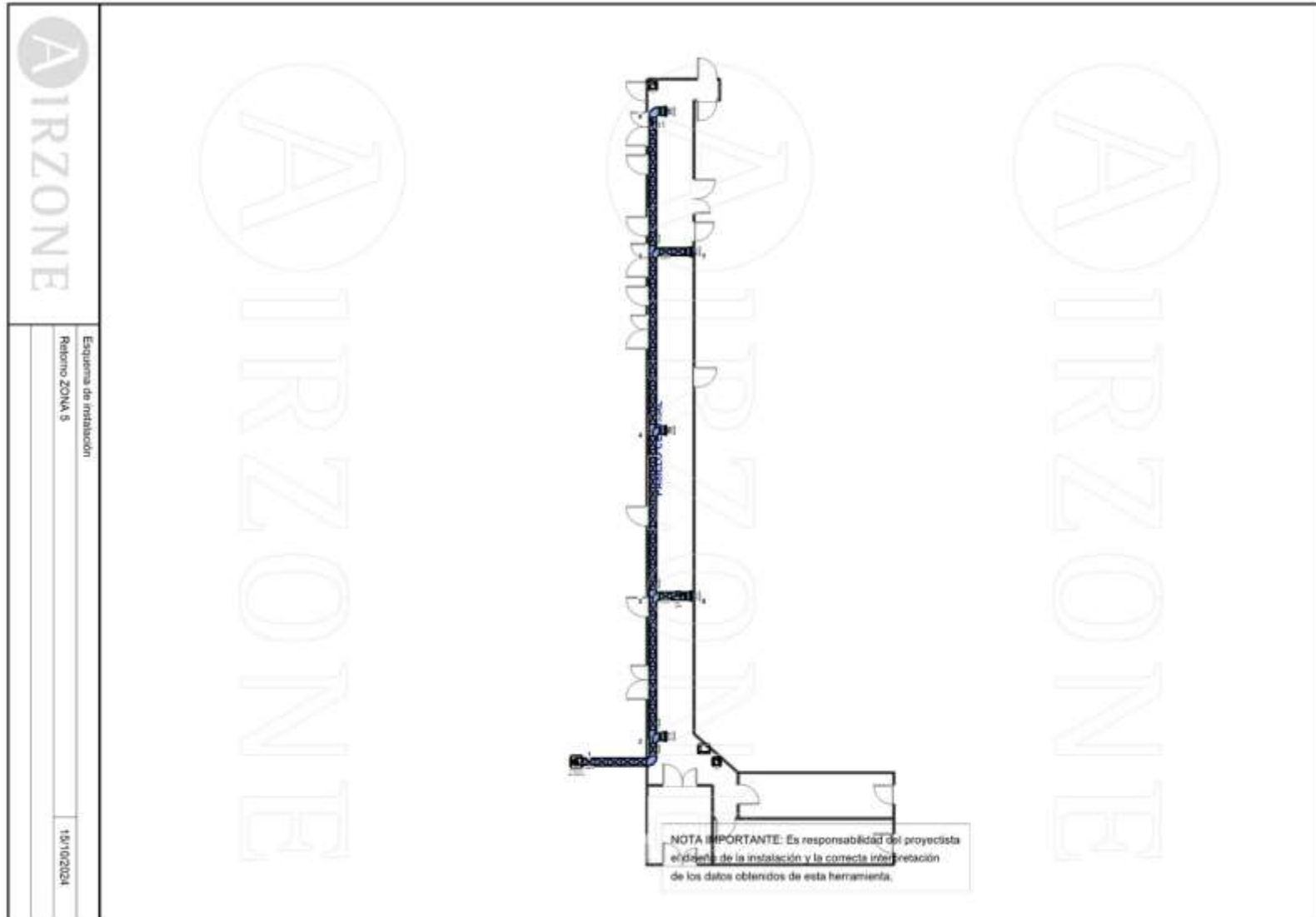
Anexo 15 Tendidos de conductos impulsión Zona 5.

Zona 5. Impulsión.



Anexo 15 – Tendidos de conductos.

Zona 5. Retorno.



Anexo 16. Planillas de pérdidas de carga.

Zona 1. Impulsión.

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO						
Referencia	Tecnología	Caudal (m ³ /h)	Presión total (Pa)	Presión estática (Pa)	Pasarela	Compuerta bypas
Ventilador	Expansión directa ED	14.213,0	74,41	50,35		-
ZONAS						
Referencia	Superficie (m ²)	Altura (m)	Caudal (m ³ /h) Imp/Ret	Difusión	Control	
ELC	34,8	3,0	2.126,0/0,0	B06		
ELM	27,5	3,0	1.714,0/0,0	B07		
EsMLCyM	10,5	3,0	1.938,0/0,0	B04		
EsMSPM	4,8	3,0	778,0/0,0	B02		
EsVELM	2,3	3,0	484,0/0,0	B09		
EsVMLC	4,1	3,0	487,0/0,0	B11		
EsVMLM	2,5	3,0	486,0/0,0	B10		
EsVSPM	3,3	3,0	485,0/0,0	B01		
MLC	29,8	3,0	2.300,0/0,0	B05		
MLM	13,3	3,0	1.025,0/0,0	B08		
SPM	25,6	3,0	2.390,0/0,0	B03		
Total	158,5	-	14.213,0/0,0	-		-

RESULTADOS EN LOS CONDUCTOS											
Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) ó Ø (mm)	Área (m ²)	Ø eqv. (mm)	Long. (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Veloc. (m/s)	DPs (Pa)	DPf (Pa)	DPT (Pa)	Pt. Final (Pa)
C01	500x1000	0,50000	761	7,00	1,34	14.213,0	7,90	1,20	6,26	7,46	7,46
C02	500x1000	0,50000	761	0,50	0,00	14.213,0	7,90	0,00	0,45	0,45	7,91
C03	500x1000	0,50000	761	0,50	0,00	14.213,0	7,90	0,00	0,45	0,45	8,35
C04	500x1000	0,50000	761	0,50	0,00	14.213,0	7,90	0,00	0,45	0,45	8,80
C05	500x1000	0,50000	761	0,50	0,00	14.213,0	7,90	0,00	0,45	0,45	9,25
C06	500x1000	0,50000	761	0,50	0,00	14.213,0	7,90	0,00	0,45	0,45	9,70
C07	500x1000	0,50000	761	0,50	0,00	14.213,0	7,90	0,00	0,45	0,45	10,14

C08	500x1000	0,50000	761	0,50	0,00	14.213,0	7,90	0,00	0,45	0,45	10,59
C09	500x1000	0,50000	761	0,50	0,00	14.213,0	7,90	0,00	0,45	0,45	11,04
C10	500x1000	0,50000	761	0,50	0,00	14.213,0	7,90	0,00	0,45	0,45	11,48
C11	400x900	0,36000	642	0,50	93,33	3.653,0	2,82	16,06	0,09	16,14	27,63
C12	400x900	0,36000	642	0,50	0,00	3.653,0	2,82	0,00	0,09	0,09	27,71
C13	400x900	0,36000	642	0,50	0,00	3.653,0	2,82	0,00	0,09	0,09	27,80
C14	400x900	0,36000	642	0,50	0,00	3.653,0	2,82	0,00	0,09	0,09	27,89
C15	400x900	0,36000	642	0,50	0,00	3.653,0	2,82	0,00	0,09	0,09	27,97
C16	400x900	0,36000	642	0,50	0,00	3.653,0	2,82	0,00	0,09	0,09	28,06
C17	400x900	0,36000	642	0,50	0,00	3.653,0	2,82	0,00	0,09	0,09	28,14
C18	200x100	0,02000	152	0,50	0,53	485,0	6,74	2,55	2,39	4,94	33,08
C19	200x100	0,02000	152	0,50	0,00	485,0	6,74	0,00	2,39	2,39	35,47
C20	400x700	0,28000	572	0,50	-0,34	3.168,0	3,14	-0,08	0,12	0,04	28,18
C21	400x700	0,28000	572	0,50	0,00	3.168,0	3,14	0,00	0,12	0,12	28,30
C22	200x300	0,06000	266	0,50	3,34	778,0	3,60	2,49	0,37	2,86	31,16
C23	Ø300	0,07069	300	0,50	0,00	778,0	3,06	0,00	0,21	0,21	31,37
C24	300x400	0,12000	377	0,50	-0,05	2.390,0	5,53	-0,05	0,53	0,47	28,77
C25	400x1000	0,40000	674	0,50	4,77	10.560,0	7,33	4,50	0,47	4,97	16,46
C26	400x1000	0,40000	674	0,50	0,00	10.560,0	7,33	0,00	0,47	0,47	16,93
C27	400x1000	0,40000	674	0,50	0,00	10.560,0	7,33	0,00	0,47	0,47	17,40
C28	400x1000	0,40000	674	0,50	0,00	10.560,0	7,33	0,00	0,47	0,47	17,87
C29	400x1000	0,40000	674	0,50	0,00	10.560,0	7,33	0,00	0,47	0,47	18,34
C30	400x1000	0,40000	674	0,50	0,00	10.560,0	7,33	0,00	0,47	0,47	18,82
C31	400x1000	0,40000	674	0,50	0,00	10.560,0	7,33	0,00	0,47	0,47	19,29
C32	400x1000	0,40000	674	0,50	0,00	10.560,0	7,33	0,00	0,47	0,47	19,76
C33	400x1000	0,40000	674	0,50	0,00	10.560,0	7,33	0,00	0,47	0,47	20,23
C34	400x1000	0,40000	674	0,50	0,00	10.560,0	7,33	0,00	0,47	0,47	20,70
C35	400x1000	0,40000	674	0,50	0,00	10.560,0	7,33	0,00	0,47	0,47	21,17
C36	400x900	0,36000	642	0,50	-0,32	9.587,0	7,40	-0,32	0,50	0,17	21,35
C37	900x350	0,31500	597	0,50	-0,25	9.103,0	8,03	-0,33	0,65	0,32	21,67
C38	400x800	0,32000	609	0,50	2,11	8.078,0	7,01	2,00	0,47	2,47	24,14
C39	400x700	0,28000	572	0,50	-0,50	6.364,0	6,31	-0,41	0,41	0,00	24,14
C40	400x700	0,28000	572	0,50	0,00	6.364,0	6,31	0,00	0,41	0,41	24,55
C41	400x600	0,24000	532	0,50	1,97	4.426,0	5,12	1,19	0,30	1,50	26,05
C42	400x600	0,24000	532	0,50	0,00	4.426,0	5,12	0,00	0,30	0,30	26,36

C43	400x600	0,24000	532	0,50	0,00	4.426,0	5,12	0,00	0,30	0,30	26,66
C44	300x400	0,12000	377	0,50	1,06	2.300,0	5,32	1,04	0,49	1,53	28,19
C45	300x400	0,12000	377	0,50	0,00	2.300,0	5,32	0,00	0,49	0,49	28,68
C46	300x400	0,12000	377	0,50	9,24	2.126,0	4,92	7,87	0,43	8,30	34,96
C47	300x400	0,12000	377	0,50	0,00	2.126,0	4,92	0,00	0,43	0,43	35,38
C48	300x400	0,12000	377	0,50	21,56	1.714,0	3,97	12,41	0,29	12,70	36,84
C49	300x400	0,12000	377	0,50	0,00	1.714,0	3,97	0,00	0,29	0,29	37,12
C50	∅300	0,07069	300	0,50	68,02	1.025,0	4,03	47,34	0,35	47,69	69,36
C51	250x150	0,03750	210	0,50	18,13	484,0	3,59	18,11	0,50	18,61	39,96
C52	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	484,0	3,59	0,00	0,50	0,50	40,46
C53	200x300	0,06000	266	0,50	15,89	973,0	4,50	17,80	0,56	18,36	39,54
C54	200x300	0,06000	266	0,50	0,00	973,0	4,50	0,00	0,56	0,56	40,10
C55	200x300	0,06000	266	0,50	0,00	973,0	4,50	0,00	0,56	0,56	40,66
C56	200x300	0,06000	266	0,50	0,00	973,0	4,50	0,00	0,56	0,56	41,22
C57	200x100	0,02000	152	0,50	0,20	487,0	6,76	0,98	2,40	3,38	44,60
C58	200x100	0,02000	152	0,50	0,00	487,0	6,76	0,00	2,40	2,40	47,01
C59	200x100	0,02000	152	0,50	0,00	487,0	6,76	0,00	2,40	2,40	49,41
C60	200x100	0,02000	152	0,50	0,00	487,0	6,76	0,00	2,40	2,40	51,81
C61	200x100	0,02000	152	0,50	0,00	487,0	6,76	0,00	2,40	2,40	54,22

RESULTADOS EN LAS BOCAS

Ref.	Dimensiones (Horz.xVert.) ó ∅ (mm)	Q Nom. (m ³ /h)	Nivel s. (dBA)	S Sal. (m ²)	V Sal. (m/s)	DPs (Pa)	DPb (Pa)	Alcance (m)	DPv (Pa)
B01	700x150	485,0	< 15	0,06130	2,20	6,50	2,13	5,28	44,10
B02	1000x150	778,0	15	0,08830	2,45	1,96	2,54	7,05	35,87
B03	1000x450	2.390,0	19	0,28820	2,30	4,66	1,96	11,96	35,39
B04	1000x350	1.938,0	19	0,22160	2,43	11,77	2,25	11,07	38,57
B05	900x450	2.300,0	20	0,25880	2,47	4,58	2,28	12,15	35,54
B06	1000x400	2.126,0	19	0,25330	2,33	3,89	2,04	11,36	41,31
B07	900x350	1.714,0	18	0,19900	2,39	1,51	2,21	10,33	40,84
B08	1000x200	1.025,0	16	0,12000	2,37	2,75	2,30	7,97	74,41
B09	700x150	484,0	< 15	0,06130	2,19	2,26	2,13	5,27	44,85
B10	700x150	486,0	< 15	0,06130	2,20	3,90	2,14	5,29	47,26
B11	700x150	487,0	< 15	0,06130	2,21	6,55	2,15	5,30	62,92

Anexo 16 Planillas de pérdidas de carga.

Zona 1. Retorno

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO						
Referencia	Tecnología	Caudal (m ³ /h)	Presión total (Pa)	Presión estática (Pa)	Pasarela	Compuerta bypas
Ventilador	Expansión directa ED	7.898,0	50,28	42,08		
ZONAS						
Referencia	Superficie (m ²)	Altura (m)	Caudal (m ³ /h) Imp/Ret	Difusión	Control	
ELC	34,7	3,0	0,0/345,0	R04		
ELM	27,5	3,0	0,0/172,0	R02		
MLC	30,1	3,0	0,0/2.922,0	R03		
MLM	13,5	3,0	0,0/1.647,0	R01		
SPM	25,9	3,0	0,0/2.812,0	R05		
Total	131,6	-	0,0/7.898,0	-	-	-

RESULTADOS EN LOS CONDUCTOS											
Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) ó Ø (mm)	Área (m ²)	Ø eqv. (mm)	Long. (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Veloc. (m/s)	Dps (Pa)	Dpf (Pa)	Dpt (Pa)	Pt. Final (Pa)
C01	900x450	0,40500	685	7,00	3,08	7.898,0	5,42	1,58	3,59	5,16	5,16
C02	900x450	0,40500	685	0,50	0,00	7.898,0	5,42	0,00	0,26	0,26	5,42
C03	900x450	0,40500	685	0,50	0,00	7.898,0	5,42	0,00	0,26	0,26	5,67
C04	600x450	0,27000	566	0,50	10,64	5.086,0	5,23	6,18	0,29	6,47	12,14
C05	600x450	0,27000	566	0,50	0,00	5.086,0	5,23	0,00	0,29	0,29	12,43
C06	600x450	0,27000	566	0,50	0,00	5.086,0	5,23	0,00	0,29	0,29	12,72
C07	600x450	0,27000	566	0,50	0,00	5.086,0	5,23	0,00	0,29	0,29	13,01
C08	600x450	0,27000	566	0,50	0,00	5.086,0	5,23	0,00	0,29	0,29	13,30
C09	600x450	0,27000	566	0,50	0,00	5.086,0	5,23	0,00	0,29	0,29	13,59
C10	600x450	0,27000	566	0,50	0,00	5.086,0	5,23	0,00	0,29	0,29	13,88
C11	600x450	0,27000	566	0,50	0,00	5.086,0	5,23	0,00	0,29	0,29	14,17
C12	600x450	0,27000	566	0,50	0,00	5.086,0	5,23	0,00	0,29	0,29	14,46
C13	600x450	0,27000	566	0,50	0,00	5.086,0	5,23	0,00	0,29	0,29	14,75
C14	600x450	0,27000	566	0,50	0,00	5.086,0	5,23	0,00	0,29	0,29	15,04

C15	600x450	0,27000	566	0,50	0,00	5.086,0	5,23	0,00	0,29	0,29	15,33
C16	600x450	0,27000	566	0,50	0,00	5.086,0	5,23	0,00	0,29	0,29	15,62
C17	600x450	0,27000	566	0,50	0,00	5.086,0	5,23	0,00	0,29	0,29	15,91
C18	600x450	0,27000	566	0,50	0,00	5.086,0	5,23	0,00	0,29	0,29	16,20
C19	600x450	0,27000	566	0,50	0,00	5.086,0	5,23	0,00	0,29	0,29	16,49
C20	600x450	0,27000	566	0,50	0,00	5.086,0	5,23	0,00	0,29	0,29	16,79
C21	450x300	0,13500	399	0,50	-0,50	1.647,0	3,39	-0,20	0,20	0,00	16,79
C22	450x300	0,13500	399	0,50	0,00	1.647,0	3,39	0,00	0,20	0,20	16,99
C23	450x300	0,13500	399	0,50	0,00	1.647,0	3,39	0,00	0,20	0,20	17,19
C24	450x300	0,13500	399	0,50	0,00	1.647,0	3,39	0,00	0,20	0,20	17,40
C25	450x300	0,13500	399	0,50	0,00	1.647,0	3,39	0,00	0,20	0,20	17,60
C26	450x300	0,13500	399	0,50	4,26	1.647,0	3,39	1,73	0,20	1,94	19,53
C27	200x150	0,03000	189	0,50	-0,50	172,0	1,59	-0,13	0,13	0,00	16,79
C28	200x150	0,03000	189	0,50	0,00	172,0	1,59	0,00	0,13	0,13	16,91
C29	200x150	0,03000	189	0,50	0,00	172,0	1,59	0,00	0,13	0,13	17,04
C30	200x150	0,03000	189	0,50	0,00	172,0	1,59	0,00	0,13	0,13	17,17
C31	200x150	0,03000	189	0,50	0,00	172,0	1,59	0,00	0,13	0,13	17,29
C32	200x150	0,03000	189	0,50	0,00	172,0	1,59	0,00	0,13	0,13	17,42
C33	200x150	0,03000	189	0,50	0,00	172,0	1,59	0,00	0,13	0,13	17,55
C34	200x150	0,03000	189	0,50	0,00	172,0	1,59	0,00	0,13	0,13	17,68
C35	200x150	0,03000	189	0,50	0,00	172,0	1,59	0,00	0,13	0,13	17,80
C36	200x150	0,03000	189	0,50	0,00	172,0	1,59	0,00	0,13	0,13	17,93
C37	200x150	0,03000	189	0,50	0,00	172,0	1,59	0,00	0,13	0,13	18,06
C38	200x150	0,03000	189	0,50	0,00	172,0	1,59	0,00	0,13	0,13	18,18
C39	200x150	0,03000	189	0,50	0,00	172,0	1,59	0,00	0,13	0,13	18,31
C40	∅200	0,03142	200	0,50	12,15	172,0	1,52	2,36	0,10	2,45	20,77
C41	450x450	0,20250	492	0,50	10,03	3.267,0	4,48	5,17	0,26	5,43	22,21
C42	450x450	0,20250	492	0,50	0,00	3.267,0	4,48	0,00	0,26	0,26	22,47
C43	450x450	0,20250	492	0,50	0,00	3.267,0	4,48	0,00	0,26	0,26	22,73
C44	450x450	0,20250	492	0,50	0,00	3.267,0	4,48	0,00	0,26	0,26	22,99
C45	450x450	0,20250	492	0,50	0,00	3.267,0	4,48	0,00	0,26	0,26	23,25
C46	450x450	0,20250	492	0,50	0,00	3.267,0	4,48	0,00	0,26	0,26	23,50
C47	450x450	0,20250	492	0,50	0,00	3.267,0	4,48	0,00	0,26	0,26	23,76
C48	450x400	0,18000	463	0,50	2,27	2.922,0	4,51	1,28	0,28	1,56	25,32
C49	450x400	0,18000	463	0,50	0,00	2.922,0	4,51	0,00	0,28	0,28	25,60
C50	450x400	0,18000	463	0,50	0,00	2.922,0	4,51	0,00	0,28	0,28	25,88
C51	450x400	0,18000	463	0,50	0,00	2.922,0	4,51	0,00	0,28	0,28	26,16
C52	450x400	0,18000	463	0,50	0,00	2.922,0	4,51	0,00	0,28	0,28	26,44
C53	450x400	0,18000	463	0,50	4,84	2.922,0	4,51	2,71	0,28	2,99	29,43

C54	250x150	0,03750	210	0,50	5,15	345,0	2,56	2,78	0,27	3,05	26,81
C55	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	345,0	2,56	0,00	0,27	0,27	27,08
C56	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	345,0	2,56	0,00	0,27	0,27	27,35
C57	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	345,0	2,56	0,00	0,27	0,27	27,62
C58	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	345,0	2,56	0,00	0,27	0,27	27,89
C59	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	345,0	2,56	0,00	0,27	0,27	28,16
C60	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	345,0	2,56	0,00	0,27	0,27	28,43
C61	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	345,0	2,56	0,00	0,27	0,27	28,70
C62	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	345,0	2,56	0,00	0,27	0,27	28,97
C63	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	345,0	2,56	0,00	0,27	0,27	29,24
C64	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	345,0	2,56	0,00	0,27	0,27	29,51
C65	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	345,0	2,56	0,00	0,27	0,27	29,78
C66	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	345,0	2,56	0,00	0,27	0,27	30,05
C67	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	345,0	2,56	0,00	0,27	0,27	30,32
C68	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	345,0	2,56	0,00	0,27	0,27	30,59
C69	Ø250	0,04909	250	0,50	23,94	345,0	1,95	5,57	0,12	5,69	36,27
C70	450x400	0,18000	463	0,50	7,29	2.812,0	4,34	3,82	0,26	4,08	9,75
C71	450x400	0,18000	463	0,50	0,00	2.812,0	4,34	0,00	0,26	0,26	10,02
C72	450x400	0,18000	463	0,50	0,00	2.812,0	4,34	0,00	0,26	0,26	10,28
C73	450x400	0,18000	463	0,50	0,00	2.812,0	4,34	0,00	0,26	0,26	10,54
C74	450x400	0,18000	463	0,50	0,00	2.812,0	4,34	0,00	0,26	0,26	10,80
C75	450x400	0,18000	463	0,50	0,00	2.812,0	4,34	0,00	0,26	0,26	11,06
C76	450x400	0,18000	463	0,50	0,00	2.812,0	4,34	0,00	0,26	0,26	11,32
C77	450x400	0,18000	463	0,50	0,00	2.812,0	4,34	0,00	0,26	0,26	11,59
C78	450x400	0,18000	463	0,50	0,00	2.812,0	4,34	0,00	0,26	0,26	11,85
C79	450x400	0,18000	463	0,50	0,00	2.812,0	4,34	0,00	0,26	0,26	12,11
C80	450x400	0,18000	463	0,50	0,00	2.812,0	4,34	0,00	0,26	0,26	12,37

RESULTADOS EN LAS BOCAS

Ref.	Dimensiones (Horz.xVert.) ó Ø (mm)	Q Nom. (m ³ /h)	Nivel (dBA)	s.	S Sal. (m ²)	V Sal. (m/s)	DPs (Pa)	DPb (Pa)	Alcance (m)	DPv (Pa)
R01	1000x250	1.647,0	24		0,18300	2,50	2,31	5,05	11,94	26,89
R02	250x150	172,0	< 15		0,02500	1,91	1,40	2,52	3,20	24,68
R03	1000x450	2.922,0	28		0,34100	2,38	2,69	4,81	15,77	36,93
R04	400x150	345,0	16		0,04100	2,34	1,90	3,92	5,08	42,08
R05	1000x450	2.812,0	27		0,34100	2,29	2,50	4,45	15,18	19,33

Anexo 16 Planillas de pérdidas de carga.

Zona 2. Impulsión.

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO					
Referencia	Tecnología	Caudal (m ³ /h)	Presión total (Pa)	Presión estática (Pa)	Pasarela
Ventilador	Expansión directa ED	8.992,0	66,13	55,78	AZVAFR2F5R

ZONAS					
Referencia	Superficie (m ²)	Altura (m)	Caudal (m ³ /h) Imp/Ret	Difusión	
AB	25,2	3,0	4.154,0/0,0	B05 - B01	
AC	12,8	3,0	2.316,0/0,0	B06 - B02	
EsMAB	5,1	3,0	778,0/0,0	B01	
EsMAC	5,1	3,0	778,0/0,0	B03	
EsVAB	2,1	3,0	480,0/0,0	B02	
EsVAC	2,6	3,0	486,0/0,0	B04	
Total	52,8	-	8.992,0/0,0	-	

RESULTADOS EN LOS CONDUCTOS											
Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) ó Ø (mm)	Área (m ²)	Ø eqv. (mm)	Long. (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Veloc. (m/s)	DPs (Pa)	DPf (Pa)	DPt (Pa)	Pt. Final (Pa)
C01	800x400	0,32000	609	7,00	1,59	8.992,0	7,81	1,83	8,05	9,88	9,88
C02	800x400	0,32000	609	0,50	0,00	8.992,0	7,81	0,00	0,58	0,58	10,45
C03	800x400	0,32000	609	0,50	0,00	8.992,0	7,81	0,00	0,58	0,58	11,03
C04	800x400	0,32000	609	0,50	0,00	8.992,0	7,81	0,00	0,58	0,58	11,60
C05	800x400	0,32000	609	0,50	0,00	8.992,0	7,81	0,00	0,58	0,58	12,18
C06	800x400	0,32000	609	0,50	0,00	8.992,0	7,81	0,00	0,58	0,58	12,75
C07	800x400	0,32000	609	0,50	0,00	8.992,0	7,81	0,00	0,58	0,58	13,33
C08	800x400	0,32000	609	0,50	0,00	8.992,0	7,81	0,00	0,58	0,58	13,90
C09	800x400	0,32000	609	0,50	0,00	8.992,0	7,81	0,00	0,58	0,58	14,48
C10	600x400	0,24000	532	0,50	3,06	4.599,0	5,32	1,99	0,33	2,32	16,80
C01	600x400	0,24000	532	0,50	0,00	4.599,0	5,32	0,00	0,33	0,33	17,12
C11	400x400	0,16000	437	0,50	0,00	4.599,0	7,98	0,00	0,85	0,85	17,97
C13	250x500	0,12500	381	0,50	0,02	2.522,0	5,60	0,03	0,56	0,58	18,56
C14	200x400	0,08000	304	0,50	5,81	1.258,0	4,37	5,41	0,47	5,87	24,43
C15	150x250	0,03750	210	0,50	0,72	778,0	5,76	1,70	1,19	2,89	27,32
C16	150x250	0,03750	210	0,50	0,00	778,0	5,76	0,00	1,19	1,19	28,50
C17	150x250	0,03750	210	0,50	0,00	778,0	5,76	0,00	1,19	1,19	29,69

C18	Ø200	0,03142	200	0,50	8,51	778,0	6,88	25,72	1,51	27,23	56,92
C19	200x400	0,08000	304	0,50	5,76	1.264,0	4,39	5,41	0,47	5,88	24,43
C20	200x300	0,06000	266	0,50	-0,37	778,0	3,60	-0,27	0,37	0,10	24,53
C21	200x300	0,06000	266	0,50	0,00	778,0	3,60	0,00	0,37	0,37	24,90
C22	Ø200	0,03142	200	0,50	3,40	778,0	6,88	10,27	1,51	11,79	36,69
C23	150x250	0,03750	210	0,50	4,40	486,0	3,60	4,43	0,50	4,93	29,36
C02	300x600	0,18000	457	0,50	43,09	2.077,0	3,21	13,93	0,16	14,09	32,06
C25	500x250	0,12500	381	0,50	15,98	2.316,0	5,15	15,28	0,48	15,75	30,23
C26	500x250	0,12500	381	0,50	0,00	2.316,0	5,15	0,00	0,48	0,48	30,71
C28	500x250	0,12500	381	0,50	3,13	1.158,0	2,57	0,85	0,14	0,98	31,69
C29	500x250	0,12500	381	0,50	0,00	1.158,0	2,57	0,00	0,14	0,14	31,83

C30	500x250	0,12500	381	0,50	0,00	1.158,0	2,57	0,00	0,14	0,14	32,10
C03	300x600	0,18000	457	0,50	35,31	2.077,0	3,21	11,42	0,16	11,58	26,06
C04	300x600	0,18000	457	0,50	0,00	2.077,0	3,21	0,00	0,16	0,16	26,22
C05	300x600	0,18000	457	0,50	0,00	2.077,0	3,21	0,00	0,16	0,16	26,38
C06	300x600	0,18000	457	0,50	0,00	2.077,0	3,21	0,00	0,16	0,16	26,54
C07	300x600	0,18000	457	0,50	0,00	2.077,0	3,21	0,00	0,16	0,16	26,70

RESULTADOS EN LAS BOCAS

Ref.	Dimensiones (Horz.xVert.) ó Ø (mm)	Q Nom. (m ³ /h)	Nivel s. (dBA)	S Sal. (m ²)	V Sal. (m/s)	DPs (Pa)	DPb (Pa)	Alcance (m)	DPv (Pa)
B01	1000x150	778,0	15	0,08830	2,45	6,66	2,54	7,05	66,13
B02	700x150	480,0	< 15	0,06130	2,18	4,93	2,09	5,23	31,45
B03	1000x150	778,0	15	0,08830	2,45	6,66	2,54	7,05	45,89
B04	700x150	486,0	< 15	0,06130	2,20	2,28	2,14	5,29	33,79
B01	1000x400	2.077,0	18	0,25330	2,28	2,27	1,95	11,09	36,28
B06	900x250	1.158,0	16	0,13910	2,31	1,77	2,15	8,36	36,02
B02	900x250	1.158,0	16	0,13910	2,31	5,49	2,15	8,36	38,35
B05	1000x400	2.077,0	18	0,25330	2,28	2,27	1,95	11,09	30,92

Anexo 16 Planillas de pérdidas de carga.

Zona 2. Retorno.

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO					
Referencia	Tecnología	Caudal (m ³ /h)	Presión total (Pa)	Presión estática (Pa)	Pasarela
Ventilador	Expansión directa ED	7.511,0	75,69	68,20	AZVAFCB2DA1
ZONAS					
Referencia	Superficie (m ²)	Altura (m)	Caudal (m ³ /h) Imp/Ret	Difusión	
AB	24,1	3,0	0,0/4.575,0	R02 - R01 - R02	
AC	12,4	3,0	0,0/2.936,0	R01 - R01	
Total	36,6	-	0,0/7.511,0	-	

RESULTADOS EN LOS CONDUCTOS											
Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) ó Ø (mm)	Área (m ²)	Ø eqv. (mm)	Long. (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Veloc. (m/s)	DPs (Pa)	DPf (Pa)	Dpt (Pa)	Pt. Final (Pa)
C01	600x450	0,27000	566	7,00	4,47	7.511,0	7,73	5,28	8,26	13,54	13,54
C02	450x300	0,13500	399	0,50	-0,50	2.936,0	6,04	-0,58	0,58	0,00	13,54
C03	450x300	0,13500	399	0,50	0,00	2.936,0	6,04	0,00	0,58	0,58	14,13
C01	300x250	0,07500	299	0,50	6,74	1.468,0	5,44	9,10	0,67	9,78	23,90
C02	300x250	0,07500	299	0,50	0,00	1.468,0	5,44	0,00	0,67	0,67	24,58
C03	Ø350	0,09621	350	0,50	0,00	1.468,0	4,24	0,00	0,32	0,32	24,89
C05	450x400	0,18000	463	0,50	9,81	4.575,0	7,06	12,45	0,63	13,09	26,63
C06	450x400	0,18000	463	0,50	0,00	4.575,0	7,06	0,00	0,63	0,63	27,26
C07	450x400	0,18000	463	0,50	0,00	4.575,0	7,06	0,00	0,63	0,63	27,90
C04	400x350	0,14000	409	0,50	7,15	3.050,0	6,05	8,00	0,56	8,56	36,46
C10	400x350	0,14000	409	0,50	0,00	3.050,0	6,05	0,00	0,56	0,56	37,02
C12	400x350	0,14000	409	0,50	0,00	3.050,0	6,05	0,00	0,56	0,56	37,58
C05	350x250	0,08750	322	0,50	5,04	1.525,0	4,84	5,07	0,50	5,57	43,15
C06	350x250	0,08750	322	0,50	3,41	1.525,0	4,84	3,44	0,50	3,94	47,09
C07	350x250	0,08750	322	0,50	0,00	1.525,0	4,84	0,00	0,50	0,50	47,59
C08	Ø350	0,09621	350	0,50	0,00	1.525,0	4,40	0,00	0,34	0,34	47,93

RESULTADOS EN LAS BOCAS									
Ref.	Dimensiones (Horz.xVert.) ó \varnothing (mm)	Q Nom. (m ³ /h)	Nivel s. (dBA)	S Sal. (m ²)	V Sal. (m/s)	DPs (Pa)	DPb (Pa)	Alcance (m)	DPv (Pa)
R01	900x250	1.468,0	23	0,16500	2,47	10,04	4,89	11,17	29,06
R01	900x250	1.468,0	23	0,16500	2,47	15,23	4,89	11,17	45,02
R01	1000x250	1.525,0	22	0,18300	2,31	-4,33	4,33	11,05	27,90
R02	1000x250	1.525,0	22	0,18300	2,31	-2,82	4,33	11,05	39,09
R02	1000x250	1.525,0	22	0,18300	2,31	15,94	4,33	11,05	68,20

Anexo 16 Planillas de pérdidas de carga.

Zona 3. Impulsión.

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO					
Referencia	Tecnología	Caudal (m ³ /h)	Presión total (Pa)	Presión estática (Pa)	Pasarela
Ventilador	Expansión directa ED	9.550,0	38,33	26,79	AZVAFCB2DA1

ZONAS				
Referencia	Superficie (m ²)	Altura (m)	Caudal (m ³ /h) Imp/Ret	Difusión
ES	26,3	3,0	2.948,0/0,0	B05
EsMES	5,1	3,0	778,0/0,0	B04
EsMMS	3,9	3,0	778,0/0,0	B02
EsVES	2,4	3,0	484,0/0,0	B03
EsVMS	3,1	3,0	484,0/0,0	B01
MS	54,3	3,0	4.078,0/0,0	B06 - B07
Total	95,0	-	9.550,0/0,0	-

RESULTADOS EN LOS CONDUCTOS											
Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) ó Ø (mm)	Área (m ²)	Ø eqv. (mm)	Long. (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Veloc. (m/s)	DPs (Pa)	DPf (Pa)	DPt (Pa)	Pt. Final (Pa)
C01	400x800	0,32000	609	7,00	1,61	9.550,0	8,29	2,06	8,98	11,04	11,04
C02	400x800	0,32000	609	0,50	0,00	9.550,0	8,29	0,00	0,64	0,64	11,69
C03	400x800	0,32000	609	0,50	0,00	9.550,0	8,29	0,00	0,64	0,64	12,33
C04	400x800	0,32000	609	0,50	0,00	9.550,0	8,29	0,00	0,64	0,64	12,97
C05	400x800	0,32000	609	0,50	0,00	9.550,0	8,29	0,00	0,64	0,64	13,61
C06	400x800	0,32000	609	0,50	0,00	9.550,0	8,29	0,00	0,64	0,64	14,25
C07	400x800	0,32000	609	0,50	0,00	9.550,0	8,29	0,00	0,64	0,64	14,89
C08	400x800	0,32000	609	0,50	0,00	9.550,0	8,29	0,00	0,64	0,64	15,53
C09	400x800	0,32000	609	0,50	0,00	9.550,0	8,29	0,00	0,64	0,64	16,18
C10	400x800	0,32000	609	0,50	0,00	9.550,0	8,29	0,00	0,64	0,64	16,82
C11	400x800	0,32000	609	0,50	0,00	9.550,0	8,29	0,00	0,64	0,64	17,46
C12	250x500	0,12500	381	0,50	2,86	2.524,0	5,61	3,19	0,56	3,75	21,21
C13	250x500	0,12500	381	0,50	0,00	2.524,0	5,61	0,00	0,56	0,56	21,77
C14	250x500	0,12500	381	0,50	0,00	2.524,0	5,61	0,00	0,56	0,56	22,33
C15	250x500	0,12500	381	0,50	0,00	2.524,0	5,61	0,00	0,56	0,56	22,89
C16	250x500	0,12500	381	0,50	0,00	2.524,0	5,61	0,00	0,56	0,56	23,45
C17	200x400	0,08000	304	0,50	5,78	1.262,0	4,38	5,42	0,47	5,88	29,33

C18	200x400	0,08000	304	0,50	0,00	1.262,0	4,38	0,00	0,47	0,47	29,80
C19	200x400	0,08000	304	0,50	-0,50	778,0	2,70	-0,19	0,19	0,00	29,80
C20	200x400	0,08000	304	0,50	0,00	778,0	2,70	0,00	0,19	0,19	30,00
C21	200x400	0,08000	304	0,50	0,00	778,0	2,70	0,00	0,19	0,19	30,19
C22	200x400	0,08000	304	0,50	0,00	778,0	2,70	0,00	0,19	0,19	30,38
C23	200x400	0,08000	304	0,50	0,00	778,0	2,70	0,00	0,19	0,19	30,58
C24	200x400	0,08000	304	0,50	2,28	778,0	2,70	0,89	0,19	1,08	31,66
C25	∅300	0,07069	300	0,50	0,00	778,0	3,06	0,00	0,21	0,21	31,87
C26	200x400	0,08000	304	0,50	5,78	1.262,0	4,38	5,42	0,47	5,88	29,33
C27	200x400	0,08000	304	0,50	0,00	1.262,0	4,38	0,00	0,47	0,47	29,80
C28	200x400	0,08000	304	0,50	0,00	1.262,0	4,38	0,00	0,47	0,47	30,27
C29	200x400	0,08000	304	0,50	-0,50	778,0	2,70	-0,19	0,19	0,00	30,27
C30	200x400	0,08000	304	0,50	0,00	778,0	2,70	0,00	0,19	0,19	30,46
C31	200x400	0,08000	304	0,50	2,28	778,0	2,70	0,89	0,19	1,08	31,54
C32	∅300	0,07069	300	0,50	0,00	778,0	3,06	0,00	0,21	0,21	31,76
C33	300x500	0,15000	420	0,50	7,05	2.948,0	5,46	6,50	0,46	6,96	24,42
C34	300x500	0,15000	420	0,50	0,00	2.948,0	5,46	0,00	0,46	0,46	24,88
C35	300x500	0,15000	420	0,50	0,00	2.948,0	5,46	0,00	0,46	0,46	25,34
C36	300x500	0,15000	420	0,50	0,00	2.948,0	5,46	0,00	0,46	0,46	25,80
C37	300x600	0,18000	457	0,50	7,88	4.078,0	6,29	8,70	0,55	9,25	26,71
C38	300x600	0,18000	457	0,50	0,00	4.078,0	6,29	0,00	0,55	0,55	27,27
C39	300x400	0,12000	377	0,50	2,42	2.039,0	4,72	1,91	0,39	2,30	29,57
C40	300x400	0,12000	377	0,50	0,00	2.039,0	4,72	0,00	0,39	0,39	29,96
C41	300x400	0,12000	377	0,50	0,00	2.039,0	4,72	0,00	0,39	0,39	30,36

RESULTADOS EN LAS BOCAS

Ref.	Dimensiones (Horz.xVert.) ó ∅ (mm)	Q Nom. (m ³ /h)	Nivel (dBA)	s.	S Sal. (m ²)	V Sal. (m/s)	DPs (Pa)	DPb (Pa)	Alcance (m)	DPv (Pa)
B01	700x150	484,0	< 15		0,06130	2,19	5,94	2,13	5,27	37,87
B02	1000x150	778,0	15		0,08830	2,45	1,96	2,54	7,05	36,37
B03	700x150	484,0	< 15		0,06130	2,19	5,94	2,13	5,27	38,33
B04	1000x150	778,0	15		0,08830	2,45	1,96	2,54	7,05	36,25
B05	900x600	2.948,0	21		0,34710	2,36	4,72	2,01	13,44	32,54
B06	900x400	2.039,0	20		0,22740	2,49	7,28	2,36	11,50	36,91
B07	900x400	2.039,0	20		0,22740	2,49	4,33	2,36	11,50	37,05

Anexo 16 Planillas de pérdidas de carga.

Zona 3. Retorno.

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO					
Referencia	Tecnología	Caudal (m ³ /h)	Presión total (Pa)	Presión estática (Pa)	Pasarela
Ventilador	Expansión directa ED	7.870,0	66,42	58,27	AZVAFCB2DA1

ZONAS					
Referencia	Superficie (m ²)	Altura (m)	Caudal (m ³ /h) Imp/Ret	Difusión	
ES	26,3	3,0	0,0/3.370,0	R02 - R01	
MS	54,1	3,0	0,0/4.500,0	R05 - R03 - R04	
Total	80,4	-	0,0/7.870,0	-	

RESULTADOS EN LOS CONDUCTOS											
Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) ó Ø (mm)	Área (m ²)	Ø eqv. (mm)	Long. (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Veloc. (m/s)	DPs (Pa)	DPf (Pa)	DPt (Pa)	Pt. Final (Pa)
C01	700x600	0,42000	707	0,50	3,08	7.870,0	5,21	1,34	0,22	1,56	1,56
C02	700x600	0,42000	707	0,50	0,00	7.870,0	5,21	0,00	0,22	0,22	1,77
C03	700x600	0,42000	707	0,50	0,00	7.870,0	5,21	0,00	0,22	0,22	1,99
C04	600x200	0,12000	365	0,50	1,62	3.370,0	7,80	3,75	1,16	4,91	6,90
C05	600x200	0,12000	365	0,50	0,00	3.370,0	7,80	0,00	1,16	1,16	8,06
C06	600x200	0,12000	365	0,50	0,00	3.370,0	7,80	0,00	1,16	1,16	9,22
C07	350x200	0,07000	286	0,50	3,94	1.685,0	6,69	8,42	1,07	9,49	18,71
C08	Ø350	0,09621	350	0,50	0,00	1.685,0	4,86	0,00	0,41	0,41	19,12
C09	800x200	0,16000	413	0,50	1,75	4.500,0	7,81	3,75	1,07	4,82	6,82
C10	800x200	0,16000	413	0,50	0,00	4.500,0	7,81	0,00	1,07	1,07	7,89
C11	600x200	0,12000	365	0,50	5,22	3.000,0	6,94	9,80	0,94	10,73	18,62
C12	600x200	0,12000	365	0,50	0,00	3.000,0	6,94	0,00	0,94	0,94	19,56
C13	600x200	0,12000	365	0,50	0,00	3.000,0	6,94	0,00	0,94	0,94	20,50
C14	600x200	0,12000	365	0,50	0,00	3.000,0	6,94	0,00	0,94	0,94	21,44
C15	600x200	0,12000	365	0,50	0,00	3.000,0	6,94	0,00	0,94	0,94	22,38
C16	600x200	0,12000	365	0,50	0,00	3.000,0	6,94	0,00	0,94	0,94	23,31
C17	600x200	0,12000	365	0,50	0,00	3.000,0	6,94	0,00	0,94	0,94	24,25
C18	300x200	0,06000	266	0,50	2,71	1.500,0	6,94	6,68	1,23	7,91	32,16
C19	300x200	0,06000	266	0,50	0,00	1.500,0	6,94	0,00	1,23	1,23	33,39
C20	300x200	0,06000	266	0,50	0,00	1.500,0	6,94	0,00	1,23	1,23	34,62

RESULTADOS EN LAS BOCAS											
Ref.	Dimensiones (Horz.xVert.) ó ∅ (mm)		Q Nom. (m ³ /h)	Nivel (dBA)	s.	S Sal. (m ²)	Sal. (m/s)	DPs (Pa)	DPb (Pa)	Alcance (m)	DPv (Pa)
R01	900x300		1.685,0	23		0,19800	2,36	-4,54	4,54	11,77	9,22
R02	900x300		1.685,0	23		0,19800	2,36	19,08	4,54	11,77	42,74
R03	1000x250		1.500,0	22		0,18300	2,28	-4,19	4,19	10,87	7,89
R04	1000x250		1.500,0	22		0,18300	2,28	-4,19	4,19	10,87	24,25
R05	1000x250		1.500,0	22		0,18300	2,28	15,44	4,19	10,87	58,27
C21	300x200	0,06000	266	0,50	0,00	1.500,0	6,94	0,00	1,23	1,23	35,85
C22	300x200	0,06000	266	0,50	0,00	1.500,0	6,94	0,00	1,23	1,23	37,08
C23	300x200	0,06000	266	0,50	0,00	1.500,0	6,94	0,00	1,23	1,23	38,31
C24	∅350	0,09621	350	0,50	0,00	1.500,0	4,33	0,00	0,33	0,33	38,64

Anexo 16 Planillas de pérdidas de carga.

Zona 4. Impulsión.

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO					
Referencia	Tecnología	Caudal (m ³ /h)	Presión total (Pa)	Presión estática (Pa)	Pasarela
Ventilador	Expansión directa ED	3.052,0	55,12	53,44	AZVAFCB2DA1
ZONAS					
Referencia	Superficie (m ²)	Altura (m)	Caudal (m ³ /h) Imp/Ret	Difusión	
DF	16,0	3,0	1.140,0/0,0	B03	
EsVSP	5,9	3,0	716,0/0,0	B02	
PAP	6,4	3,0	521,0/0,0	B01	
SPC	9,4	3,0	675,0/0,0	B04	
Total	37,7	-	3.052,0/0,0	-	

RESULTADOS EN LOS CONDUCTOS											
Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) ó Ø (mm)	Área (m ²)	Ø eqv. (mm)	Long. (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Veloc. (m/s)	D _{Ps} (Pa)	D _{Pf} (Pa)	D _{Pt} (Pa)	Pt. Final (Pa)
C01	350x300	0,10500	354	7,00	0,73	3.052,0	8,07	1,63	15,78	17,42	17,42
C02	350x300	0,10500	354	0,50	0,00	3.052,0	8,07	0,00	1,13	1,13	18,54
C03	350x300	0,10500	354	0,50	0,00	3.052,0	8,07	0,00	1,13	1,13	19,67
C04	350x300	0,10500	354	0,50	0,00	3.052,0	8,07	0,00	1,13	1,13	20,80
C05	350x300	0,10500	354	0,50	0,00	3.052,0	8,07	0,00	1,13	1,13	21,92
C06	350x300	0,10500	354	0,50	0,00	3.052,0	8,07	0,00	1,13	1,13	23,05
C07	350x300	0,10500	354	0,50	0,00	3.052,0	8,07	0,00	1,13	1,13	24,18
C08	350x300	0,10500	354	0,50	0,00	3.052,0	8,07	0,00	1,13	1,13	25,31
C09	300x300	0,09000	328	0,50	-0,50	2.377,0	7,34	-1,04	1,04	0,00	25,31
C10	300x300	0,09000	328	0,50	0,00	2.377,0	7,34	0,00	1,04	1,04	26,34
C11	300x300	0,09000	328	0,50	0,00	2.377,0	7,34	0,00	1,04	1,04	27,38
C12	300x200	0,06000	266	0,50	5,29	1.237,0	5,73	9,18	0,87	10,05	37,42
C13	300x200	0,06000	266	0,50	0,00	1.237,0	5,73	0,00	0,87	0,87	38,29
C14	300x200	0,06000	266	0,50	0,00	1.237,0	5,73	0,00	0,87	0,87	39,16
C15	200x200	0,04000	218	0,50	1,41	716,0	4,97	2,36	0,84	3,19	42,35
C16	200x200	0,04000	218	0,50	0,00	716,0	4,97	0,00	0,84	0,84	43,19
C17	200x200	0,04000	218	0,50	0,00	716,0	4,97	0,00	0,84	0,84	44,03
C18	200x200	0,04000	218	0,50	0,00	716,0	4,97	0,00	0,84	0,84	44,86

C19	200x200	0,04000	218	0,50	2,02	716,0	4,97	3,38	0,84	4,22	49,08
C20	200x200	0,04000	218	0,50	0,00	716,0	4,97	0,00	0,84	0,84	49,92
C21	Ø250	0,04909	250	0,50	0,00	716,0	4,05	0,00	0,44	0,44	50,36
C22	300x150	0,04500	228	0,50	3,08	1.140,0	7,04	9,72	1,58	11,29	38,67
C23	300x150	0,04500	228	0,50	0,00	1.140,0	7,04	0,00	1,58	1,58	40,25
C24	300x150	0,04500	228	0,50	0,00	1.140,0	7,04	0,00	1,58	1,58	41,82
C25	Ø250	0,04909	250	0,50	0,00	1.140,0	6,45	0,00	1,02	1,02	42,85
C26	250x150	0,03750	210	0,50	8,93	675,0	5,00	16,35	0,92	17,26	42,57
C27	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	675,0	5,00	0,00	0,92	0,92	43,48
C28	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	675,0	5,00	0,00	0,92	0,92	44,40

Ref.	(Horz.xVert.) ó Ø (mm)	Q Nom. (m ³ /h)	Nivel (dBA)	s. S Sal. (m ²)	V Sal. (m/s)	DPs (Pa)	DPb (Pa)	Alcance (m)	DPv (Pa)
B01	700x150	521,0	< 15	0,06130	2,36	7,22	2,46	5,67	48,84
B02	1000x150	716,0	< 15	0,08830	2,25	2,62	2,15	6,49	55,12
B03	900x250	1.140,0	16	0,13910	2,28	5,97	2,08	8,23	50,90
B04	900x150	675,0	< 15	0,07930	2,36	3,71	2,40	6,46	50,51

Anexo 16 Planillas de pérdidas de carga.

Zona 4. Retorno.

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO					
Referencia	Tecnología	Caudal (m ³ /h)	Presión total (Pa)	Presión estática (Pa)	Pasarela
Ventilador	Expansión directa ED	2.079,0	75,41	74,45	AZVAFCB2DA1

ZONAS					
Referencia	Superficie (m ²)	Altura (m)	Caudal (m ³ /h) Imp/Ret	Difusión	
DF	15,1	3,0	0,0/518,0	R02	
LV	3,0	3,0	0,0/169,0	R03	
SPC	8,9	3,0	0,0/1.392,0	R01	
Total	26,9	-	0,0/2.079,0	-	

RESULTADOS EN LOS CONDUCTOS											
Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) ó Ø (mm)	Área (m ²)	Ø eqv. (mm)	Long. (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Veloc. (m/s)	DPs (Pa)	DPf (Pa)	DPt (Pa)	Pt. Final (Pa)
C01	300x250	0,07500	299	0,50	2,95	2.079,0	7,70	7,49	1,27	8,77	8,77
C02	300x250	0,07500	299	0,50	0,00	2.079,0	7,70	0,00	1,27	1,27	10,04
C03	300x250	0,07500	299	0,50	13,76	1.910,0	7,07	29,98	1,09	31,07	41,10
C04	300x250	0,07500	299	0,50	0,00	1.910,0	7,07	0,00	1,09	1,09	42,19
C05	250x200	0,05000	244	0,50	6,49	1.392,0	7,73	21,35	1,65	23,00	65,19
C06	250x200	0,05000	244	0,50	0,00	1.392,0	7,73	0,00	1,65	1,65	66,83
C07	200x150	0,03000	189	0,50	-0,50	518,0	4,80	-0,95	0,95	0,00	42,19
C08	200x150	0,03000	189	0,50	1,86	518,0	4,80	3,51	0,95	4,46	46,65
C09	Ø200	0,03142	200	0,50	0,00	518,0	4,58	0,00	0,72	0,72	47,37
C10	200x150	0,03000	189	0,50	-0,50	169,0	1,56	-0,12	0,12	0,00	10,04
C11	Ø150	0,01767	150	7,00	0,00	169,0	2,66	0,00	5,32	5,32	15,36

RESULTADOS EN LAS BOCAS										
Ref.	Dimensiones (Horz.xVert.) ó Ø (mm)	Q Nom. (m ³ /h)	Nivel (dBA)	s.	S Sal. (m ²)	V Sal. (m/s)	DPs (Pa)	DPb (Pa)	Alcance (m)	DPv (Pa)
R01	900x250	1.392,0	22		0,16500	2,34	3,21	4,40	10,60	74,45
R02	600x150	518,0	17		0,06200	2,32	17,76	3,99	6,27	69,12
R03	200x150	169,0	18		0,01900	2,47	2,26	4,11	3,58	21,73

PAnejo 16 Planillas de pérdidas de carga.

Zona 5. Impulsión.

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO					
Referencia	Tecnología	Caudal (m ³ /h)	Presión total (Pa)	Presión estática (Pa)	Pasarela
Ventilador	Expansión directa ED	4.460,0	93,96	90,89	AZVAFR2F5R
ZONAS					
Referencia	Superficie (m ²)	Altura (m)	Caudal (m ³ /h) Imp/Ret	Difusión	
EsMG	7,5	3,0	878,0/0,0	B04	
EsVC	12,2	3,0	689,0/0,0	B06	
EsVD	10,3	3,0	658,0/0,0	B05	
PC	52,2	3,0	2.235,0/0,0	B01 - B02 - B03	
Total	82,1	-	4.460,0/0,0	-	

RESULTADOS EN LOS CONDUCTOS											
Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) ó Ø (mm)	Área (m ²)	Ø eqv. (mm)	Long. (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Veloc. (m/s)	DPs (Pa)	DPf (Pa)	DPt (Pa)	Pt. Final (Pa)
C01	400x350	0,14000	409	0,50	0,86	4.460,0	8,85	1,91	1,12	3,03	3,03
C02	400x350	0,14000	409	0,50	0,00	4.460,0	8,85	0,00	1,12	1,12	4,14
C03	400x350	0,14000	409	0,50	0,00	4.460,0	8,85	0,00	1,12	1,12	5,26
C04	400x350	0,14000	409	0,50	0,00	4.460,0	8,85	0,00	1,12	1,12	6,38
C16	350x150	0,05250	245	0,50	1,04	1.347,0	7,13	3,17	1,52	4,69	11,07
C15	350x150	0,05250	245	0,50	0,00	1.347,0	7,13	0,00	1,52	1,52	12,59
C14	350x150	0,05250	245	0,50	0,00	1.347,0	7,13	0,00	1,52	1,52	14,11
C13	350x150	0,05250	245	0,50	0,00	1.347,0	7,13	0,00	1,52	1,52	15,63
C12	350x150	0,05250	245	0,50	0,00	1.347,0	7,13	0,00	1,52	1,52	17,15
C11	350x150	0,05250	245	0,50	0,00	1.347,0	7,13	0,00	1,52	1,52	18,67
C10	350x150	0,05250	245	0,50	0,00	1.347,0	7,13	0,00	1,52	1,52	20,18
C09	350x150	0,05250	245	0,50	0,00	1.347,0	7,13	0,00	1,52	1,52	21,70
C08	350x150	0,05250	245	0,50	0,00	1.347,0	7,13	0,00	1,52	1,52	23,22
C07	350x150	0,05250	245	0,50	0,00	1.347,0	7,13	0,00	1,52	1,52	24,74
C70	Ø250	0,04909	250	0,50	40,57	658,0	3,72	30,57	0,38	30,95	55,69
C71	Ø250	0,04909	250	0,50	37,31	689,0	3,90	30,57	0,41	30,98	55,72
C17	350x250	0,08750	322	0,50	8,14	2.235,0	7,10	16,42	1,01	17,43	23,81

C18	350x250	0,08750	322	0,50	0,00	2.235,0	7,10	0,00	1,01	1,01	24,82
C19	350x250	0,08750	322	0,50	0,00	2.235,0	7,10	0,00	1,01	1,01	25,83
C20	350x250	0,08750	322	0,50	0,00	2.235,0	7,10	0,00	1,01	1,01	26,83
C21	350x250	0,08750	322	0,50	0,00	2.235,0	7,10	0,00	1,01	1,01	27,84
C22	350x250	0,08750	322	0,50	0,00	2.235,0	7,10	0,00	1,01	1,01	28,85
C23	350x250	0,08750	322	0,50	0,00	2.235,0	7,10	0,00	1,01	1,01	29,86
C24	350x250	0,08750	322	0,50	0,00	2.235,0	7,10	0,00	1,01	1,01	30,87
C25	350x250	0,08750	322	0,50	0,00	2.235,0	7,10	0,00	1,01	1,01	31,88
C26	350x250	0,08750	322	0,50	0,00	2.235,0	7,10	0,00	1,01	1,01	32,89
C27	350x250	0,08750	322	0,50	0,00	2.235,0	7,10	0,00	1,01	1,01	33,90
C28	350x250	0,08750	322	0,50	0,00	2.235,0	7,10	0,00	1,01	1,01	34,91
C29	350x250	0,08750	322	0,50	0,00	2.235,0	7,10	0,00	1,01	1,01	35,92
C30	350x250	0,08750	322	0,50	0,00	2.235,0	7,10	0,00	1,01	1,01	36,93
C31	250x250	0,06250	273	0,50	2,77	1.490,0	6,62	5,96	1,07	7,03	43,96
C32	250x250	0,06250	273	0,50	0,00	1.490,0	6,62	0,00	1,07	1,07	45,04
C33	250x250	0,06250	273	0,50	0,00	1.490,0	6,62	0,00	1,07	1,07	46,11
C34	250x250	0,06250	273	0,50	0,00	1.490,0	6,62	0,00	1,07	1,07	47,18
C35	250x250	0,06250	273	0,50	0,00	1.490,0	6,62	0,00	1,07	1,07	48,26
C36	250x250	0,06250	273	0,50	0,00	1.490,0	6,62	0,00	1,07	1,07	49,33
C37	250x250	0,06250	273	0,50	0,00	1.490,0	6,62	0,00	1,07	1,07	50,41
C38	250x250	0,06250	273	0,50	0,00	1.490,0	6,62	0,00	1,07	1,07	51,48
C39	250x250	0,06250	273	0,50	0,00	1.490,0	6,62	0,00	1,07	1,07	52,56
C40	250x250	0,06250	273	0,50	0,00	1.490,0	6,62	0,00	1,07	1,07	53,63
C41	250x250	0,06250	273	0,50	0,00	1.490,0	6,62	0,00	1,07	1,07	54,71
C42	250x250	0,06250	273	0,50	0,00	1.490,0	6,62	0,00	1,07	1,07	55,78
C43	250x250	0,06250	273	0,50	0,00	1.490,0	6,62	0,00	1,07	1,07	56,85
C44	250x250	0,06250	273	0,50	0,00	1.490,0	6,62	0,00	1,07	1,07	57,93
C45	250x250	0,06250	273	0,50	0,00	1.490,0	6,62	0,00	1,07	1,07	59,00
C46	250x250	0,06250	273	0,50	0,00	1.490,0	6,62	0,00	1,07	1,07	60,08
C47	250x250	0,06250	273	0,50	0,00	1.490,0	6,62	0,00	1,07	1,07	61,15
C48	250x250	0,06250	273	0,50	0,00	1.490,0	6,62	0,00	1,07	1,07	62,23
C49	250x250	0,06250	273	0,50	0,00	1.490,0	6,62	0,00	1,07	1,07	63,30
C50	250x250	0,06250	273	0,50	0,00	1.490,0	6,62	0,00	1,07	1,07	64,38
C51	250x150	0,03750	210	0,50	0,96	745,0	5,52	2,11	1,10	3,21	67,58

C52	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	745,0	5,52	0,00	1,10	1,10	68,68
C53	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	745,0	5,52	0,00	1,10	1,10	69,77
C54	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	745,0	5,52	0,00	1,10	1,10	70,87
C55	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	745,0	5,52	0,00	1,10	1,10	71,96
C56	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	745,0	5,52	0,00	1,10	1,10	73,06
C57	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	745,0	5,52	0,00	1,10	1,10	74,15
C58	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	745,0	5,52	0,00	1,10	1,10	75,25
C59	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	745,0	5,52	0,00	1,10	1,10	76,34
C60	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	745,0	5,52	0,00	1,10	1,10	77,44
C61	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	745,0	5,52	0,00	1,10	1,10	78,53
C62	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	745,0	5,52	0,00	1,10	1,10	79,63
C63	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	745,0	5,52	0,00	1,10	1,10	80,72
C64	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	745,0	5,52	0,00	1,10	1,10	81,82
C65	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	745,0	5,52	0,00	1,10	1,10	82,91
C66	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	745,0	5,52	0,00	1,10	1,10	84,01
C67	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	745,0	5,52	0,00	1,10	1,10	85,11
C68	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	745,0	5,52	0,00	1,10	1,10	86,20
C69	250x150	0,03750	210	0,50	0,00	745,0	5,52	0,00	1,10	1,10	87,30

RESULTADOS EN LAS BOCAS

Ref.	Dimensiones (Horz.xVert.) ó ∅ (mm)	Q Nom. (m ³ /h)	Nivel (dBA)	s.	S Sal. (m ²)	V Sal. (m/s)	DPs (Pa)	DPb (Pa)	Alcance (m)	DPv (Pa)
B05	900x150	658,0	< 15		0,07930	2,30	2,37	2,28	6,30	60,34
B06	900x150	689,0	< 15		0,07930	2,41	2,59	2,50	6,59	60,82
B01	1000x150	745,0	< 15		0,08830	2,34	4,34	2,33	6,75	93,96
B02	1000x150	745,0	< 15		0,08830	2,34	7,33	2,33	6,75	74,03
B03	1000x150	745,0	< 15		0,08830	2,34	12,99	2,33	6,75	52,24

Anexo 16 Planillas de pérdidas de carga.

Zona 5. Retorno.

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO					
Referencia	Tecnología	Caudal (m ³ /h)	Presión total (Pa)	Presión estática (Pa)	Pasarela
Ventilador	Expansión directa ED	7.225,0	116,21	109,21	AZVAFCB2DA1

ZONAS					
Referencia	Superficie (m ²)	Altura (m)	Caudal (m ³ /h) Imp/Ret	Difusión	
PC 1	24,6	3,0	0,0/2.890,0	R04 - R03	
PC 2	25,6	3,0	0,0/4.335,0	R01 - R02 - R01	
Total	50,2	-	0,0/7.225,0	-	

RESULTADOS EN LOS CONDUCTOS											
Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) ó Ø (mm)	Área (m ²)	Ø eqv. (mm)	Long. (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Veloc. (m/s)	DPs (Pa)	DPf (Pa)	DPt (Pa)	Pt. Final (Pa)
C01	300x800	0,24000	520	0,50	3,91	7.225,0	8,36	6,51	0,83	7,35	7,35
C02	300x800	0,24000	520	0,50	0,00	7.225,0	8,36	0,00	0,83	0,83	8,18
C03	300x800	0,24000	520	0,50	0,00	7.225,0	8,36	0,00	0,83	0,83	9,01
C04	300x800	0,24000	520	0,50	0,00	7.225,0	8,36	0,00	0,83	0,83	9,84
C05	300x800	0,24000	520	0,50	0,00	7.225,0	8,36	0,00	0,83	0,83	10,68
C06	300x800	0,24000	520	0,50	4,55	7.225,0	8,36	7,58	0,83	8,41	19,08
C08	300x700	0,21000	490	0,50	6,81	5.780,0	7,65	10,10	0,74	10,84	29,93
C09	300x700	0,21000	490	0,50	0,00	5.780,0	7,65	0,00	0,74	0,74	30,67
C01	300x700	0,21000	490	0,50	0,00	5.780,0	7,65	0,00	0,74	0,74	31,41
C12	300x700	0,21000	490	0,50	0,00	5.780,0	7,65	0,00	0,74	0,74	32,15
C13	300x700	0,21000	490	0,50	0,00	5.780,0	7,65	0,00	0,74	0,74	32,89
C14	300x700	0,21000	490	0,50	0,00	5.780,0	7,65	0,00	0,74	0,74	33,63
C15	300x700	0,21000	490	0,50	0,00	5.780,0	7,65	0,00	0,74	0,74	34,37
C16	300x700	0,21000	490	0,50	0,00	5.780,0	7,65	0,00	0,74	0,74	35,11
C17	300x700	0,21000	490	0,50	0,00	5.780,0	7,65	0,00	0,74	0,74	35,86
C18	300x700	0,21000	490	0,50	0,00	5.780,0	7,65	0,00	0,74	0,74	36,60
C10	250x300	0,07500	299	0,50	-0,50	1.445,0	5,35	-0,66	0,66	0,00	36,60
C11	Ø350	0,09621	350	0,50	0,00	1.445,0	4,17	0,00	0,31	0,31	36,90
C20	300x600	0,18000	457	0,50	16,30	4.335,0	6,69	20,10	0,62	20,72	57,32
C21	300x600	0,18000	457	0,50	0,00	4.335,0	6,69	0,00	0,62	0,62	57,93

C22	300x600	0,18000	457	0,50	0,00	4.335,0	6,69	0,00	0,62	0,62	58,55
C23	300x600	0,18000	457	0,50	0,00	4.335,0	6,69	0,00	0,62	0,62	59,17
C02	300x600	0,18000	457	0,50	0,00	4.335,0	6,69	0,00	0,62	0,62	59,78
C24	300x600	0,18000	457	0,50	0,00	4.335,0	6,69	0,00	0,62	0,62	60,40
C25	300x600	0,18000	457	0,50	0,00	4.335,0	6,69	0,00	0,62	0,62	61,02
C26	300x600	0,18000	457	0,50	0,00	4.335,0	6,69	0,00	0,62	0,62	61,63
C27	300x600	0,18000	457	0,50	0,00	4.335,0	6,69	0,00	0,62	0,62	62,25
C28	300x600	0,18000	457	0,50	0,00	4.335,0	6,69	0,00	0,62	0,62	62,87
C29	300x600	0,18000	457	0,50	0,00	4.335,0	6,69	0,00	0,62	0,62	63,49
C30	300x600	0,18000	457	0,50	0,00	4.335,0	6,69	0,00	0,62	0,62	64,10
C32	300x500	0,15000	420	0,50	8,08	2.890,0	5,35	7,18	0,44	7,63	71,73
C33	300x500	0,15000	420	0,50	0,00	2.890,0	5,35	0,00	0,44	0,44	72,17
C34	300x500	0,15000	420	0,50	0,00	2.890,0	5,35	0,00	0,44	0,44	72,62
C35	300x500	0,15000	420	0,50	0,00	2.890,0	5,35	0,00	0,44	0,44	73,06
C36	300x500	0,15000	420	0,50	0,00	2.890,0	5,35	0,00	0,44	0,44	73,51
C03	300x500	0,15000	420	0,50	0,00	2.890,0	5,35	0,00	0,44	0,44	73,95
C39	300x500	0,15000	420	0,50	0,00	2.890,0	5,35	0,00	0,44	0,44	74,40
C40	300x500	0,15000	420	0,50	0,00	2.890,0	5,35	0,00	0,44	0,44	74,84
C41	300x500	0,15000	420	0,50	0,00	2.890,0	5,35	0,00	0,44	0,44	75,29
C42	300x500	0,15000	420	0,50	0,00	2.890,0	5,35	0,00	0,44	0,44	75,73
C43	300x500	0,15000	420	0,50	0,00	2.890,0	5,35	0,00	0,44	0,44	76,18
C44	300x500	0,15000	420	0,50	0,00	2.890,0	5,35	0,00	0,44	0,44	76,62
C45	300x500	0,15000	420	0,50	0,00	2.890,0	5,35	0,00	0,44	0,44	77,07
C37	250x300	0,07500	299	0,50	0,00	1.445,0	5,35	0,00	0,66	0,66	77,72
C38	250x300	0,07500	299	0,50	0,00	1.445,0	5,35	0,00	0,66	0,66	78,38
C47	250x300	0,07500	299	0,50	-0,50	1.445,0	5,35	-0,66	0,66	0,00	77,07
C48	250x300	0,07500	299	0,50	0,00	1.445,0	5,35	0,00	0,66	0,66	77,72
C49	250x300	0,07500	299	0,50	0,00	1.445,0	5,35	0,00	0,66	0,66	78,38
C04	250x300	0,07500	299	0,50	0,00	1.445,0	5,35	0,00	0,66	0,66	79,03
C05	250x300	0,07500	299	0,50	0,00	1.445,0	5,35	0,00	0,66	0,66	79,69
C06	250x300	0,07500	299	0,50	0,00	1.445,0	5,35	0,00	0,66	0,66	80,34
C07	250x300	0,07500	299	0,50	0,00	1.445,0	5,35	0,00	0,66	0,66	81,00
C08	250x300	0,07500	299	0,50	0,00	1.445,0	5,35	0,00	0,66	0,66	81,66
C09	250x300	0,07500	299	0,50	0,00	1.445,0	5,35	0,00	0,66	0,66	82,31
C50	Ø300	0,07069	300	0,50	0,00	1.445,0	5,68	0,00	0,65	0,65	82,96

RESULTADOS EN LAS BOCAS										
Ref.	Dimensiones (Horz.xVert.) ó \varnothing (mm)	Q Nom. (m ³ /h)	Nivel (dBA)	s.	S Sal. (m ²)	V Sal. (m/s)	DPs (Pa)	DPb (Pa)	Alcance (m)	DPv (Pa)
R01	600x600	1.445,0	< 15		0,27100	1,48	1,36	1,83	8,70	40,09
R02	600x600	1.445,0	< 15		0,27100	1,48	-1,83	1,83	8,70	64,10
R03	600x600	1.445,0	< 15		0,27100	1,48	1,64	1,83	8,70	81,84
R04	600x600	1.445,0	< 15		0,27100	1,48	24,42	1,83	8,70	109,21
R01	600x600	1.445,0	< 15		0,27100	1,48	-1,83	1,83	8,70	19,08

Bibliografía.

- Calefacción Ventilación y Aire Acondicionado (HVAC) (2009)– Guía de buenas practica ISPE –
- Manual de aire acondicionado y calefacción. Cálculo y diseño (1999)- Quadri, Nestor
- Manual de aire acondicionado (1999) - Carrier
- ISO 14644 Normas ISO para Salas limpias y locales anexo controlados.
- ASHRAE Design Guide for Cleanrooms. - ASHRAE
- Normativa GMP para industria farmacéutica.
- Normas IRAM 11601 - Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo
- Normas IRAM 11603 – Clasificación bioambiental de la República Argentina.

Software

- DAIKIN – Visor diagrama psicrométrico 4.1.0
- DuctZone – Cálculo de conductos de AirZone