



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Ingeniería Química

**Diseño y ejecución de una nueva cámara de
maduración y secado de queso y ampliación
de central frigorífica**

Autor:

De Mier Alvarado, José María

Tutor:

**Martínez Marcos, Bernardo
Ingeniería Química**

Valladolid, junio 2015.

Resumen

La finalidad de este proyecto es el acondicionamiento de una cámara existente, para su uso como cámara de maduración y secado de queso. Analizando las diferentes alternativas se ha obtenido por la instalación de una unidad de tratamiento de aire, usando la mínima refrigeración exterior posible (una vez por hora).

Primero se han calculado las necesidades y cargas frigoríficas de la cámara, y posteriormente se ha diseñado la unidad de tratamiento de aire con sus diferentes elementos, así como la distribución en la cámara.

Por último se incluye un manual de uso de la unidad, con distintas características de los equipos, así como normas para su montaje, uso y mantenimiento.

Abstract

The aim of this project is to prepare an actual place to use for maturation and drying of cheese. Analyzing different alternatives, the main focus was set on Air Treatment Unit, using the minimum exterior refrigeration possible (one per hour).

First all the necessities and the refrigeration loads of the chamber were calculated, following the design of the Air Treatment Unit and its different parts along with its distribution.

Finally, the Air Treatment Unit manual containing several equipment characteristics and the use and maintenance guide are included.

Palabras clave

Queso, Unidad de tratamiento de aire, Cámara, Refrigeración, Calor.

Key words

Cheese, Air Treatment Unit, Chamber, Refrigeration, Heat.

Índice

CAPÍTULO 1. Objetivos	11
1.1. Objetivo general	11
1.2. Objetivos específicos	12
CAPÍTULO 2. Emplazamiento.....	13
CAPÍTULO 3. Introducción	15
3.1. Definición	15
3.2. Materias primas	15
3.2.1. Composición de la leche	16
3.2.2. Los fermentos	19
3.2.3. El cuajo	21
3.3. Clasificación de los quesos	23
3.4. Proceso de elaboración	24
3.4.1. Preparación de la leche.....	25
3.4.2. Adición de fermentos.....	28
3.4.3. Coagulación de la leche	30
3.4.4. Tratamiento de la cuajada	33
3.4.5. La maduración del queso.....	36
3.5. Secado	39
3.5.1. Deseccación.....	39
3.5.2. Secaderos y su consumo en la industria	39
3.5.3. Formas de transmisión de calor	40
3.5.4. Eficiencia térmica de un secadero	40
3.5.5. Proceso de secado	40
3.5.6. Aplicaciones industriales del secado	41
3.6. Sistemas de refrigeración.....	41
3.6.1. Clasificación de los sistemas de refrigeración.	41
3.7. Unidades de tratamiento de aire	43
3.7.1. Objetivo.....	43
3.7.2. Usos	43

3.7.3. Aplicaciones industriales.....	43
3.7.4. Carga térmica.....	44
3.7.5. Tipos de refrigeración.....	44
CAPÍTULO 4. Bases de diseño.....	45
4.1. Objetivos.....	45
4.2. Bases del proceso de diseño.....	45
4.2.1. Casos de diseño.....	45
4.2.2. Alimentación de la unidad.....	45
4.2.3. Productos de la unidad.....	46
CAPÍTULO 5. Selección de alternativas.....	47
5.1. Situación actual.....	47
5.2. Tipos de instalaciones de aire acondicionado.....	47
5.2.1. Todo aire.....	48
5.2.2. Aire-agua.....	53
5.2.3. Todo agua.....	54
5.2.4. Con fluido refrigerante (expansión directa).....	55
5.2.6. Equipos compactos.....	57
5.2.7. VRV.....	57
5.3. Unidad de tratamiento de aire.....	59
5.3.1. Secciones de una UTA.....	59
5.3.1.1. Sección de ventiladores.....	60
5.3.1.2. Sección de baterías de frío y de calor.....	60
5.3.1.3. Sección de filtros y pre-filtros.....	61
5.3.1.4. Sección de humidificación.....	61
5.3.1.5. Sección de mezcla.....	61
5.3.1.6. Sección de recuperación.....	62
5.3.2. Selección de funcionamiento.....	64
5.3.2.1. Todo aire exterior.....	64
5.3.2.2. Recirculación de aire.....	64
5.3.2.3. Free cooling.....	65

5.3.2.4. Free cooling + recuperador de aire	65
5.3.2.5. Optimizar consumo energético con el mínimo aire exterior.	65
CAPÍTULO 6. Cálculos	67
6.1. Antecedentes.....	67
6.1.1. Objeto	67
6.1.2. Normativa.....	67
6.2. Características generales de la cámara	67
6.2.1. Cerramientos.....	68
6.2.2. Productos a almacenar	68
6.2.3. Iluminación interior.....	68
6.2.4. Mantenimiento.....	69
6.3. Energía	69
6.3.1. Energía calorífica a extraer de los productos	69
6.3.1.1. Energía térmica de refrigeración antes de la congelación ...	69
6.3.1.2. Entalpía de congelación	70
6.3.1.3. Entalpía de refrigeración después de la congelación	71
6.3.1.4. Entalpía de respiración	72
6.3.2. Calor a extraer de otras fuentes	73
6.3.2.1. Transmisión a través de paredes y techos	73
6.3.2.2. Aire exterior entrante en la cámara.....	75
6.3.2.3. Energía calorífica liberada por la iluminación interior	76
6.3.2.4. Calor liberado por las personas.....	76
6.3.2.5. Calor liberado por los ventiladores.....	77
6.3.3. Necesidades totales	78
6.4. Climatización	79
6.4.1. Método de cálculo de cargas térmicas	79
6.4.2. Ganancias térmicas instantáneas.....	79
6.4.2.1. Ganancias solar cristal.....	79
6.4.2.2. Transmisión paredes y techos.....	80
6.4.2.3. Transmisión excepto paredes y techos.....	81

6.4.2.4. Calor interno	82
6.4.2.5. Aire exterior	83
6.4.3. Cargas de refrigeración	84
6.4.4. Detalle del cálculo térmico.....	85
6.4.4.1. Evolución anual de temperatura exterior seca máxima	85
6.4.4.2. Evolución anual de temperatura exterior húmeda máxima	86
6.4.5. Hoja de cargas para refrigeración del sistema.....	86
6.4.5.1. Condiciones de diseño	86
6.4.5.2. Ganancias de calor.....	86
6.4.5.3. Condiciones de diseño	87
6.4.5.4. Pérdidas de calor	87
6.4.6. Batería de frío	91
6.4.6.1. Selección de la UTA	92
6.4.6.2. Cálculo de caudal necesario.....	93
6.4.6.3. Cálculo para la selección de una UTA	93
6.4.6.4. Temperatura de rocío de la UTA	94
6.4.6.5. Caudal de aire.....	95
6.4.6.6. Temperatura del aire a la entrada de la UTA.....	96
6.4.6.7. Temperatura del aire a la salida de la UTA.....	96
6.4.6.8. Potencia frigorífica de la UTA.....	96
6.4.7. Batería de calor.....	97
6.4.7.1. Cálculo de caudal necesario.....	98
6.4.7.2. Cálculo para la selección de una UTA	98
6.4.7.3. Temperatura de rocío de la UTA	99
6.4.7.4. Caudal de aire.....	100
6.4.7.5. Temperatura del aire a la entrada de la UTA.....	100
6.4.7.6. Temperatura del aire a la salida de la UTA.....	101
6.4.7.7. Potencia frigorífica de la UTA.....	101
6.4.8. Dimensionado de conductos	102
6.4.8.1. Velocidad efectiva	102
6.4.8.2. Velocidad residual en la zona ocupada	102

6.4.8.3. Alcance	103
6.4.8.4. Diámetro y pérdida de carga en los conductos	103
6.4.8.5. Pérdida de carga en codos y accesorios.....	105
6.4.9. Dimensionado de ventiladores	106
6.4.9.1. Orden de magnitud.....	106
6.4.9.2. Ventiladores	107
6.4.9.3. Selección del ventilador	108
6.5. Descripción de los elementos de la máquina	108
6.5.1. Batería de frío	109
6.5.2. Batería de calor.....	109
6.5.3. Filtros	110
6.5.4. Ventilador	110
6.5.5. Motor eléctrico	111
6.5.6. Acoplamiento	111
6.5.7. Amortiguadores (Silentblock).....	112
6.5.8. Fleje	112
6.5.9. Recinto.....	113
6.5.10. Campana turbina.....	114
6.5.11. Cilindro compuerta impulsión.....	114
6.5.12. Cilindro compuerta aspiración	115
CAPÍTULO 7. Manual de unidad de tratamiento de aire	117
7.1. Introducción.....	117
7.2. Instrucciones generales.....	117
7.2.1. Información sobre este manual.....	118
7.2.2. Limitación de responsabilidad.....	118
7.3. Mantenimiento y transporte	118
7.4. Inspección al recibir el equipo.....	118
7.5. Instalación y puesta en servicio	119
7.5.1. Indicaciones generales.....	119
7.5.2. Comprobaciones en la puesta en marcha	119

7.5.3. Puertas y registros	120
7.6. Seguridad.....	120
7.6.1. Bajo su responsabilidad.....	122
7.6.2. Equipamiento de protección individual (EPI´s).....	123
7.6.3. Peligros especiales	123
7.6.4. Dispositivos de seguridad	126
7.7. Características técnicas.....	127
7.7.1. Estructura	127
7.7.2. Condiciones de funcionamiento	127
7.7.3. Elementos principales del equipo	127
7.7.4. Sentido de aspiración-impulsión de los conductos en cámara.....	128
7.8. Mantenimiento y reparación	128
7.8.1. Tabla de mantenimiento	128
7.8.2. Mantenimiento específico para el equipo	130
7.8.2.1. Baterías	130
7.8.2.2. Ventiladores	130
7.8.2.3. Filtros.....	130
7.8.2.4. Acoplamiento	131
7.8.2.5. Paneles, cierres, zócalos y bastidores	131
7.8.3. Reglas de seguridad para un correcto mantenimiento	131
7.9. Cuadro de errores y avisos	132
7.9.1. Cuadro de errores.....	132
7.9.2. Cuadro de avisos	133
7.10. Cuadro de fallos	133
7.11. Manejo.....	134
7.11.1. Consejos básicos para el correcto funcionamiento del equipo	134
7.11.2. Obligaciones del operario	134
7.11.3. Reglas de seguridad para el operario.....	135
7.12. Contraindicaciones de uso.....	135
CAPÍTULO 8. Balance económico.....	137
8.1. Objetivo	137

8.2. Coste estimado.....	137
8.2.1. Coste de los equipos	137
8.3. Ventas	143
8.4. Amortizacion	144
ANEXOS	147
ANEXO 1. Diagrama de bloques.....	147
ANEXO 2. Alzado	147
ANEXO 3. Planta.....	148
BIBLIOGRAFÍA	149

CAPÍTULO 1. Objetivos

1.1. Objetivo general

El objetivo de este proyecto es el diseño y ejecución de una nueva cámara de maduración y secado de queso y ampliación de central frigorífica.

Se parte de que el proceso de maduración es un parte fundamental de la elaboración del queso, y se incluye dentro de la parte final de la misma.

Las características de esta cámara van a ser distintas según el tipo de queso (más seco o con más humedad), así como del tiempo de maduración. Cuánto más alta sea la temperatura, más deprisa madura el queso. Una temperatura muy baja da lugar a una maduración muy lenta, que normalmente se utiliza para quesos de larga maduración elaborados con leche cruda. De forma habitual, los límites de temperatura de las cámaras de maduración oscilan entre 9 y 11 ° C.

La humedad varía según el queso, y el tiempo de maduración. Una cámara muy seca, menos del 70 % va a dar lugar a un queso muy duro. Un queso muy mantecoso precisará más humedad superior al 90 % para evitar que se seque. Para quesos de maduración media de pasta prensada, con pasta semiseca, la humedad de la cámara suele ser del 80 al 85 %.

Es muy importante vigilar la aireación de la cámara, ya que si el aire de los ventiladores llega directamente al queso puede secar bruscamente esa cara, originando grietas en la corteza, por ello el aire siempre debe ir al queso de forma indirecta.

El objetivo de la existencia de esta cámara radica en el desarrollo y comercialización de un nuevo tipo de queso, con una capacidad total de 500.400 kg y una entrada diaria de 27.000 kg distribuidos en cajas de PVC sobre pallets que se voltean periódicamente, con el fin de que la aireación afecte a todos los quesos por igual.

1.2. Objetivo específico

El objetivo de este proyecto es el diseño y ejecución de una nueva cámara de maduración y secado de queso y ampliación de central frigorífica. Partiendo de las necesidades y previsiones de la empresa de aumentar su capacidad.

La capacidad de entrada diaria será de unos 27.000 kg, con el objetivo de mantenerlos a 10-11 °C. La capacidad total será de 500.400 kg.

Los datos de partida más ampliados son los que se muestran en la Tabla 1.

CARACTERÍSTICA	VALOR	UNIDAD
Número de cámaras	1	ud
Largo	34,08	m
Ancho	13,3	m
Alto	6,9	m
Superficie	623,66	m ²
Volumen	4303,28	m ³
Capacidad	500.400	kg
Entrada diaria de producto	27.000	kg
Temperatura entrada producto	10- 11	°C
Colocación del producto	En cajas PVC sobre palets	N/A
Tipo de proceso	Continuo	N/A
Entalpía del aire exterior a 30°C y 50% de humedad relativa	15	kcal/ kg aire
Entalpía del aire interior a 10°C y 80% de humedad relativa	6	kcal/ kg aire

Tabla 1. Datos de partida para el diseño. (Elaboración propia).

CAPÍTULO 2. Emplazamiento

El emplazamiento de este proyecto se sitúa en un centro logístico situado en el norte de la ciudad de Valladolid, España.

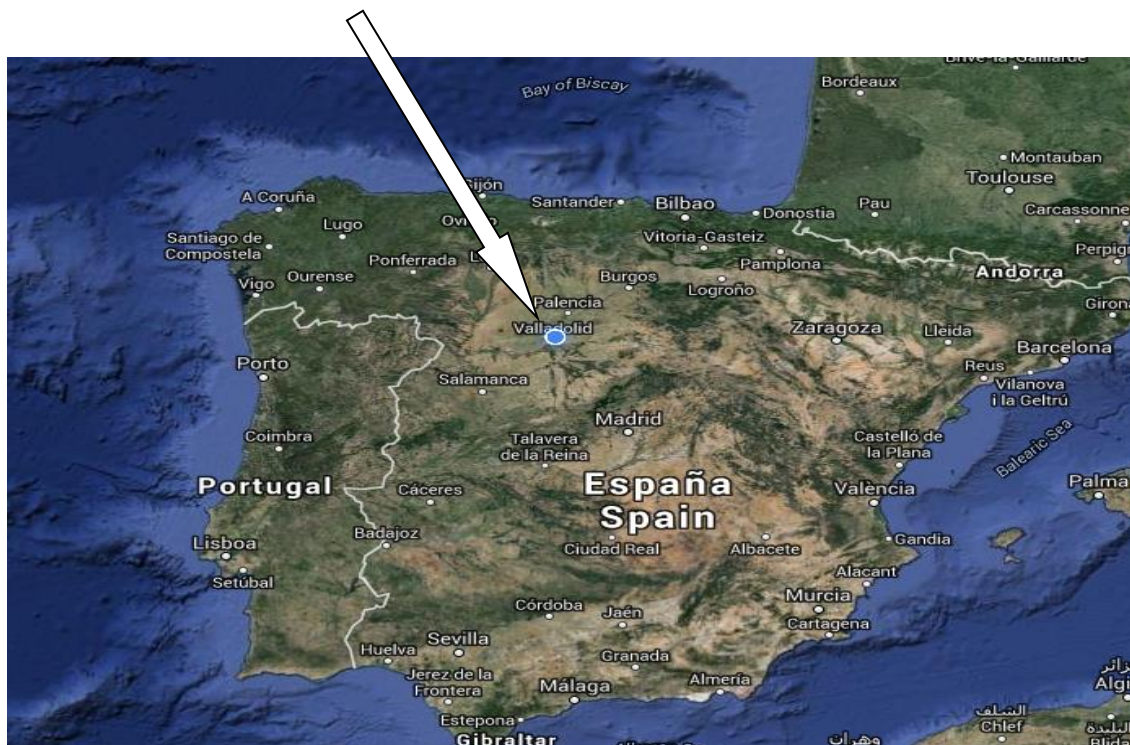


Imagen 1. Emplazamiento I. (Google Maps).

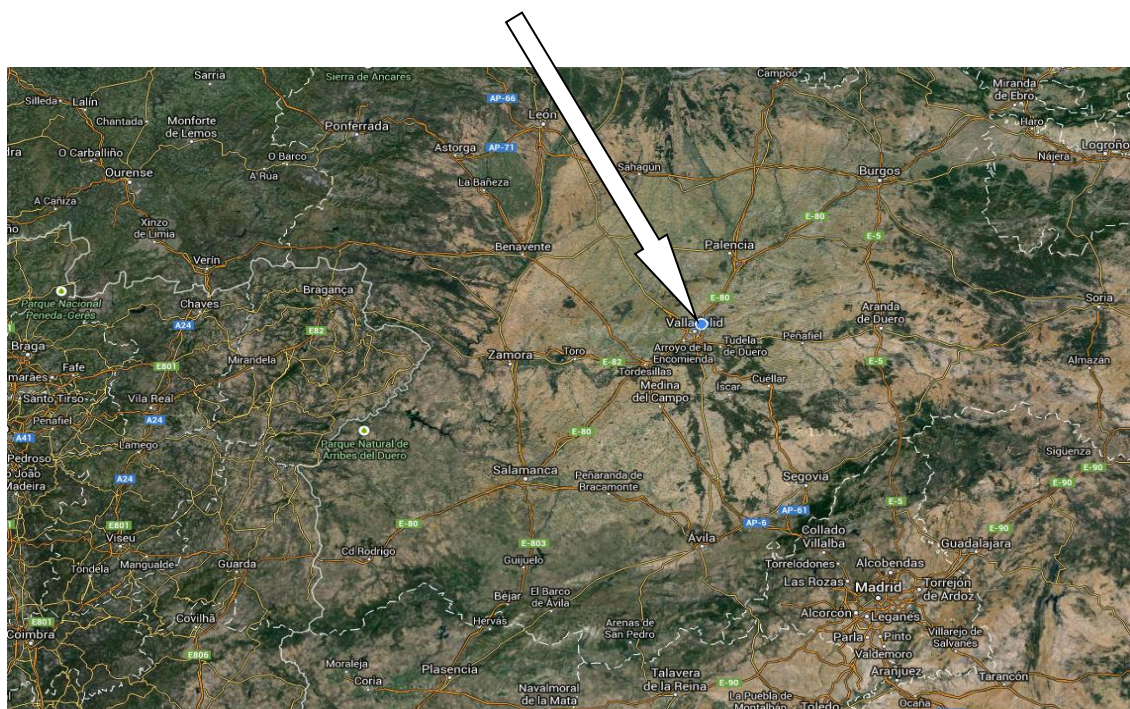


Imagen 2. Emplazamiento II. (Google Maps).

El diseño de la cámara en la que se va a realizar este proyecto es el siguiente:

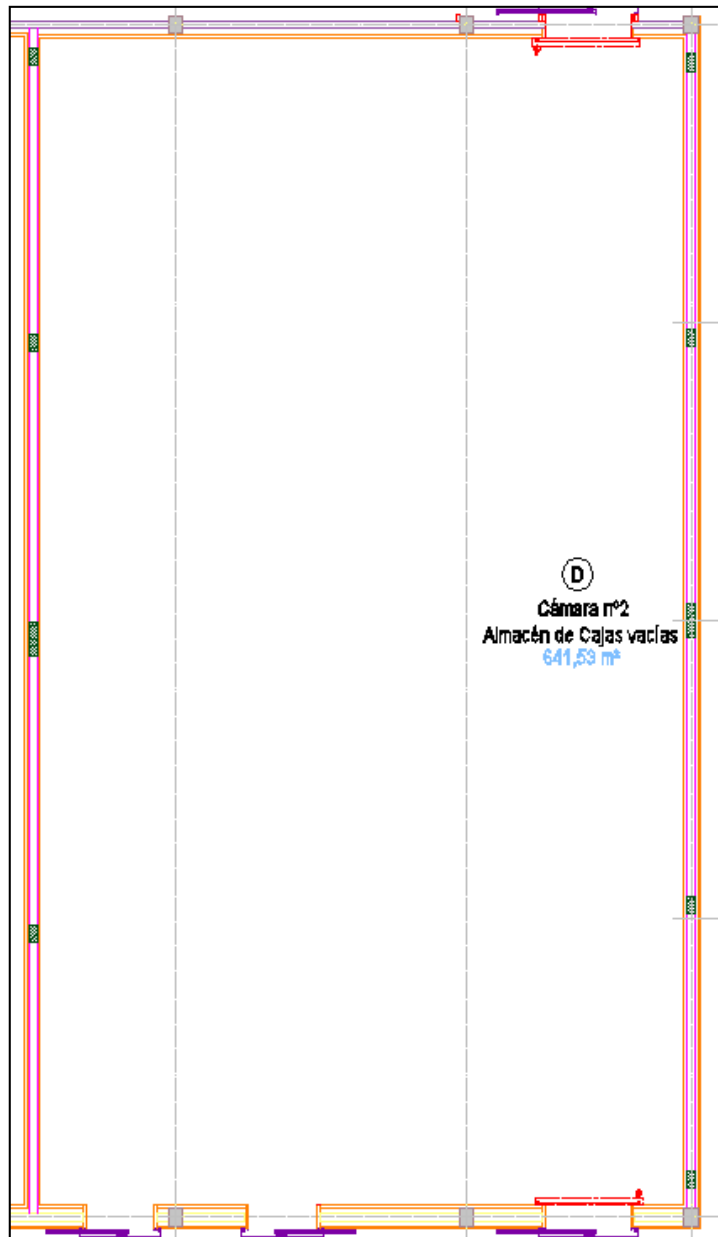


Imagen 3. Plano de la cámara estudio. (Elaboración propia).

CAPÍTULO 3. Introducción

3.1 Definición

Según el Real Decreto 1113/2006, de 29 de septiembre, por el que se aprueban las normas de calidad para quesos y quesos fundidos, se entiende por queso:

" el producto fresco o madurado, sólido o semisólido, obtenido de la leche, de la leche total o parcialmente desnatada, de la nata, del suero de mantequilla o de una mezcla de algunos o de todos estos productos, coagulados total o parcialmente por la acción del cuajo u otros coagulantes apropiados, antes del desuerado o después de la eliminación parcial de la parte acuosa, con o sin hidrólisis previa de la lactosa, siempre que la relación entre la caseína y las proteínas séricas sea igual o superior a la de la leche."

3.2 Materias Primas

Las materias primas necesarias para la elaboración del queso podemos clasificarlas como fundamentalmente necesarias, y los aditivos o complementarias.

Entre las primeras nos encontramos con la leche que es la materia prima básica para su obtención. La leche utilizada puede tener origen en cualquier animal tradicionalmente lechero, pero los más extendidos son: vacas, cabras y ovejas. Estas se pueden utilizar solas, así obtendremos:

- Quesos de vaca.
- Quesos de cabra.
- Quesos de oveja.

También puede utilizarse mezcla de leches en concentraciones y tipos variados, Así tendremos quesos de mezcla. Dentro de este bloque de materias necesarias estarían los fermentos. Estos pueden proceder de la propia leche, en el caso de leches crudas, o bien, añadidos de forma específica, los cuales puede usarse como reforzantes en leches crudas, pero siempre imprescindibles y necesarios para las leches tratadas por el calor u otros medios higienizantes.

Otros ingredientes básicos para la elaboración del queso son los cuajos, Estos pueden ser de origen variado: animal, vegetal, etc. También se puede usar como elemento coagulante la acidez de la propia leche como consecuencia del crecimiento de la propia flora bacteriana que se encuentra en ella. Esta acidez, y, en consecuencia, la coagulación de la leche, también se puede conseguir de forma artificial con la adición de elementos acidulantes entre los cuales, por poner algún ejemplo, se encuentra el zumo de limón (es la forma tradicional de obtener el Ricotta italiano).

Por último, existen otros productos que se pueden adicionar a las leches, con fines concretos y que no son imprescindibles o básicos para obtener la cuajada, pero que se pueden añadir de forma ocasional, en unos casos, o permanente en algunos tipos de quesos. Estos productos son los aditivos. Estos aditivos vienen regulados por la normativa general para alimentos y la particular para quesos. Entre ellos podemos citar el cloruro sódico (para el salado de los quesos), Nitratos (para prevenir la fermentación butírica), clorofila, etc. La lista de ellos se puede consultar en el apartado "factores de calidad".

Estos tres grupos: leches, fermentos y cuajos, serán brevemente descritos en los siguientes apartados de este bloque de forma sencilla y específica,

3.2.1 Composición de la leche

Se compone de agua, hidratos de carbono, proteínas, lípidos y minerales y vitaminas.

➤ Agua

El valor nutricional de la leche como un todo es mayor que el valor individual de los nutrientes que la componen debido a su balance nutricional único. La cantidad de agua en la leche refleja ese balance. En todos los animales, el agua es el nutriente requerido en mayor cantidad y la leche suministra una gran cantidad de agua, conteniendo aproximadamente 90% de la misma.

La cantidad de agua en la leche es regulada por la lactosa que se sintetiza en las células secretoras de la glándula mamaria. El agua que va en la leche es transportada a la glándula mamaria por la corriente circulatoria.

La producción de leche es afectada rápidamente por una disminución de agua y cae el mismo día que su suministro es limitado o no se encuentra disponible. Esta es una de las razones por las que la vaca debe de tener libre acceso a una fuente de agua abundante todo el tiempo.

➤ Hidratos de carbono

El principal hidrato de carbono en la leche es la lactosa. A pesar de que es un azúcar, la lactosa no se percibe por el sabor dulce. La concentración de lactosa en la leche es relativamente constante oscilando entre 4.8%-5.2%. A diferencia de la concentración de grasa en la leche, la concentración de lactosa es similar en todas las razas lecheras y no puede alterarse fácilmente con prácticas de alimentación.

En una proporción significativa de la población humana, la deficiencia de la enzima lactasa en el tracto digestivo resulta en la incapacidad para digerir la lactosa. La mayoría de los individuos con baja actividad de lactasa desarrollan síntomas de intolerancia a grandes dosis de lactosa. Para estos casos existen en el mercado leches tratadas con lactasa, que minimiza los problemas asociados con la intolerancia a la lactosa

La fermentación de lactosa durante el procesado del queso baja su concentración transformándose en ácido láctico que es el componente mayoritario del suero.

➤ Proteínas

La mayor parte del nitrógeno de la leche se encuentra en la forma de proteína. Los bloques que construyen a todas las proteínas son los aminoácidos. Existen 20 aminoácidos que se encuentran comúnmente en las proteínas.

La concentración de proteína en la leche varía, de forma general, entre 3 a 4. % (30-40 gramos por litro).El porcentaje varía con la raza de la vaca y en relación con la cantidad de grasa en la leche. Existe una estrecha relación entre la cantidad de grasa y la cantidad de proteína en la leche-cuanto mayor es la cantidad de grasa, mayor es la cantidad de proteína.

Las proteínas de la leche se clasifican en dos grandes grupos: caseínas (80%) y proteínas séricas (20%). Esta clasificación es debida al proceso de fabricación de queso, que consiste en la separación del cuajo de las proteínas séricas luego de que la leche se ha coagulado bajo la acción de los coagulantes.

➤ Grasas o lípidos

Normalmente, la grasa (o lípido) constituye el 3,5 hasta el 6,0% de la leche (en la vaca casina puede llegar al 7%). También una ración demasiado rica en concentrados que no estimula la rumia en la vaca, puede resultar en una caída en el porcentaje de grasa (2,0 a 2,5%).

Esta grasa se encuentra presente en pequeños glóbulos suspendidos en agua. Cada glóbulo se encuentra rodeado de una capa de fosfolípidos, que evitan que los glóbulos se aglutinen entre sí repeliendo otros glóbulos de grasa y atrayendo agua. Siempre que la estructura se encuentre intacta, la leche permanece en emulsión.

La mayoría de los glóbulos de grasa se encuentran en la forma de triglicéridos. Las proporciones de ácidos grasos de diferente largo determina el punto de fusión de la grasa y por lo tanto la consistencia a la mantequilla que deriva de ella. La grasa de la leche contiene principalmente ácidos grasos de cadena corta producida de unidades de ácido acético derivadas de la fermentación ruminal.

Esta es una característica única de la grasa de la leche comparada con otras clases de grasas animales y vegetales. Los ácidos grasos de cadena larga en la leche son principalmente los insaturados, siendo los predominantes el oleico, y los polinsaturados linoleico y linolénico.

➤ Minerales y vitaminas

La leche es una fuente excelente para la mayoría de los minerales requeridos para el crecimiento del lactante.

MINERALES	mg/100 ml	VITAMINAS	µG/100 ml
Potasio	138	Vitamina A	30
Calcio	125	Vitamina D	0.06
Cloro	103	Vitamina E	88
Fósforo	96	Vitamina K	17
Sodio	8	Vitamina B1	37
Azufre	3	Vitamina B2	180
Magnesio	12	Vitamina B6	46
Minerales trazas	< 0.1	Vitamina B12	0.42
N/A	N/A	Vitamina C	1.7

Tabla 2. Minerales contenidos en la leche. (Elaboración propia).

Como resultado, la leche es la mejor fuente de calcio para el crecimiento del esqueleto del lactante y el mantenimiento de la integridad de los huesos en el adulto.

3.2.2. Los fermentos

Un fermento es una fuente de bacterias lácticas activas, capaces de crecer en la leche y en la cuajada y de producir la acidez, los aromas y las enzimas que nos permitan obtener la calidad del queso buscado. Las bacterias lácticas, al igual que el resto de las bacterias, llegan a la leche como contaminación, pero para ellas la leche es un alimento ideal por su composición en azúcares, principalmente lactosa y por lo tanto se reproducen en condiciones normales de temperatura, pH etc., mucho más de prisa que el resto de las bacterias contaminantes. Por ello, en una leche tratada correctamente y procedente de animales sanos, las bacterias lácticas, al cabo de poco tiempo después del ordeño, dominan en número a todas las demás. El hecho de considerar a las bacterias lácticas como contaminantes, aunque sean beneficiosas, nos ayuda a comprender, como la leche en invierno en los días fríos apenas tiene bacterias lácticas, por lo que aun siendo leche cruda, muchas veces debemos utilizar fermentos para fabricar queso.

Se deben usar fermentos en los quesos de fermentación, cuando se da alguno de los dos siguientes casos.

1.- La leche ha sido desgerminada, total o parcialmente, siendo indiferente que la destrucción de su flora bacteriana fuera por calor o por medios químicos.

2.- Si elabora queso con leche cruda, va a depender de varios factores. El primer factor a considerar sería la búsqueda de la uniformidad del producto terminado. Para conseguir un producto uniforme a lo largo del año, se suele poner en invierno fermento, en dosis algo inferior a la normal cuando la leche es pasteurizada. En la leche cruda nos encontraremos bacterias beneficiosas y perjudiciales, en concentraciones variables. Esto va a depender de la higiene del ordeño, limpieza de las instalaciones, condiciones climáticas etc. Estas bacterias están compitiendo entre ellas y al añadir el fermento, aumentamos el porcentaje de las bacterias beneficiosas, por lo que tendremos la seguridad de que la fermentación que se va a producir en el queso, sea de tipo láctica, y no existan fermentaciones extrañas.

Los fermentos tienen en común como rasgo más importante la fermentación de la lactosa existente en la leche. Según sea este tipo de fermentación tendremos dos grandes grupos:

1.- Homofermentativas: que son las que transforman la lactosa en ácido láctico exclusivamente, sin apenas producir sustancias secundarias de la fermentación. Este tipo de bacterias lácticas son las que juegan un papel primordial en la fermentación del queso, ya que consiguen una correcta bajada del pH al producir grandes cantidades de ácido láctico.

2.- Heterofermentativas: además de transformar la lactosa en ácido láctico, producen otras sustancias residuales como son el CO₂ diacetilo, etanol, etc. Este tipo de bacterias se utiliza principalmente para aportar a los quesos aroma y aberturas internas (ojos). La vía de actuación de las bacterias lácticas heterofermentativas se realiza de la siguiente manera: La lactosa se transforma en ácido láctico, pero en presencia de citratos él. *Lactococcus lactis* Subp. *lactis* var. *diacetylacis* produce acetoina, la cual por oxidación se transforma en diacetilo. Los *Leuconostoc* también a partir de la acetoina producen el diacetilo.

En resumen, las funciones principales de los fermentos, tanto homofermentativos como heterofermentativos serán:

1.- Producción de ácido láctico, creando unas condiciones favorables para la coagulación de la leche, el desuerado de la cuajada (siniéresis) y por último protegiendo en parte a los quesos de las contaminaciones de otras bacterias indeseables. Esta protección es en parte por crear un pH bajo en el cual les cuesta mucho vivir a las bacterias no lácticas, y por otra parte por crear una competencia en el espacio y alimento que inhibe en parte a las contaminantes. Algunas bacterias lácticas, como es el caso del *Lactococcus lactis* Subp. *Lactis* desprenden en el medio sustancias antibióticas que inhiben igualmente a algunas contaminantes, o impiden concretamente a los coliformes su producción de gas, evitando el problema de la hinchazón precoz en los quesos.

2.- Producción de aroma y ojos en el queso mediante la actuación de las bacterias heterofermentativas.

3.- Actúan en la maduración de los quesos, gracias a las enzimas que excretan al medio. Entre las bacterias lácticas más habituales que intervienen en la fermentación del queso, destacan dentro del grupo homofermentativo el

Género. *Lactococcus* con las especies *L. lactis* Subp. *lactis* y *L. lactis* Subp. *cremorisambas* mesófilas y la especie *Streptococcus salivarius* Subp. *Thermophilus* como termófila para quesos tratados a altas temperaturas durante la fabricación. Estas bacterias se caracterizan por producir una acidificación rápida sin llegar a valores de pH muy bajos. Por el contrario, el Género *Lactobacillus* con las especies *Lactobacillus helveticus* o *Lactobacillus bulgaricus* producen descenso del pH más lento, pero también llegan a valores de pH más bajos. Entre las heterofermentativas, las especies más utilizadas son: *Lactococcus lactis* subsp *lactis* var *diacetylactis* y *Leuconostoc mesenteroides* subsp *mesenteroides*. No se suelen usar propiamente como acidificantes, sino más bien como bacterias productoras de aroma (diacetilo) y ojos (gas).

Los fermentos atendiendo a su temperatura óptima de crecimiento se clasifican:

1.- Mesófilos: con crecimiento óptimo de 20-30°C. Entre ellos tenemos *Streptococcus lactis* subsp *diacetylactis* y *Leuconostoc* spp.

2.- Termófilos: cuyo crecimiento óptimo esta entre 37-45°C. Su utilización es aconsejada cuando la temperatura de calentamiento de la cuajada es elevada. Como ejemplos de este grupo tenemos *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus helveticus* y *Lactobacillus lactis*.

3.2.3. El cuajo

Otros ingredientes básicos para la elaboración del queso son los cuajos, Estos pueden ser de origen variado: animal o vegetal.

Se trata de una enzima proteolítica, que se puede extraer a partir del cuarto estómago de los rumiantes o tener origen microbiano normalmente a partir del *Mucor miehei*.

Según la actual Legislación, se entiende por:

- Cuajo: al producto líquido, pastoso o sólido, cuyo componente activo está constituido por la mezcla de las enzimas obtenidas por extracción de los cuajares de rumiantes exclusivamente.

- Coagulante de leche: es el producto líquido pastoso o sólido cuyo componente activo está constituido por otras enzimas diferentes, es decir no procedentes de los cuajares de rumiantes.
- Título de un cuajo: es la indicación de la actividad coagulante (AC) de las enzimas presentes, expresadas en unidades de coagulación (UC) de acuerdo con el método y técnica FIL 110.

No se debe confundir título con fuerza o poder de coagulación. Mientras que el título indica la actividad coagulante del cuajo en unas condiciones determinadas de acidez, temperatura etc. la fuerza indica la cantidad de cuajo que debemos añadir para cuajar la leche en las condiciones propias de nuestra fabricación.

En el cuajo, es decir cuando tiene su origen en cuajares de animales rumiantes, destacan dos componentes, la quimosina y la pepsina. Cuando el animal se alimenta solo de leche, produce en su estómago quimosina. A medida que va alimentándose de otros productos, la quimosina se transforma en pepsina, hasta llegar a ser un cuajo formado exclusivamente por pepsina.

Actualmente se considera que cuanto mayor cantidad tiene un cuajo en quimosina, mejor es este. En base a esto se denomina como:

- "Extracto de cuajo", a los que presentan una actividad coagulante (AC) debido a quimosina igual o mayor al 75% de la AC total.
- "Cuajo", a los que presentan una AC debida a quimosina entre el 75 y 25% de la AC total.
- "Cuajo bovino", son aquellos que tienen una AC debida a quimosina igual o menor al 25% de la AC total.

La quimosina se recomienda para la elaboración de quesos de larga maduración, y sobre todo cuando la leche está muy dulce, ya que la pepsina apenas puede cuajar la leche sin acidez.

El coagulante microbiano se recomienda fundamentalmente para quesos de corta maduración, aunque se puede utilizar con resultados plenamente satisfactorios en quesos de larga maduración. Destacan en él su gran calidad bacteriológica, ya que por obtenerse en el laboratorio a partir de un cultivo de *Mucor miehei*, suele ser estéril. El precio es otra ventaja, ya que es mucho más económico que el cuajo.

Otros coagulantes son los de origen vegetal, que normalmente se extraen de la flor del cardo. Tienen poco poder de coagulación. Se suelen emplear en España para la elaboración del queso denominado "Torta del Casar" que se fabrica en la provincia de Cáceres, así como el queso de flor elaborado en Canarias.

3.3. Clasificación de los quesos

La clasificación de estos productos a excepción de las variedades de queso que tengan norma específica (DOP, IGP, etc.), se establece, según la norma general que los regula, en función de:

1.- Origen de la leche:

Los quesos que no tengan una denominación concreta o aquellos que aun teniéndola no estén protegidos por una norma individual de composición y características específicas, que se fabriquen con leche distinta de la de vaca, deberán incluir en su denominación después de la palabra queso la indicación de la especie que corresponda. Así tendremos quesos de vaca, cabra, oveja, etc.

Los quesos elaborados con mezcla de leche de dos o más especies, deberán incluir en su denominación, después de la palabra queso, la indicación de las especies animales de las que proceda la leche en orden descendente de proporciones. Esta denominación podrá reemplazarse por la de *Queso de mezcla*.

2.- Grado de maduración:

- Queso fresco: es el que está dispuesto para el consumo al finalizar el proceso de fabricación.
- Queso blanco pasteurizado: es aquel queso fresco en el que el coágulo obtenido se somete a un proceso de pasteurización, quedando dispuesto para el consumo al finalizar su proceso de fabricación.
- Queso madurado: es el que, tras el proceso de fabricación, requiere mantenerse durante cierto tiempo a una temperatura y en condiciones tales que se produzcan los cambios físicos y químicos característicos del mismo. La palabra madurado podrá sustituirse por los calificativos según

el grado de maduración alcanzado por el producto a la salida de fábrica que figuran en la Tabla 3.

Denominaciones facultativas	Peso >1,5 kg	Peso >1,5 kg
	Maduración mínima en días	
Tierno	7	
Semicurado	35	20
Curado	105	45
Viejo	180	100
Añejo	270	

Tabla 3. Denominación facultativa del queso en función de la maduración. (www.quesos.com).

- Queso madurado con mohos: es aquel en el que la maduración se produce, principalmente, como consecuencia del desarrollo característico de mohos en su interior, en la superficie o en ambas partes.

3.- Contenido en grasa, expresado en porcentaje masa/masa sobre el extracto seco total (MES):

- Extra graso: que contenga un mínimo de 60 %.
- Graso: que contenga un mínimo de 45 y menos de 60 %.
- Semigraso: que contenga un mínimo de 25 y menos de 45 %.
- Semidesnatado: que contenga mínimo de 10 y menos de 25 %.
- Desnatado: el que contenga menos de 10 %.

3.4. Proceso de elaboración

El proceso de elaboración puede propiciar quesos distintos, o mejor, cada queso distinto tiene características particulares en su proceso de elaboración que lo diferencian, en la mayoría de los casos.

No obstante, la elaboración de queso tiene unas fases generales o pautas a seguir que le son comunes a todos los quesos.

Por ello iniciaremos esta sección sobre la elaboración del queso, con un esquema o diagrama, las distintas fases que tienen o deben tener este proceso, de forma general.

Estas fases generales son: preparación de la leche (higienización, estandarización de la grasa, acidificación, neutralización y pasteurización), adición de fermentos, coagulación de la leche, tratamiento de la cuajada, maduración y secado.

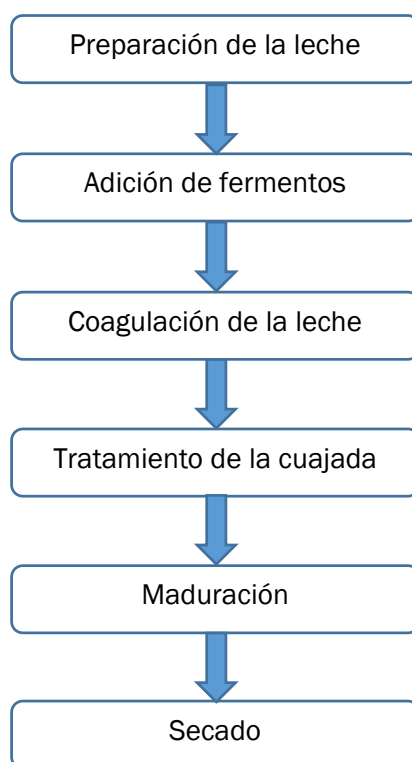


Figura 1. Proceso de elaboración del queso. (Elaboración propia).

3.4.1. Preparación de la leche

Antes del comienzo de la fabricación del queso es imprescindible someter las leches a una serie de tratamientos con el fin de obtener un producto homogéneo con unos parámetros ideales para la obtención del queso cuya variedad queremos fabricar. Para ello se siguen los tratamientos que explicamos a continuación.

1.- Higienización de la leche

Antiguamente cuando la leche llegaba a la fábrica, lo primero que se la hacía era pasarla por una serie de filtros más o menos tupidos, que eliminaban las impurezas macroscópicas. El tratamiento que se hace actualmente a la leche para limpiarla es higienizarla. Con ello además de eliminar prácticamente toda la suciedad de tipo macroscópico, se elimina también mucha contaminación bacteriológica, introducida dentro de esta suciedad. En muchos casos se utiliza la desnatadora higienizadora. Económicamente resulta interesante, ya que con una sola máquina realizamos las dos operaciones; pero tiene el problema que al higienizar separa la nata, y si la leche está fría, la mezcla posterior de leche y nata no es perfecta, con la consiguiente pérdida de grasa.

2.- Estandarización de la grasa

Si se busca uniformidad en el producto final, se debe trabajar siempre la leche con el mismo contenido en grasa. Por otra parte, hay algunos formatos, como por ejemplo el de barra, que para conseguir un corte fino y que se separe fácil del cuchillo, conviene que se trabaje con leche pobre en grasa. Normalmente estandarización se realiza a través de desnatadora, aunque en algunos casos concretos en los que no interesa desnatar, se utiliza para rebajar la grasa, leche en polvo desnatada. En el caso contrario, cuando hay que aumentar el porcentaje de grasa, se suele añadir nata, mezclándola con la leche antes de pasteurizar, para lograr una mezcla homogénea.

3.- Acidificación de la leche

En muchas ocasiones la leche llega a la quesería sin apenas acidez. A excepción de una leche mamítica, el hecho de que la leche no tenga acidez, indica que no está contaminada bacteriológicamente, o que ha estado todo el tiempo conservada al frío, y no se ha dejado desarrollar dicha contaminación. Esto es totalmente positivo, trabajar con una buena materia prima es tener el 50% del éxito asegurado. La parte negativa es la dificultad que supone hacer queso con una leche sin acidez. Es difícil cuajar la leche, ya que normalmente las cuajadas aun siendo enzimáticas es decir, por cuajo, son siempre algo mixto, parte por cuajo y parte por acidez. Al tener una cuajada blanda, el rendimiento disminuye, obteniendo un grano poco endurecido por no poder hacer una buena sinéresis, (contracción del grano y expulsión del suero).

4.- Neutralización de la leche

En otros muchos casos el problema es el contrario, la leche llega a la fábrica con un exceso de acidez. Si la leche está muy ácida, nos podemos encontrar con problemas a la hora de pasteurizar, ya que al calentarla puede llegar a cortarse, quedando pegada a las placas del pasteurizador. La solución para un caso de emergencia, en el que la leche llegue a fábrica con mucha acidez, y no baste con poner solo un poco de agua para poder pasteurizar, se puede usar la "lechada de cal", pero sin abusar de la dosis, y siendo conscientes de que el producto final no va a ser de la misma calidad que utilizando una leche sin necesidad de neutralizar. La lechada de cal es hidróxido cálcico, que para evitar riesgos de contaminaciones, la podemos preparar nosotros mismos.

5.- Pasterización de la leche

La legislación establece que todos los quesos que se van a consumir antes de los dos meses desde su fabricación, han de elaborarse con leche pasteurizada. La pasteurización en quesería difiere algo de la que se realiza para leche de consumo ya que en este último caso las temperaturas son más elevadas. La pasteurización se lleva a cabo normalmente en pasteurizadores de placas, a una temperatura del orden de 72 a 74 °C, durante un tiempo de retención del orden de 20 segundos para la mayoría de los quesos. Una vez terminado el tiempo de tratamiento, se debe enfriar rápidamente, para aumentar el efecto letal produciendo lo que se denomina "*la pulmonía del microorganismo*".

Durante la pasteurización, se produce la destrucción parcial del complejo calcio-caseína, por precipitación parcial de las sales cálcicas, lo cual afecta en gran medida la capacidad de la leche para cuajar. Por ello cuando se pasteuriza la leche para hacer queso, se debe añadir siempre cloruro cálcico, para reponer el calcio perdido. También se destruyen, junto a los microorganismos perjudiciales, la flora beneficiosa, fundamentalmente bacterias lácticas que es necesario reponer mediante la adición de fermentos.

3.4.2. Adición de fermentos

Una vez preparada la leche y pasterizada o no según el tipo de queso, la llevamos a la cuba de cuajar, si la pasterización ha sido en placas o la enfriamos si ha sido en la misma cuba de cuajar. A continuación añadimos los aditivos y enzimas necesarios para elaborar el queso. Entre otros podemos citar los fermentos lácticos, productos antibutíricos, el cloruro cálcico y por último el cuajo, sin contar los productos auxiliares como pueden ser blanqueadores, conservantes etc.

Como ya describimos en el apartado correspondiente, un fermento es una fuente de bacterias lácticas activas, capaces de crecer en la leche y en la cuajada y capaces de producir la acidez, los aromas y las enzimas que nos permitan obtener la calidad del queso buscado. Las bacterias lácticas, al igual que el resto de las bacterias, llegan a la leche como contaminación, pero para ellas la leche es un alimento ideal por su composición en azúcares, principalmente lactosa y por lo tanto se reproducen en condiciones normales de temperatura, pH etc., mucho más deprisa que el resto de las bacterias contaminantes.

Un fermento para fabricar queso se debe usar en las siguientes circunstancias:

- 1.- En primer lugar, el queso debe ser de fermentación, es decir, aquel en el cual la lactosa de la leche se debe transformar en ácido láctico.

- 2.- Se deben usar fermentos en los quesos de fermentación, cuando la leche ha sido desgerminada, total o parcialmente, siendo indiferente que la destrucción de su flora bacteriana fuera por calor o por medios químicos.

- 3.- Cuando se elabora con leche cruda va a depender de varios factores. El primer factor a considerar sería la búsqueda de la uniformidad del producto terminado. En la leche cruda nos encontraremos bacterias beneficiosas y perjudiciales, en concentraciones variables. Estas bacterias están compitiendo entre ellas. Al añadir el fermento, aumentamos el porcentaje de las bacterias beneficiosas, por lo que tendremos la seguridad de que la fermentación que se va a producir en el queso, sea de tipo láctica, y no existan fermentaciones extrañas.

Las funciones de los fermentos son:

- 1.- Producir ácido láctico, creando unas condiciones favorables para la coagulación de la leche, el desuerado de la cuajada (siniéresis) y por último

protegiendo en parte a los quesos de las contaminaciones de otras bacterias indeseables. Esta protección es en parte por crear un pH bajo en el cual les cuesta mucho vivir a las bacterias no lácticas. Algunas bacterias lácticas, como es el caso del *Lactococcus lactis* Subp. *Lactis* desprenden en el medio sustancias antibióticas que inhiben igualmente a algunas contaminantes, o impiden concretamente a los coliformes su producción de gas, evitando el problema de la hinchazón precoz en los quesos.

2.- Producir aroma y ojos en el queso mediante la actuación de las bacterias heterofermentativas

3.- Actuar, junto con el cuajo en procesos proteolíticos y lipolíticos, durante la maduración de los quesos, gracias a las enzimas que excretan al medio.

Entre las bacterias lácticas más habituales que intervienen en la fermentación del queso, destacan dentro del grupo homofermentativo el Género *Lactococcus* con las especies *L. lactis* Subp. *lactis* y *L. lactis* Subp. *cremoris* ambas mesófilas y la especie *Streptococcus salivarius* Subp. *thermophilus* como termófila para quesos tratados a altas temperaturas durante la fabricación. Estas bacterias se caracterizan por producir una acidificación rápida sin llegar a valores de pH muy bajos. Por el contrario, el Género *Lactobacillus* con las especies *Lactobacillus helveticus* o *Lactobacillus bulgaricus* producen descenso del pH más lento, pero también llegan a valores de pH más bajos.

Los dos grandes enemigos de los fermentos, son las contaminaciones de otras bacterias no deseables y por supuesto, los bacteriófagos.

Los bacteriófagos, también conocidos como fagos, son unos virus, parásitos de las bacterias. Para evitar este gran problema, conviene hacer periódicas desinfecciones, extremar la higiene en la industria, sobre todo en lo concerniente a los depósitos en los que se almacena la leche, y a canalizar el suero, de forma que no se desborde por el suelo de la fábrica. Uno de los procesos que mejor preservan a la industria de la contaminación por fagos, es la rotación de cepas, ya que los posibles fagos contaminantes, al no encontrar bacterias específicas donde poder reproducirse, llegarían a morir.

Antes de suponer que se tiene una infección de fagos, se debe:

1.- Realizar un test de actividad del fermento, para confirmar que no ha perdido actividad, por la causa que fuere (transporte, almacenamiento etc.).

2.- Comprobar que en la leche no hay antibióticos, ni otro tipo de inhibidores que afecten al fermento.

3.- Verificar que no quedan restos de desinfectantes en los silos de leche, cuba quesera, así como presencia de cloro en agua, o cualquier otra sustancia que impida el buen desarrollo del fermento.

4.- Evitar al máximo los errores de manipulación.

5.- Observar si existe un descenso de actividad del fermento de la primera a la última fabricación del día, así como también un descenso de la actividad desde el primer día al último de utilización continuada de la misma cepa quedarán vivas otras muchas. Para eliminarlas es necesario utilizar un desinfectante, cuya acción no sea arrastrar, sino destruir las bacterias de una manera u otra según el tipo de desinfectante que utilicemos.

3.4.3. Coagulación de la leche

Consiste en una serie de modificaciones fisicoquímicas de la caseína (proteína mayoritaria de la leche). La leche puede coagularse, bien por acidez que es lo que se entiende como coagulación láctica o por cuajo que se conoce como coagulación enzimática. En el primero de los casos, cuando la leche se acidifica y llega a un pH del orden de 4,6 se produce la floculación de las caseínas en forma de un precipitado más o menos granuloso, el cual se separa del lactosuero dando lugar a una cuajada frágil y desmineralizada, en donde el calcio no juega ningún papel, ya que es arrastrado por el suero.

La coagulación por el cuajo se efectúa en dos etapas:

1.- En la primera, la *K*-caseína se rompe, dando lugar mediante esta hidrólisis a la formación de para-*K*-caseína y de un macropéptido. Esta etapa puede producirse incluso a bajas temperaturas. La leche está preparada para cuajar, pero esto no sucede hasta que no se produzca la segunda etapa en la que el calor es imprescindible.

2.- En la segunda etapa las micelas de para-*K*-caseína se combinan entre sí, siempre y cuando haya en el medio iones de calcio los cuales son los que

establecen los puentes de unión entre las micelas, englobando en este coágulo formado el resto de los componentes de la leche.

La coagulación de la leche se ve afectada por varios factores:

1.- Temperatura de la leche

Aunque la temperatura a la que mejor cuaja la leche con cuajo es a 40°C, normalmente se suele trabajar a temperaturas del orden de 30-34 ° C según el grado de maduración de los quesos. Cuanto más tiempo se piense madurar un queso más baja suele ser la temperatura de cuajado. El motivo es que cuando un queso es de larga maduración interesa que el grano quede bien seco, es decir que se produzca una buena sinéresis, y para ello es necesario entre otros factores, una dosis de cuajo elevada, si además la temperatura fuera alta, tendríamos una coagulación muy rápida, no dando lugar a que se formara adecuadamente el coágulo, con la consiguiente pérdida de rendimiento y calidad. Por el contrario, con queso fresco, interesa un grano con más humedad, por lo que la sinéresis en este caso es más débil, así que la dosis de cuajo es inferior, pero para evitar un tiempo de cuajado muy lento se aumenta la temperatura favoreciendo la coagulación. Normalmente para un queso de maduración la leche viene a tener un tiempo de coagulación del orden de 25 a 40 minutos nunca menos de 20 minutos. Para un queso fresco la coagulación viene a durar del orden de 45 minutos a 1 hora.

2.- Dosis de cuajo

Cuanto mayor sea la dosis de cuajo, más rápida va a ser la coagulación y así mismo más pronunciada va a ser la sinéresis. Por lo tanto, la dosis de cuajo va a depender por una parte del tipo de queso a elaborar y del resto de los factores que influyen en la coagulación; de tal forma que la cantidad de cuajo que se debe añadir, es aquella que precisa la leche que se va a cuajar para poder cortar la cuajada en el tiempo que la tecnología propia de ese queso nos marque. Con esto lo que se quiere decir es que no existe una dosis constante de cuajo sino que va depender de muchos factores, pero siempre marcada por el tiempo que queremos que esa leche tarde en cuajar.

3.- Acidez de la leche

Como se ha visto al hablar de la coagulación láctica, la leche puede coagular sólo por acidez al llegar a un pH de 4,6, lo cual nos indica que cuanto más ácida sea la leche más tendencia va a tener a coagular, aunque también va a tender más la cuajada a comportarse como láctica, sin hacer una buena sinéresis y con la cuajada muy frágil.

Cuando la leche es ácida, si ponemos poco cuajo, la coagulación será fundamentalmente láctica, si por el contrario ponemos una dosis normal de cuajo, vamos a tener una coagulación muy rápida, con los problemas de mal coágulo. La solución única sería cuajar con la dosis casi normal de cuajo, para dirigir la cuajada hacia el tipo enzimático, pero disminuyendo la temperatura, para alargar lo máximo posible el tiempo de coagulación y facilitar la formación de un coágulo aceptable. Por lo general, las coagulaciones nunca van a ser puras lácticas o enzimáticas, sino que siempre son mixtas, beneficiándose de las ventajas que ofrece cada una de ellas como son facilitar la coagulación por acidez y dar un buen coágulo en las enzimáticas.

4.- Concentración de iones calcio

Como se ha comentado anteriormente, el calcio juega un importante papel en la coagulación enzimática, ya que es el elemento que se va encargar de unir las micelas de κ -caseína, formando el entramado que va a dar lugar al coágulo.

Por el calor los iones calcio solubles pasan a insolubles, precipitando y no entrando a formar parte del coágulo. Se ha comprobado como en leches sin iones calcio soluble, la leche nunca llega a cuajar por mucho cuajo que se añada. Por lo tanto, el calcio ayuda mucho a la acción del cuajo dando lugar a una cuajada más consistente. Se añade a la leche en forma de cloruro cálcico soluble en la leche, mejor que como fosfato monocálcico que presenta el problema de su insolubilidad. Un exceso de calcio produciría en el queso sabores amargos.

5.- Composición de la leche

No cabe duda que la composición de la leche condiciona su aptitud para cuajar. En este apartado hay que tener en cuenta la alimentación del ganado, raza del animal, contenido en grasa, etc.

3.4.4. Tratamiento de la cuajada

Una vez efectuada la coagulación de la leche, debemos proceder a trabajar la cuajada, a fin de proceder a la consecución del queso que hemos definido, siguiendo para ello, de forma general los pasos siguientes:

a).- Corte de la cuajada: Consiste en la división del coágulo en porciones pequeñas con el objetivo de favorecer la eliminación del suero. Según el tipo de queso el cortado es más o menos intenso, existiendo para cada queso una dimensión ideal del tamaño del grano. El punto de corte de la cuajada es uno de los parámetros que debe conocer bien todo quesero. Si la cuajada es blanda, es decir aún no está del todo formado el coágulo, al cortar lo que hacemos es romper el entramado haciendo que parte de los componentes del coágulo, como son la grasa, proteínas etc. se solubilicen en el suero, dando lugar al temido polvo de queso o suero lechoso con la consiguiente pérdida de rendimiento. Si por el contrario el corte se efectúa cuando la cuajada ya ha endurecido demasiado, nos resultará muy difícil obtener un grano uniforme del tamaño deseado, ya que una de dos o cortamos muy deprisa formando un grano muy pequeño, o si cortamos a velocidad más lenta arrastraremos el grano con las liras dando lugar a un grano irregular y más grande de lo deseado. Normalmente el corte se debe comenzar muy lentamente para evitar pérdidas de rendimiento. Después de dar un primer corte, y siempre que la cuajada no esté muy dura, se suele dejar la cuajada en reposo durante un tiempo prudencial de 2 o 3 minutos, normalmente hasta que el suero cubre la cuajada, para habiendo ya de esta forma endurecido un poco más, poder seguir cortando sin tanto riesgo de perder rendimiento, hasta llegar al grano de tamaño necesario.

b).- Formación del grano: La obtención de un grano uniforme y del tamaño requerido, tiene gran importancia para lograr el producto final pretendido. Según el tamaño del grano podremos tener una sinéresis más suave o más acusada. Cuanto más pequeño sea el grano más fácilmente le endureceremos, o dicho de otro modo más le podremos secar, lo cual será interesante siempre que el queso sea de larga maduración. Por el contrario si el queso es *fresco* y queremos dejar humedad, sobre todo si después lavamos la cuajada, como veremos posteriormente, nos interesará dejar un grano de tamaño más grande, pero eso sí, uniforme, para que exista en todos los granos la misma cantidad de suero retenida; suero que al final nos va a caracterizar en cierto modo el queso.

c).- Lavado de la cuajada: una vez formado el grano deseado, se procede a endurecerlo, a secarlo, en aquellos quesos denominados de pasta no lavada, o se precede a lavar la cuajada en los quesos de pasta lavada. Estos últimos son quesos mantecosos de gran humedad y sabor más o menos suave, normalmente de poco tiempo de maduración. El motivo fundamental de lavar la cuajada es eliminar la lactosa, con lo que al fin y al cabo lo que estamos haciendo es disminuir la acidez, ya que la lactosa, por medio de las bacterias se transformaría posteriormente en ácido láctico. Por otra parte en los quesos con mucha humedad, si esta es consecuencia del suero, acidificaría enormemente la pasta dando lugar a una pasta, arenosa, desagradable al paladar y de un sabor muy fuerte. Al lavar la cuajada cambiamos el suero por agua, o agua con un poco de sal, quedando el grano húmedo pero sin problemas de acidez. La operación de lavado se puede realizar inmediatamente después de haber terminado con el corte o después de haber batido y endurecido algo el grano aunque esto último es menos frecuente. Sea de una manera, o de otra, se para la agitación para que los granos vayan al fondo de la cuba y a continuación se procede a sacar el suero. La cantidad de suero que se saca suele oscilar normalmente entre el 15 y el 30 % dependiendo de que queramos un queso más o menos ácido y que la leche esté también más o menos ácida.

Una vez sacado todo el suero se añade la misma cantidad de agua, la cual debe ser pasteurizada y sin presencia de cloro para no atacar al fermento. El agua se puede añadir a la misma temperatura a la que se encuentra la cuajada, cuando no queremos subir la temperatura de batido, o preferimos calentar con la cuba para controlar mejor el aumento de temperatura. Por el contrario cuando queremos batir el grano a más temperatura podemos añadir el agua caliente para al final haber conseguido subir a la temperatura que consideremos óptima para el batido. En este caso el agua se debe añadir lentamente en forma de regadera y si es posible que caiga a 10 largo de toda la cuba, de este modo la cuajada siempre sufre menos. De todas formas es muy importante que tanto con agua a la temperatura de la cuajada como con agua caliente la cuajada esté continuamente en agitación.

d).- Removido del grano: Después de formado el grano, y después de lavar la cuajada en los quesos de pasta lavada procedemos a endurecer el grano intentando sacar de su interior el suero aconsejable, según el tipo de queso a elaborar. Los granos recién cortados están muy blandos, y si de esta manera

los metiéramos en los moldes para prensar, haríamos una papilla en la que no se podría separar el suero del resto de los componentes.

Mediante la agitación conseguimos que el coágulo se retraiga (sinéresis) expulsando el suero. Si necesitamos que esta expulsión sea acentuada, se procede a calentar hasta la temperatura aconsejada por la tecnología del queso, pasando incluso de 40°C en aquellos tipos de pasta cocida. La elevación de la temperatura no debe ser brusca, es aconsejable que se suba aproximadamente grado y medio cada tres minutos. Es muy importante elegir adecuadamente cual debe ser la temperatura final más adecuada, ya que *ello* va a caracterizar en gran medida la pasta del queso, teniendo que adaptar el tipo de fermento (*mesófilo* o *termófilos*) para que actúe adecuadamente durante este proceso.

El tiempo de duración del batido va a depender de la mayor o menor tendencia del coágulo a contraerse, lo cual irá unido por una parte al tipo Leche utilizada, acidez, si es leche fresca o madura etc., así como el tamaño del grano y la temperatura del batido, pudiendo en algunos casos prolongarse durante más de una hora.

El punto final del batido se conocerá mediante la experiencia diaria de trabajo; orientativamente es aquel en el que los granos tienen personalidad, es decir que cogiendo unos cuantos granos se aprietan en la mano, y se observa que al extenderlos se vuelven a convertir de nuevo en granos, mientras que cuando aún no está suficientemente endurecido el grano, al aplastarlo se hace una pasta no volviéndose a hacer grano. La velocidad del batido debe ser tal que mantenga los granos en suspensión, evitando que vayan al fondo de la cuba. Cuando la leche es muy ácida, los granos hacen muy mala sinéresis, observando que flotan en el suero dificultando su bajada al fondo de la cuba. En estos casos para facilitar la sinéresis se debe hacer el grano de pequeño tamaño y calentar durante el batido.

e).- Desuerado y pre prensado: Después de tener el grano convenientemente endurecido, se procede a separar el suero, bien en la misma cuba o en un strainer. En ambos casos mediante una filtración bien en la cuba con planchas de bloqueo o en el strainer mediante una especie de tamiz. Una vez la cuajada bloqueada, se procede a realizar un preprensado, para que en el moldeo, la cuajada entre en el molde con la menor humedad posible para facilitar la operación de prensado.

Es muy importante, que la cuajada no se nos enfríe, ya que entonces no saldría adecuadamente el suero, pero por otra parte un prepresado prolongado, con excesivo calor endurecería tal vez demasiado la cuajada, creando corteza, siendo muy importante en este caso que los bloques de cuajada cortados para el moldeo sean del mismo tamaño que los moldes a utilizar. Si queremos además un queso con bastante humedad, no nos interesará una cuajada excesivamente seca.

3.4.5. La maduración del queso

Después de la salmuera los quesos se dejan orear durante un tiempo Entre 24 y 48 horas según las condiciones de la sala de oreo. Una buena sala de oreo: debe tener controlada la temperatura y la humedad. La temperatura no debe ser muy elevada para evitar riesgos de desarrollo de la contaminación con posibles hinchazones y malos sabores. Normalmente suele ser del orden de 11 o 12°C, a no ser que el queso sea con leche cruda y larga maduración, y sobre todo en verano en cuyo caso la temperatura debe ser más baja, del orden de 8 a 10°C. La humedad también es muy importante, no se debe producir un secado brusco del queso, ya que habría riesgo de producción de grietas en la corteza. Normalmente suele ser la humedad media del 70 % suficiente para que el queso se seque, y no se agriete.

Después de 1 o 2 días en la sala de oreo, los quesos entran en la cámara de maduración también llamada de secado o curación. Las características de esta cámara van a ser distinta según el tipo de queso, más seco o con más humedad, así como del tiempo de maduración. Cuanto más alta sea la temperatura, más deprisa madura el queso, aunque también más riesgo hay de hinchazones y de desarrollo de sabores demasiado pronunciados. Una temperatura muy baja da lugar a una maduración muy lenta, normalmente se utiliza para quesos de larga maduración elaborados con leche cruda. Normalmente los límites de temperatura de las cámaras de maduración, suelen ser de 5 a 14°C, aunque los más habituales oscilan entre 9 y 11°C.

La humedad varía según el queso, y el tiempo de maduración. Una cámara muy seca, menos del 70 % va a dar lugar a un queso muy duro, sobre todo si es de larga maduración. Un queso muy mantecoso precisará más humedad superior al 90 % para evitar que se seque.

Para quesos de maduración media de pasta prensada. Con pasta semiseca, la humedad de la cámara suele ser del 80 al 85 %.

Es muy importante vigilar la aireación de la cámara, ya que si el aire de los ventiladores llega directamente al queso puede secar bruscamente esa cara, originando grietas en la corteza, por ello el aire siempre debe ir al queso de forma indirecta.

En la cámara de maduración los quesos están sobre madera (nunca con resina), jaulas de plástico. En ambos casos es conveniente voltear los periódicamente para que se sequen ambas caras por igual. Así mismo, hay que extremar la higiene para evitar contaminaciones en corteza sobre todo debidas a los mohos. En cámaras muy húmedas donde se favorece el crecimiento de mohos

Para evitar este crecimiento lo más efectivo es la pintura plástica con pimaricina al 0,1-0,2%. Transcurrido el tiempo de maduración adecuado para cada queso, estos a están en disposición de salir al mercado, mientras tanto se introducen en la cámara de conservación, a baja temperatura 4 o 5°C para evitar que apenas sigan madurando y con una humedad normalmente un poco más elevada que la existente en la cámara de maduración ara que el queso no siga secándose, con sus consiguientes mermas de queso.

La maduración comprende una serie de cambios en las propiedades físicas y químicas que hacen que el queso adquiera unas condiciones de aspecto, textura y condiciones olfato gustativas características.

Cambios químicos en la maduración:

a).- Glucolisis: mediante la cual se produce la transformación de la lactosa en ácido láctico, cantidades pequeñas de acético y propiónico, así como diacetilo y CO₂. Esta comienza durante la coagulación y se prolonga hasta la desaparición total de la lactosa. El ácido láctico también sufre transformaciones, según el tipo de queso, (en Gruyere da propiónico, acético y CO₂

b).- Proteolisis: mediante la cual se transforma las proteínas en derivados. Es uno de los procesos más importantes, ya que además de intervenir en las características olfato-gustativas, interviene fundamentalmente en la textura y el aspecto al mismo tiempo que se acumulan, dependiendo del tiempo, una notable variedad de productos. Este proceso no es siempre uniforme en toda

la masa del queso siendo, generalmente, más intenso en la superficie que en el interior.

c).- Lipólisis: mediante la cual se produce la hidrólisis de la grasa, generalmente en pequeñas cantidades, cuyos derivados; ácidos grasos y productos de su transformación, influyen decisivamente en las características olfato-gustativas del queso.

Agentes responsables de la maduración:

a).- Enzimas: algunos de ellos como las lipasas y proteasas pueden proceder de la propia leche en pequeñas cantidades. Otros son segregados por los microorganismos presentes en el queso.

b).- Cuajo: Es un enzima proteolítico que no sólo interviene en la coagulación, sino que dependiendo de la cantidad, puede actuar en la evolución posterior del queso

c).- Flora microbiana: la cuajada tiene microorganismos procedentes de la propia leche, cuando no se pasteuriza, de los fermentos añadidos y otros que se desarrollan en la superficie y el interior, los cuales interviene en la maduración mediante sus enzimas. Esta flora microbiana está en la cuajada en constante evolución generando, además de distintos grupos microbianos, una población extremadamente elevada, que puede superar los 100.000.000 de microorganismos por gramo de cuajada.

Factores que actúan en la maduración:

a).- Aireación: El oxígeno condiciona el desarrollo de la flora aerobia y la facultativa, asegurando las necesidades de oxígeno en la flora superficial como son los mohos, levadura y algunas bacterias proteolíticas de superficie como el *Brevibacterium*.

b).- Humedad: Favoreciendo el desarrollo microbiano, siendo mayor en las cuajadas más húmedas que en las muy desueradas. Como consecuencia de ello, las más secas maduran más lentamente que las más húmedas.

c).- Temperatura: Influye regulando el desarrollo microbiano y también la actividad enzimática. La producción máxima de enzimas tiene lugar a una temperatura inferior a la óptima de desarrollo del microorganismo, siendo la

actividad enzimática máxima entre 35-45°C. La maduración, en la práctica se suele hacer a temperaturas muy inferiores a las óptimas y según la variedad de queso

d).- Concentración salina: la sal regula la actividad del agua y por tanto también la flora de la cuajada. El contenido habitual en quesos es del 2-2,5%

e).- Acidez: El pH condiciona el desarrollo microbiano, siendo este también consecuencia del propio desarrollo microbiano. Los valores oscilan entre 4,9 a 5,5, en la mayoría de los quesos, aunque en algunos madurados por mohos pueden llegar a 7.

3.5. Secado

3.5.1. Deseccación

La deseccación de un producto consiste en eliminar total o parcialmente los líquidos que lo impregnan. Normalmente se refiere al agua, pero es extensible a otros líquidos.

La humedad en un producto puede estar simplemente adherida (superficial), llenar los poros (capilar) o impregnar toda la masa (constitucional).

La deseccación puede ser natural, dependiendo de las condiciones ambientales, por tanto de eficacia variable, y artificial, en cuyo caso puede realizarse de las siguientes maneras:

- Mecánicamente, por prensado, aspiración, centrifugado o filtración.
- Por procesos físico-químicos en los que la humedad es absorbida por sustancias higroscópicas (absorbentes de humedad).
- Térmicamente con aire o gases, que arrastran la humedad evaporada.
- Térmicamente sin aire, mediante la evaporación en autoclave, a vacío o por calentamiento dieléctrico.

Tan sólo las dos últimas formas son aplicables a secaderos industriales.

3.5.2. Secaderos y su consumo en la industria

Se denominan secaderos a los equipos que eliminan o reducen el agua (humedad) de un producto utilizando energía calorífica.

Las partes básicas de un secadero son:

- Hogar: donde se generan los gases calientes que aportarán el calor necesario para la operación de secado. Si el secadero es eléctrico, esta parte no existe.
- Cámara de secado: es el secadero propiamente dicho.
- Ventiladores: que impulsan el aire caliente a través del secadero.

Los procesos industriales de secado tienen una fuerte incidencia en el consumo energético de la industria, alcanzando un 11 % del consumo total de ésta.

3.5.3. Formas de transmisión de calor

Las formas de transmisión de calor son tres:

- Conducción. Es la típica en sólidos. La energía se transmite por vibración entre moléculas contiguas.
- Convección. Característica de los fluidos. El calor se transmite por mezcla entre moléculas con mayor energía y otras de menor energía.
- Radiación. El calor se transmite desde una fuente radiante hasta un cuerpo, sólido o fluido, sin necesitar un medio material para su transferencia.

3.5.4. Eficiencia térmica de un secadero.

Es un indicador de la bondad de la operación de secado. Interesa que sea lo más alta posible. La ecuación general de eficiencia sería:

$$E = \frac{\text{Calor utilizado en el secado}}{\text{Calor utilizado en el secado} + \text{Calor perdido en el aire a la salida}}$$

3.5.5. Proceso de secado

En el proceso de secado deben distinguirse tres tiempos:

- Periodo AB. Es el periodo de calentamiento inicial del producto en el cual la velocidad de secado aumenta.
- Periodo BC. La velocidad de secado permanece constante.
- Periodo CD. La humedad superficial ya ha sido eliminada y ahora es preciso evaporar la humedad interna, que ha de emigrar a la superficie. La velocidad decrece.

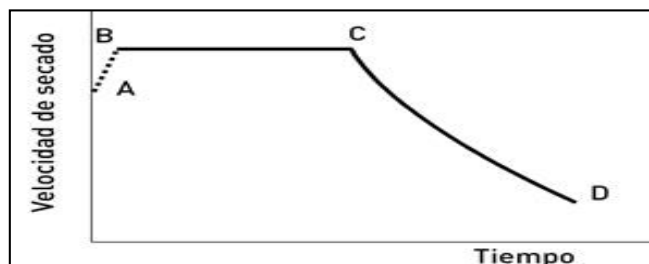


Figura 2. Variación de la velocidad de secado en función del tiempo. (www.instalaciones-termicas.blogspot.es).

3.5.6. Aplicaciones industriales del secado

Los campos industriales en los que los procesos de secado tienen una gran importancia se muestran en la siguiente tabla.

Las industrias agroalimentarias y papeleras son las usuarias más importantes de los procesos de secado.

SECTOR INDUSTRIAL	PROCESO	T TRABAJO (°C)	TIPO DE SECADERO
Papelero	Fabricación de pasta, concentrado y papel	100 -130	Conducción, convección, radiación y evaporadores
Alimentaria	Preparación de azúcar, leche, cereales, forrajes,	60 -900	Convección, evaporadores, atomizadores, cristalizadores,
Textil	Secado de tejidos	80 -140	Continuos o intermitentes por convección forzada o conducción
Química	Múltiples procesos	60 -130	Gran variedad
Materiales de construcción	Cerámica y refractarios	80 - 120	Varios
Minería	Operaciones extractivas y de preparación del mineral	≈ 100	Varios

Tabla 4. Aplicaciones industriales del proceso de secado. (www.instalaciones-termicas.blogspot.es).

3.6. Sistemas de refrigeración

Un sistema de refrigeración es una disposición técnica utilizada para el enfriamiento o acondicionamiento de un ambiente o medio, con el empleo de maquinaria frigorífica.

3.6.1. Clasificación de los sistemas de refrigeración

Los sistemas de refrigeración se clasifican en función de su utilización y aplicación, y de la ubicación del medio que se desea enfriar.

1.- Sistema directo: sistema de refrigeración sin circuitos auxiliares, en el que el evaporador del circuito primario está directamente en contacto con el medio que se desea enfriar.

2.- Sistema indirecto cerrado: sistema de refrigeración con un solo circuito auxiliar, cuya materia circulada no entra en contacto con el medio que se desea enfriar.

3.- Sistema indirecto abierto: sistema de refrigeración con un solo circuito auxiliar, en el que el flujo circulante entra en contacto con el medio que se desea enfriar.

4.- Sistema doble indirecto cerrado: sistema de refrigeración con dos circuitos auxiliares en serie, en el que la materia que circula en el circuito final no entra en contacto con el medio que se desea enfriar o acondicionar.

5.- Sistema doble indirecto abierto: sistema de refrigeración con dos circuitos auxiliares en serie, en el que la materia que circula en el circuito final entra en contacto con el medio que se desea enfriar o acondicionar.

6.- Sistema indirecto cerrado-ventilado: es análogo al que acabamos de definir, pero tiene la particularidad que el tanque del circuito principal está a P atmosférica.

NUM.	DESIGNACIÓN	FUENTE DE FRÍO	MEDIO A ENFRÍAR
	SISTEMA DIRECTO		
	SISTEMA INDIRECTO ABIERTO		
	SISTEMA INDIRECTO ABIERTO VENTILADO		
	SISTEMA INDIRECTO CERRADO		
	SISTEMA INDIRECTO CERRADO VENTILADO		
	SISTEMA DOBLE INDIRECTO ABIERTO		

Imagen 4. Tipos de sistemas de refrigeración. (Libro [7]).

3.7. Unidades de tratamiento de aire

3.7.1. Objetivo

El objetivo de la climatización es conseguir, en una planta industrial, unas condiciones óptimas y estables de:

- Temperatura: ya sea mediante calefacción o refrigeración.
- Humedad: mediante humectación o deshumidificación.
- Calidad del aire: mediante la instalación de filtros.

3.7.2. Usos

En el ámbito industrial, los dos sistemas de climatización más utilizados son:

- 1.- Sistemas todo agua. Para calefacción, el equipo generador produce agua caliente que alimenta directamente, o por medio de un intercambiador, a la red de transporte. Para refrigeración no se emplean intercambiadores, sino que el fluido refrigerado del colector va directamente a la red de transporte y de ahí al evaporador.
- 2.- Sistemas todo aire. Su elemento principal es el climatizador o Unidad de Tratamiento de Aire (UTA). Las UTAs se encargan de procesar el aire del ambiente de forma continua para devolverlo con las condiciones de temperatura y humedad adecuadas.

3.7.3. Aplicaciones industriales

Si bien la climatización es una tecnología muy extendida en el sector terciario, donde el nivel de confort del usuario es crucial (oficinas, hoteles, teatros, hospitales, etc.), su implantación en el sector industrial no es tan importante.

Normalmente las UTAs se utilizan en industria cuando, por la naturaleza del producto producido, se deben controlar especialmente las condiciones de humedad y temperatura de la planta, para que la calidad del producto no se vea afectada. Otras veces su implantación responde simplemente a criterios de confort.

Las principales industrias usuarias de climatización son:

- Industria Farmacéutica. Industria Textil. Industria Alimentaria. Industria Química.
- Industria del Automóvil. Naves industriales, avícolas y ganaderas en general.

3.7.4. Carga térmica

Por carga térmica se entiende el calor que debe intercambiar el sistema de climatización con la planta. Las cargas térmicas pueden ser positivas, en cuyo caso es calor que se debe eliminar (lo que ocurre en los meses de verano), o negativa, que corresponderá a una cantidad de calor que el sistema de climatización deberá aportar (en los meses de invierno).

Carga térmica de verano: compuesta por los siguientes flujos de calor:

- Ganancia térmica a través de los cerramientos del local por conducción desde un ambiente exterior más caliente.
- Ganancia térmica por insolación a través de las paredes transparentes de los cerramientos.
- Ganancia térmica por convección natural o forzada a causa de la entrada no deseada de aire exterior, infiltración y renovación.
- Calor originado en fuentes térmicas internas como las personas, la iluminación, los motores, equipos industriales en general, etc.
- Carga térmica de invierno: sólo incluye las pérdidas térmicas por conducción, infiltración y ventilación.

Es necesario realizar un cálculo preciso de las cargas térmicas de una planta para el correcto dimensionado de la UTA adecuada, teniendo en cuenta la cantidad de calor que se necesite aportar y/o eliminar.

3.7.5. Tipos de refrigeración

Aunque el resultado es el mismo, la reducción de la temperatura de un fluido se puede realizar de tres formas:

- Mediante un ciclo basado en la compresión mecánica: en el que se suministra energía eléctrica a un compresor para que éste condense el refrigerante por aumento de presión.
- Mediante un ciclo basado en la absorción: en el que se suministra energía térmica proveniente de una combustión a una columna de absorción, para que el refrigerante se evapore y se pueda volver a utilizar.
- Mediante torres de refrigeración: son capaces de enfriar grandes volúmenes de agua mediante el contacto de las gotas de agua con aire exterior.

CAPÍTULO 4. Bases de diseño

4.1. Objetivo

A continuación, se explican las bases de diseño utilizadas en este proyecto de una nueva cámara de maduración y secado de queso.

4.2. Bases del proceso de diseño

4.2.1. Casos de diseño

El diseño del proceso será dividido en dos casos diferentes: normal y real.

- Normal: serán las condiciones normales de la sala (278 K de temperatura y 88% de humedad relativa)
- Diseño: las condiciones de diseño serán más altas que el valor normal. En el caso de la temperatura el valor será de 305 K y la humedad de diseño 96%.

4.2.2. Alimentación de la unidad

La alimentación al proceso será el queso que viene de las etapas anteriores.

- Alimentación: la alimentación total de queso será 27.000 kg diarios.
- Especificación: la temperatura de la alimentación será de 283 K, que es la temperatura a la que nos viene el queso. La presión de la alimentación será la atmosférica.
- Propiedades del aire húmedo: Tabla 5.

CARACTERÍSTICA	VALOR	UNIDAD
T del aire de entrada	283	K
Humedad del aire de entrada	80	%
T del aire de salida	283	K
Humedad del aire de salida	60	%
Densidad del aire de entrada/salida	1,23	kg/m ³
Contenido de humedad	6,1	g/ kg de aire
Temperatura de rocío del aire de entrada	279,7	K
Caudal del aire de entrada	69.399	m ³ /h

Tabla 5. Propiedades del aire húmedo. (Elaboración propia).

4.2.3. Productos de la unidad

El principal producto que obtenemos es el queso seco y madurado listo para envasar y consumir.

- Flujos: la salida de los quesos se producirá a razón de 27.000 kg por día, que es la misma cantidad de queso que entra.
- Especificaciones: la merma máxima del queso en el proceso de deshumidificación del mismo será de un 0.25%
- Propiedades: las propiedades son las mismas que a la entrada.

CAPÍTULO 5. Selección de alternativas

5.1. Situación actual

El sistema de refrigeración instalado en el resto de la industria es indirecto cerrado, produciéndose el intercambio por medio de placas circulares de la marca Wahterus. Se utiliza como refrigerante en el circuito primario (amoníaco) en régimen inundado por gravedad, y en el circuito secundario un fluido de transferencia térmica Megly, apto para su uso en circuitos de refrigeración en industria en circuito cerrado. La ampliación objeto del Trabajo Fin de Grado, se integra dentro del circuito secundario.

La condensación se realiza mediante dos condensadores evaporativos por cada una de las centrales frigoríficas, para facilitar el mantenimiento de desinfección y no tener que parar toda la instalación. Estos evaporativos son de la marca TEVA, el serpentín está fabricado en acero galvanizado y la carcasa es de polyester.

Los compresores instalados son de tornillo de la marca Mycom con control de capacidad lineal del 10% al 100%, los compresores incorporarán variadores de frecuencia para suministrar la capacidad frigorífica necesaria en cada etapa del proceso con un considerable ahorro de energía.

Las bombas de circulación del circuito secundario son de la marca Grundfoss con cierre especial (Megly).

Para la recuperación de calor procedente de la descarga de los compresores, se encuentra instalado un condensador/recuperador de tipo placas circulares de la marca Wahterus con regulación del condensado por cada una de las centrales.

La cámara que se va a usar para el secado y curado de queso se está empleando actualmente para almacenar cajas vacías. No cuenta con ningún tipo de sistema de refrigeración actualmente, como se puede ver en la Imagen 3.

5.2. Tipos de instalaciones de aire acondicionado

Existen multitud de tipos de instalaciones, Cada una de ellas tiene unas características propias; el control sobre los parámetros (T, HR, pureza del aire,...) no todas lo efectúan.

Se clasifican en:

- Instalaciones todo aire.
- Instalaciones agua-aire.
- Instalaciones todo agua.
- Instalaciones con fluido refrigerante.

- Equipos compactos.
- VRV.

Es posible que coexistan varios sistemas, por ejemplo una eliminando la carga térmica perimetral, y otra la del “interior” del local.

5.2.1. Todo Aire

Las ventajas de los sistemas todo aire son las siguientes:

- 1.- Servicios están fuera de zonas ocupadas
- 2.- Facilita IAQ, zonificación, recuperación de energía

Sin embargo, tienen los siguientes inconvenientes:

- 1.- Necesita falsos techos amplios
- 2.- Requiere coordinar Ingenieros y Arquitectos

Existen varios subtipos:

- 1.- Con recalentamiento.
- 2.- Doble conducto.
- 3.- Caudal variable.
- 4.- Una Zona.
- 5.- Múltiples Zonas.
- 6.- Doble conducto.
- 7.- Conducto Dual

Una Zona; control de T^a de impulsión con termostato actuando sobre:

- a) La enfriadora y/o la caldera, parando y deteniendo el fluido.
- b) Un bypass hace que el aire de recirculación no pase por la batería
- c) Sobre la batería de postcalentamiento; control independiente T y humedad pero costes de instalación y operación elevados. Imagen 5.

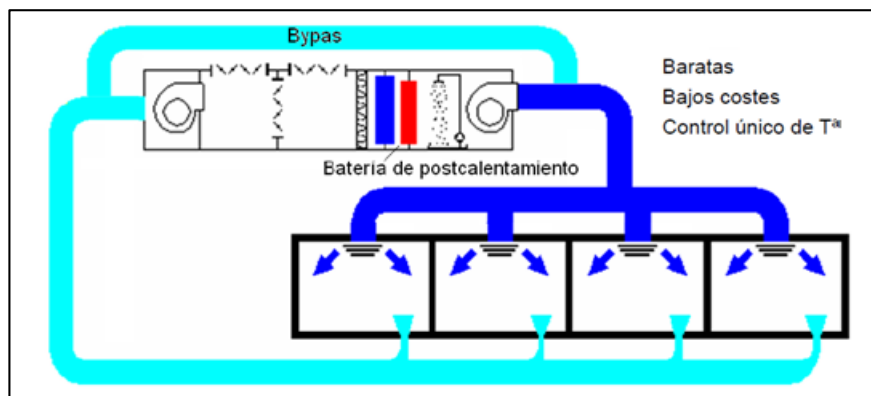


Imagen 5. Instalación de aire acondicionado de una zona. (www.instalaciones-termicas.blogspot.com.es).

Zonas Múltiples. Existen las siguientes variantes:

a) Con caudal constante y temperatura variable. El aire es tratado centralmente en función del local con mayor demanda térmica, y posteriormente es terminado de acondicionar en una batería instalada en cada zona; tiene altos costes de instalación y de operación. Imagen 6.

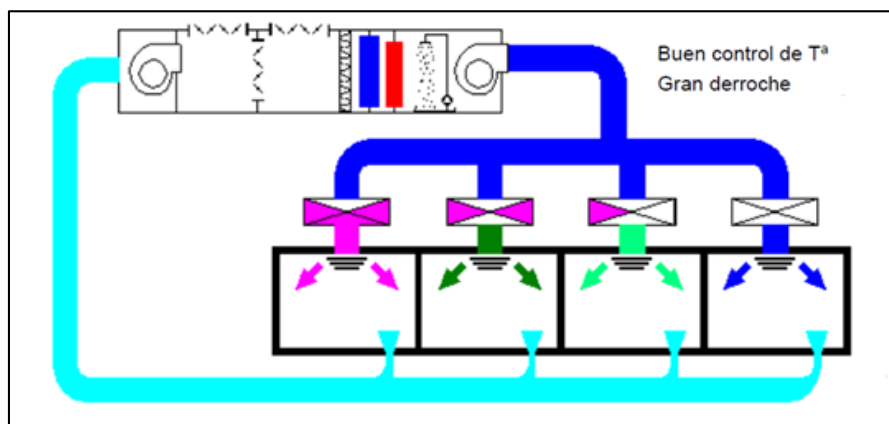


Imagen 6. Instalación de aire acondicionado de zonas múltiples con caudal constante y temperatura variable. Control de caudal. (www.instalaciones-termicas.blogspot.com.es)

b) Con caudal constante y temperatura variable; si el control de la T^a del aire de impulsión se hace en función del local con menor carga térmica se mejora energéticamente. Imagen 7.

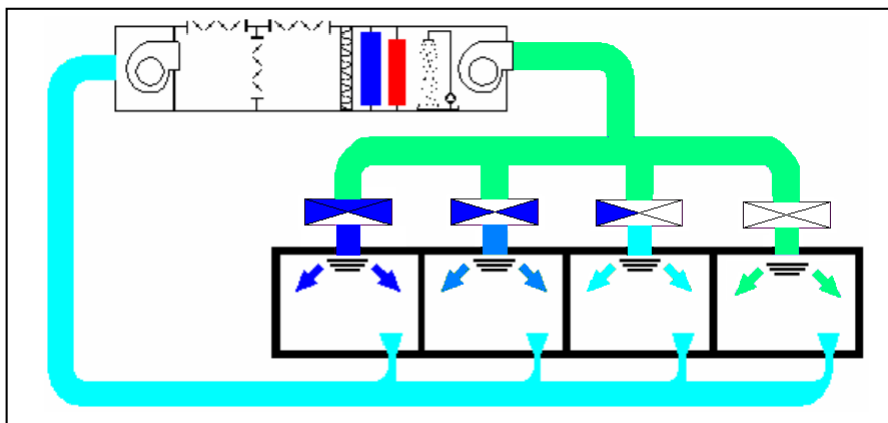


Imagen 7. Instalación de aire acondicionado de zonas múltiples con caudal constante y temperatura variable. Control de temperatura. (www.instalaciones-termicas.blogspot.com.es).

c) Con temperatura constante y caudal variable. El aire es tratado centralmente, y en cada zona se regula el caudal introducido en función de las necesidades; problema la interacción de caudales. Imagen 8.

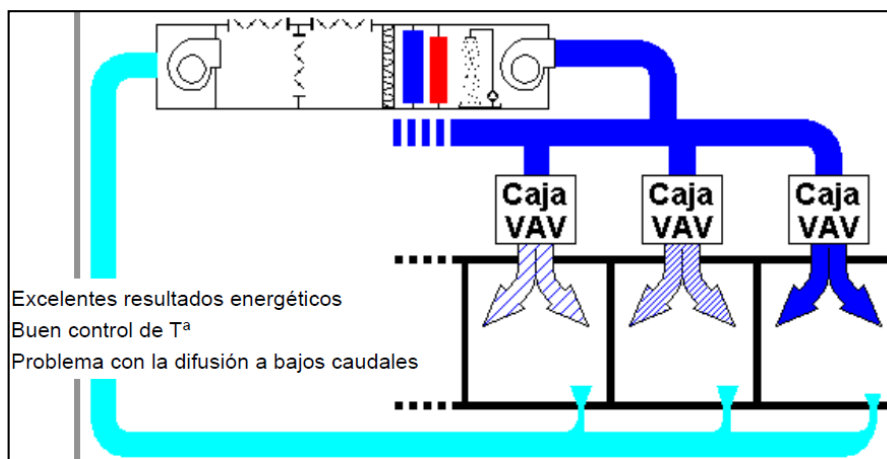


Imagen 8. Instalación de aire acondicionado de zonas múltiples con temperatura constante y caudal variable. (www.instalaciones-termicas.blogspot.com.es).

d) Con temperatura y caudal variables. Es la unión de los dos sistemas anteriores, primero se regula el caudal y después la temperatura. Imagen 9.

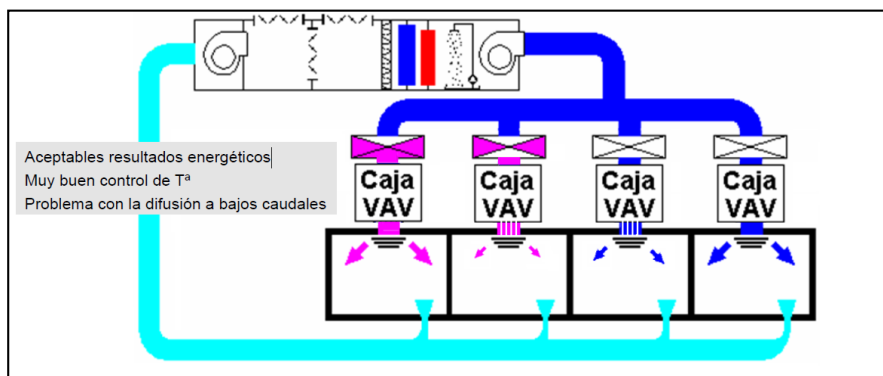


Imagen 9. Instalación de aire acondicionado de zonas múltiples con temperatura y caudal variables. (www.instalaciones-termicas.blogspot.com.es).

- e) Con caudal variable y recirculación local; un climatizador central sirve a varias zonas, en las que se toma aire de recirculación local.
- f) Con caudal variable, recirculación local y T variable; igual al anterior, pero en cada zona además incorpora baterías propias. Imagen 10.

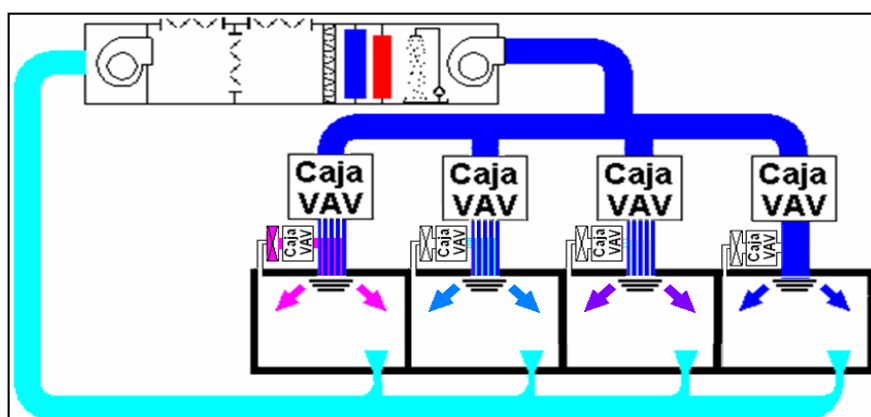


Imagen 10. Instalación de aire acondicionado de zonas múltiples con caudal variable, recirculación total y temperatura variable. (www.instalaciones-termicas.blogspot.com.es).

Zonas Multizona: En la práctica muy raro, sólo permite dos o tres zonas por volumen de conductos. Imagen 11.

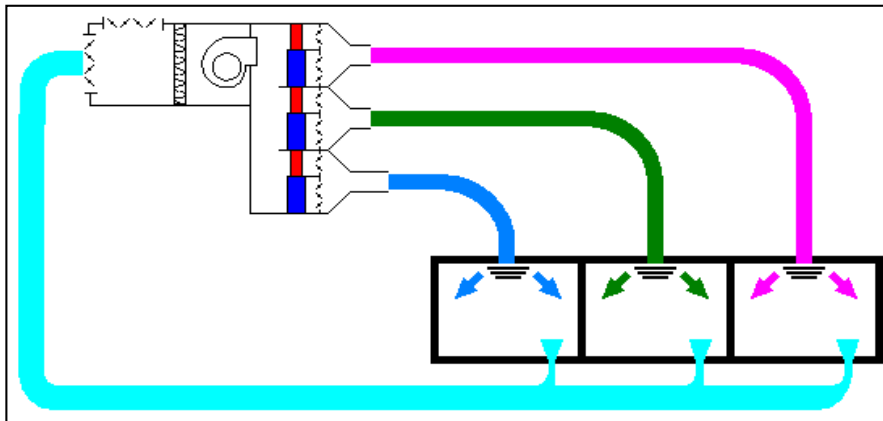


Imagen 11. Instalación de aire acondicionado de zonas multizona. (www.instalaciones-termicas.blogspot.com.es).

Zonas Multizona y Doble Conducto:

- a) Conductos de frío y calor; muy caro en instalación y funcionamiento. Imagen 12.

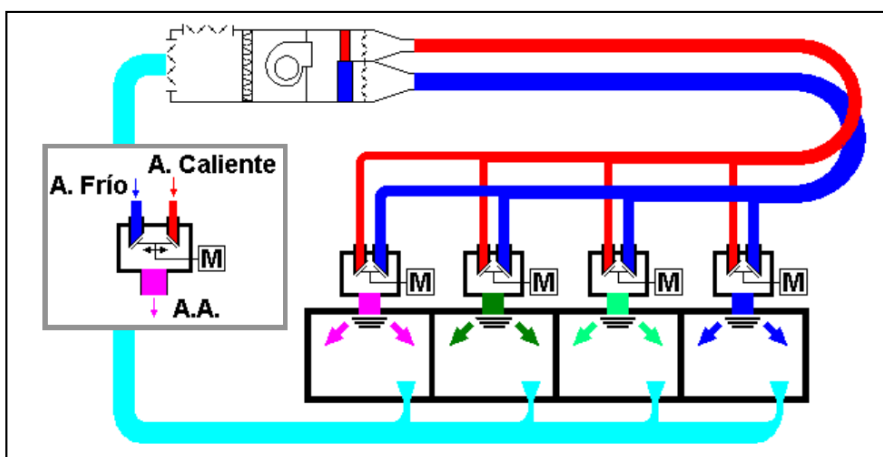


Imagen 12. Instalación de aire acondicionado de zonas multizona y doble conducto. Conductos de frío y calor. (www.instalaciones-termicas.blogspot.com.es).

- b) Conducto dual: los dos conductos pueden llevar frío o calor. Imagen 13.

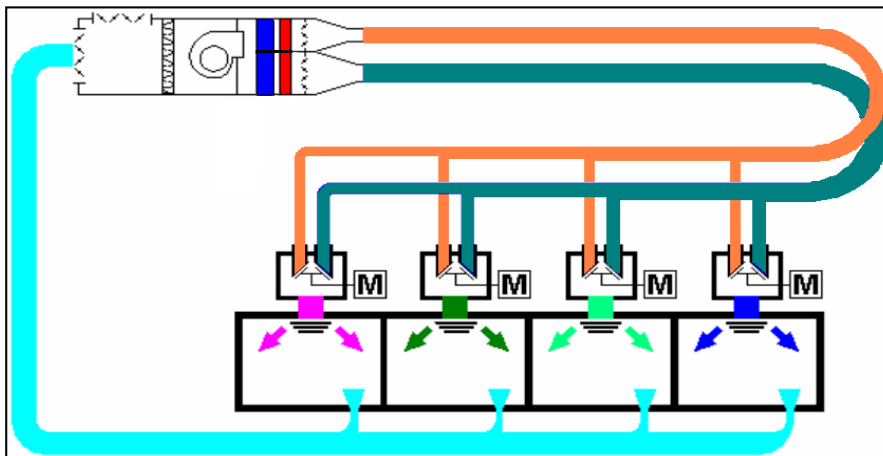


Imagen 13. Instalación de aire acondicionado de zonas multizona y doble conducto. Conducto dual. (www.instalaciones-termicas.blogspot.com.es).

5.2.2. Aire-Agua

Características:

- 1.- Una instalación central de aire controla la calidad del aire.
- 2.- Una enfriadora elimina la carga térmica del local.
- 3.- Los conductos de aire son menores.
- 4.- No siempre tienen aire de retorno.

Existen varios subtipos:

- 1.- Instalaciones de inducción.
- 2.- Fancoils con aire primario.
- 3.- Instalaciones de paneles radiantes y aire primario.

Instalaciones de inducción: El aire tratado centralmente (primario) induce a que parte del aire del local (secundario) pase por una batería alimentada con agua caliente o fría. (Imagen 14). Muy larga duración, bajo mantenimiento local.

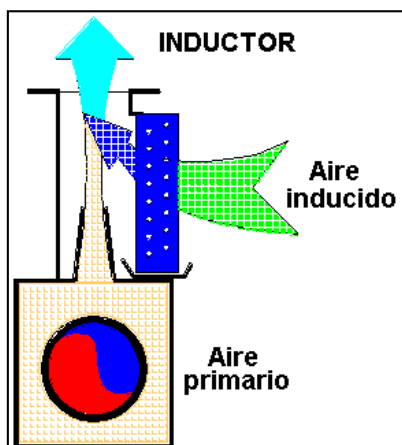


Imagen 14. Instalación de aire- agua de inducción. (www.instalaciones-termincas.blogspot.com.es).

Fancoils con aire primario: Una o dos baterías con un ventilador y con apertura en la pared para toma de aire exterior; le pueden llegar 2, 3 o 4 tubos. (Imagen 15). Requieren válvulas muy estancas para evitar mezcla del agua.

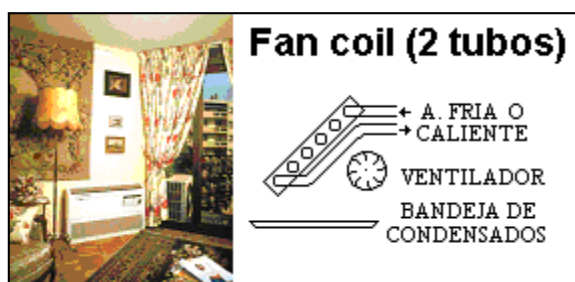


Imagen 15. Instalación de aire- agua fancoils con aire primario. (www.instalaciones-termincas.blogspot.com.es).

Instalaciones de paneles radiantes y aire primario: Son instalaciones con aire primario de renovación y paneles radiantes alimentados con agua para la carga térmica. Con sonda de Tª anti rocío.

5.2.3. Todo Agua

Existen varios subtipos:

- 1.- Instalaciones de paneles radiantes.
- 2.- Fancoilis.

Instalaciones de paneles radiantes: incluyen una sonda de T anti rocío.

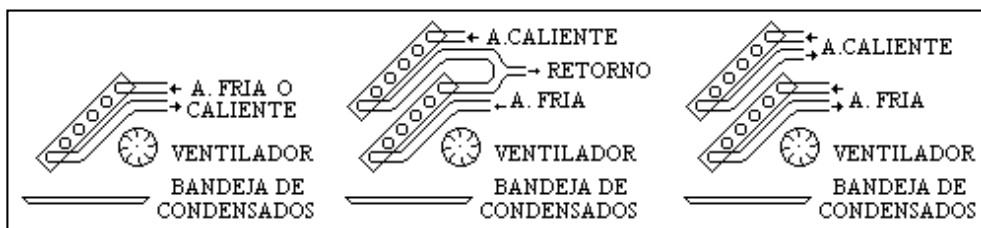


Imagen 16. Instalación todo agua de paneles radiantes. (www.instalaciones-termincas.blogspot.com.es).

Fancoils: La T se regula en cada local. Se clasifica en:

- a).- A dos tubos: es necesario parcializar las zonas con distinto tipo de carga; ofrece un bajo coste de instalación.
- b).- A tres tubos: gran gasto energético si hay consumo simultáneo.
- c).- A cuatro tubos.

5.2.4. Con Fluido Refrigerante (Expansión Directa)

Acondicionamiento individualizado en cada local; bajo coste inicial, y fácil instalación, sobre todo cuando el edificio está ya construido; pero su coste de operación y su mantenimiento son costosos.

No aportan aire de renovación, y gran impacto estético exterior. Existen distintos tipos:

- a).- Acondicionadores de ventana. Contienen:
 - Condensador en el exterior y evaporador en el interior
- b).- Split o partidos. Contienen:
 - Unidad interior o evaporadora (v. expansión o capilar, bandeja de condensados). Adicionalmente una resistencia eléctrica y “filtros”
 - Unidad exterior o condensadora, (compresor); si el equipo es bomba de calor incluye la válvula de 4 vías y la botella anti golpe de líquido.



Imagen 17. Instalación de aire acondicionado tipo split. (www.instalaciones-termincas.blogspot.com.es).

c).- Portátiles. Contienen:

- Conexiones flexibles o toma de aire exterior



Imagen 18. Instalación de aire acondicionado portátil. (www.instalaciones-termincas.blogspot.com.es).

d).- Máquinas de hielos. Contienen:

- Depósito para cubitos y un ventilador



Imagen 19. Instalación de aire acondicionado con máquina de hielos. (www.instalaciones-termincas.blogspot.com.es).

e).- Equipos deshumidificadores.

Un ventilador forzando el paso de aire por un evaporador y un condensador en serie. Imagen 20.

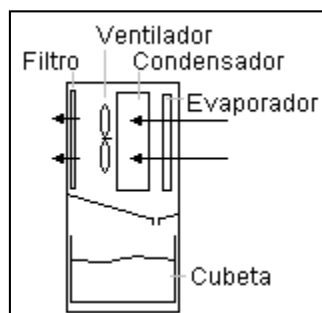


Imagen 20. Instalación de aire acondicionado. Equipo deshumidificador. (www.instalaciones-termincas.blogspot.com.es).

5.2.5. Equipos Compactos

En una unidad incluyen todo el equipo frigorífico. Internamente están divididos en dos partes independientes y aisladas térmicamente, y pueden estar diseñados para instalarse directamente en el local o para conectarse a conductos.

Se pueden destacar dos tipos:

1).- Que el condensador esté refrigerado por agua; suele llevar incorporada una válvula presostática de agua.

2).- Que el condensador esté refrigerado por aire, necesita de una conducción del aire para el condensador desde y hacia el exterior.



Imagen 21. Equipo compacto. (www.intalaciones-termicas.blogspot.com.es).

5.2.6. VRV

Hay varios tipos de VRV (Volumen de Refrigerante Variable).

Según el modo de suministro térmico, se clasifican en:

1).- Sólo frío: las unidades interiores sólo pueden refrigerar.

2).- Bomba de calor: todas las unidades interiores funcionan simultáneamente en modo frío o en modo calor.

3).- Recuperación de calor: todas las unidades interiores (o agrupadas por bloques) disponen simultáneamente de la posibilidad de refrigerar o calentar.

Según el modo de distribución del refrigerante.

1).- A dos tubos [sólo frío o B.C.]: una tubería es de líquido, y la otra de succión de gas (en modo refrigeración) o de descarga (en modo calefacción).

2).- A tres tubos: una tubería es de líquido, otra de succión de gas y la tercera de descarga.

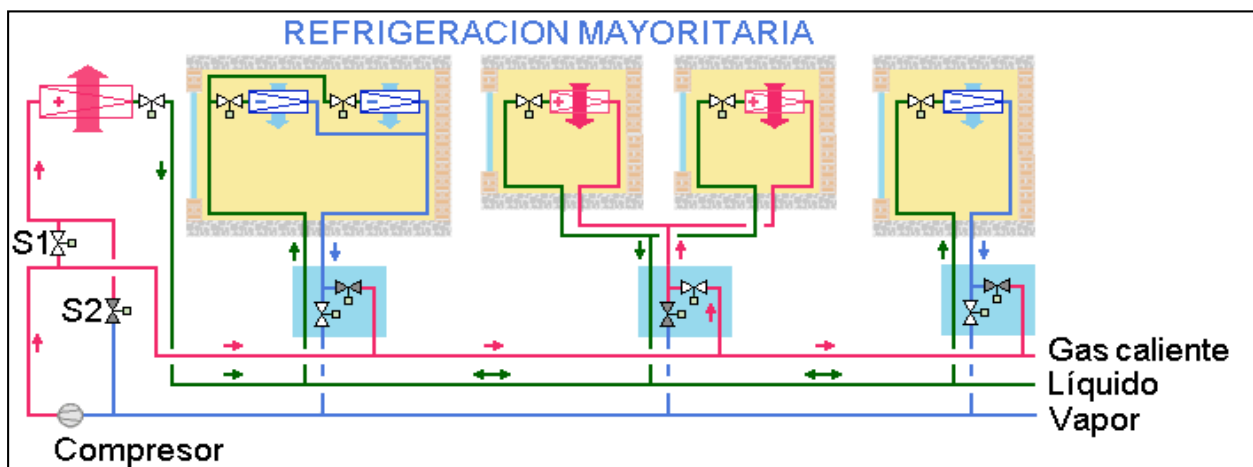


Imagen 22. Instalación VRV. Refrigeración mayoritaria. (www.intalaciones-termicas.blogspot.com.es).

In: Gas Caliente / Out: Líquido ⇒ CALEFACTA
In: Líquido / Out: Vapor ⇒ REFRIGERA

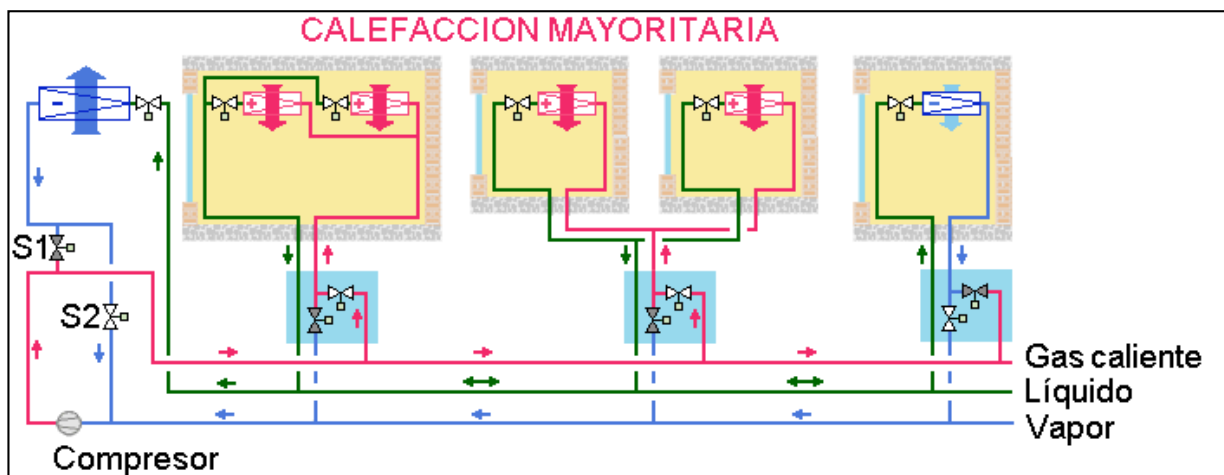


Imagen 23. Instalación VRV. Calefacción mayoritaria. (www.intalaciones-termicas.blogspot.com.es).

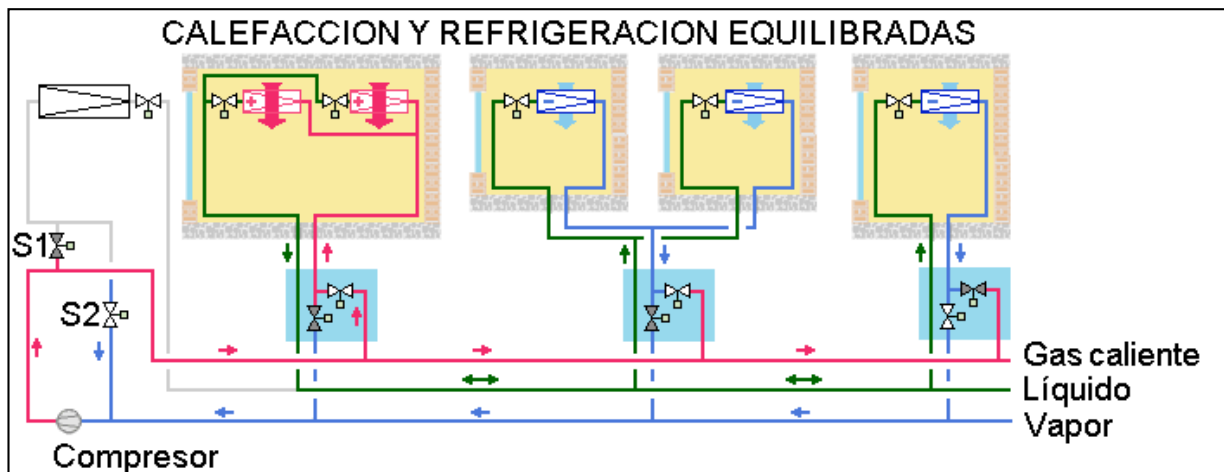


Imagen 24. Instalación VRV. Calefacción y refrigeración equilibradas. (www.intalaciones-termicas.blogspot.com.es).

TIPO DE CLIMATIZACIÓN	EQUIPO CARACTERÍSTICO	ESPACIO NECESARIO PARA CONDUCTOS	MANTENIBILIDAD
Todo aire	UTA	Grande, maneja grandes volúmenes	Pocos puntos a mantener, asegurable
Todo agua	Fan- Coil	Unas 160 veces menor que para todo aire	Complicada, cara
Separado calor- frío	Generadores de aire caliente y aire	Depende de si se instalan los dos sistemas a la vez o solo uno de ellos	Fácil, independiente
VRV	Unidad VRV	Pequeño	Moderada, cara

Tabla 6. Características sistemas de climatización. (www.intalaciones-termicas.blogspot.com.es).

En nuestro caso para tratar el aire proveniente del exterior voy a elegir la unidad de tratamiento de aire y sistema todo aire porque es asegurable, tiene pocos puntos a mantener y puesto que es una cámara grande no importa manejar grandes volúmenes.

5.3. Unidad de tratamiento de aire

Las unidades de tratamiento de aire pueden ser equipos complejos, que consiguen climatizar correctamente un local, ajustando perfectamente las condiciones de temperatura y humedad relativa, así como aportar aire nuevo de ventilación, y expulsar aire sobrante del local, recuperando el calor del mismo. Las UTAs no son equipos autónomos, ya que no incorporan sistemas de producción de frío ni de calor, sino que se conectan a una red de distribución de agua o refrigerante, con equipos de producción remotos.

5.3.1 Secciones de una UTA

Una UTA se forma a base de acoplar módulos con funciones específicas, que llamamos secciones:

5.3.1.1. Sección de ventiladores

De tipo centrífugo de baja presión, con motores eléctricos separados y con accionamiento mediante correas. Suelen tener dos o más rodetes en un chasis de chapa galvanizada. Para variar el caudal se colocan diferentes poleas en el motor o ventilador, lo cual cambia la proporción entre calor sensible y latente de la batería.

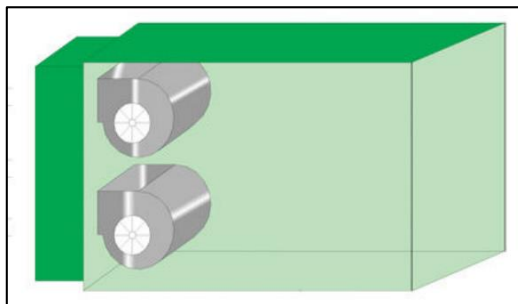


Imagen 25. Unidad de tratamiento de aire "UTA". Sección ventiladores. (www.escalofrios.es)

Cuando se desee un sistema de climatización con una buena ventilación del local, deben instalarse con dos ventiladores, uno en cada extremo de la unidad, que llamamos de impulsión y de retorno. De esta forma podemos tomar aire exterior y expulsar el aire sobrante, además de climatizar el local, sin provocar depresiones ni sobrepresiones en el mismo.

5.3.1.2. Sección de baterías de frío y de calor

Cada sección consiste en un serpentín de cobre con aletas de aluminio, con dos conexiones para el circuito de agua de la enfriadora, y una bandeja de recogida de condensaciones en la batería de frío.

La batería de calor puede conectarse a otra bomba de calor, o a una caldera. En ambos casos debe llevar una válvula mezcladora de 3 vías, para mantener la batería a la temperatura deseada.

La batería de frío se indica con un signo $-$, y la de calor con signo $+$.

Cada batería puede tener dos o más filas de tubos, dependiendo de la calidad del equipo.

Relación calor sensible/latente:

La batería de frío sabemos que absorbe calor sensible (enfriando el aire), y calor latente (condensando la humedad sobrante). Dividiendo ambos valores, resulta un coeficiente que puede estar entre 0,3 y 0,5. Pues bien, este valor lo podemos indicar al encargar el equipo, de forma que coincida con el valor calculado en el local (mediante una hoja de cargas completa).

Pero una vez tengamos la unidad, también se puede modificar la relación sensible/latente, variando la velocidad del ventilador, o el caudal de agua en la batería. La potencia de las baterías se indica por el fabricante, para diferentes temperaturas de agua y caudal. En general las baterías de frío y de calor se controlan mediante válvulas mezcladoras de 3 vías en las conexiones de agua, accionadas por un servomotor, y controladas por autómatas en función de la temperatura de salida del aire.

5.3.1.3. Sección de filtros y pre filtros

Los pre-filtros son armazones con una tela metálica sobre la que se coloca un fieltro fino, que retendrá las partículas y fibras arrastradas por el aire. Se deben extraer con facilidad y se limpian con agua o aire a presión. Los filtros más perfectos son secciones con un conjunto de bolsas o mallas de más espesor, que permiten una buena limpieza del aire, en locales en los que se precise, como hospitales, residencias, etc. Otro sistema muy perfecto es el de filtros electro-estáticos, en los que el aire atraviesa unos filamentos a alta tensión, y son atraídas las partículas por la carga eléctrica. Periódicamente se invierte la carga y las partículas caen en una bandeja.

5.3.1.4. Sección de humidificación

En esta sección se coloca un equipo que inyecte agua en el flujo de aire, al objeto de aumentar la humedad relativa del aire.

La sección de humidificación se instala en locales donde sea mayoritaria la carga de calefacción, y se desee dotar el ambiente de un buen confort, como cines, teatros, museos, etc. Recordemos que al calentar el aire su humedad relativa desciende rápidamente, quedando en muchas ocasiones el aire muy seco. El aporte de agua puede hacerse con:

- Bandeja de agua con resistencia eléctrica, que provoque evaporación.
- Fieltro o mallas humedecidas por arriba.
- Tubería de agua a presión con inyectores.

Las tuberías deben estar conectadas a la red de agua potable, o agua descalcificada, y accionadas por una electroválvula o mediante una bomba dosificadora de membrana.

Esta sección puede presentar problemas por obstrucciones debidas a la cal del agua.

El caudal de agua se puede calcular conociendo las condiciones de entrada del aire en el diagrama psicométrico, y sus humedades específicas W en gr/kg aire:

$$\text{Caudal agua (l/h)} = \text{m}^3/\text{h aire} \times 1,2 \times (W_2 - W_1)/1000$$

5.3.1.5. Sección de mezcla

La sección de mezcla es una caja en la aspiración del aparato, o tras el ventilador de retorno si lo hay.

Su objeto es:

- Expulsar al exterior una parte del aire que viene del local.
- Tomar la misma cantidad de aire nuevo del exterior.

Para ello se instala en una caja dos o tres conjuntos de compuertas de aire motorizadas que permiten ajustar el aire de retorno, y el de toma de aire exterior, y el de expulsión de aire sobrante, en los porcentajes deseados.

La sección de mezcla de aire es muy conveniente porque permite prescindir de la instalación de ventilación del local, ya que podemos indicar el porcentaje de aire exterior a tomar por la climatizadora.

Pueden tener muchas configuraciones, dependiendo del número y disposición de las compuertas de aire. En algunos casos tiene también un ventilador llamado de retorno, que mejora el sistema.

El accionamiento de las compuertas de mezcla puede ser de forma manual o automática mediante servomotores.

En caso de ser manual se fija midiendo el caudal de aire que entra con un anemómetro, y ajustando la abertura hasta conseguir el porcentaje deseado.

Las modernas climatizadoras disponen de autómatas de control que ajusta en aire exterior de forma que se adapta a la ocupación del local, que puede ser detectada por una sonda de calida de aire o de CO₂, situada en el retorno de aire a la climatizadora.

5.3.1.6. Sección de recuperación

Cuando en un local climatizado extraemos aire ya climatizado y lo expulsamos al exterior, estamos haciendo una función obligatoria por sanidad, pero perjudicial energéticamente, ya que estamos tirando frigorías al exterior, y por lo tanto haciendo trabajar más a la máquina climatizadora.

Recuperador de calor flujo cruzado, placas del mismo modo, al introducir aire del exterior al local, para aportar aire nuevo a sus ocupantes, estamos introduciendo aire caliente, que aumenta en trabajo del climatizador.

El caso de ser el caudal de ventilación importante (salas con mucha ocupación), es conveniente instalar un recuperador de calor, es decir un equipo que sirve para recuperar el calor del aire de extracción del local, cediéndolo al aire nuevo que entra, de forma que ahorramos energía térmica.

El aire frío que tiramos enfría el aire caliente que entra, y en invierno al contrario.

Los recuperadores son equipos que permiten recuperar el calor del aire de extracción del local, y cederlo al aire de ventilación que entra desde el exterior.

Pueden recuperar calor sensible, calor latente o ambos.

Son obligatorios por normativa para caudales de ventilación de más de 4 m³/s.

Pueden ser varios tipos:

- 1).- De placas a contracorriente, por un lado de la placa circula el aire del local hacia el exterior, y por el otro circula el aire del exterior hacia el local. las placas se apilan en un bloque rectangular. Recuperador de calor flujo paralelo.
- 2).- De tambor rotativo: un tambor metálico con perforaciones gira lentamente perpendicularmente a los dos conductos, de forma que al atravesarlo el aire que sale del local lo calienta, y al girar y pasar al otro conducto, calienta el aire que entra.
- 3).- De tambor poroso. Además de recuperar calor sensible, también recuperan calor latente.
- 4).- De bomba de calor: incorporan dos baterías y un pequeño compresor, para trasladar calorías de un fluido al otro.

El funcionamiento general de una UTA consiste en el paso sucesivo de una corriente de aire a través de sus distintas secciones, que son:

- Toma de aire exterior. Ha de estar situada en un lugar donde el aire esté limpio.
- Entrada. Incluye los filtros y los ventiladores que impulsan el aire a través de la UTA. Puede incluir batería de precalentamiento para evitar que la humedad condense.
- Acondicionamiento. Consta de una zona de intercambio de calor mediante baterías o resistencias eléctricas y una cámara de humectación o des humidificación (generalmente una batería de frío).
- Distribución. Se separan las gotas de agua líquida del aire acondicionado y se distribuye por la planta para ser recogido después y llevado a la zona de recuperación.
- Mezcla de aire y recuperación. El caudal de aire que abandona la planta se fracciona y parte es recirculado a la zona de entrada, mientras que la otra parte, antes de salir, intercambia calor con el aire entrante, para minimizar las pérdidas y aumentar la eficiencia energética del sistema.
- Salida. Incluye ventiladores de impulsión y filtros. Una vez tratada, parte de la corriente de aire climatizado se recircula al interior de la planta mientras que otra parte se sustituye por aire fresco procedente del exterior. Siempre es necesaria una aportación de aire exterior para asegurar una buena ventilación del recinto.

En nuestro caso el esquema de la unidad de tratamiento de aire que se va a utilizar será:

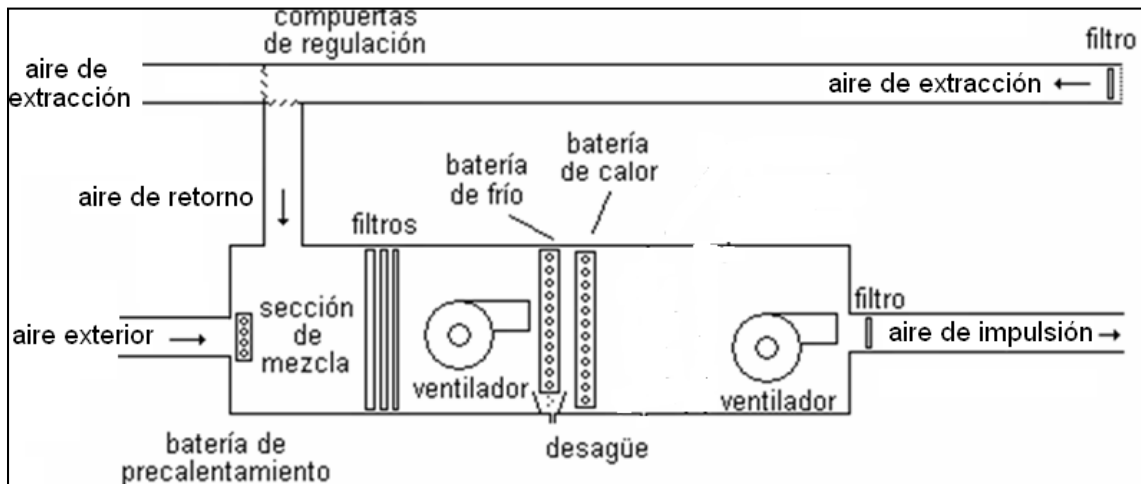


Imagen 26. Unidad de tratamiento de aire "UTA". (www.escalofrios.es).

5.3.2. Selección de funcionamiento

5.3.2.1. Todo aire exterior

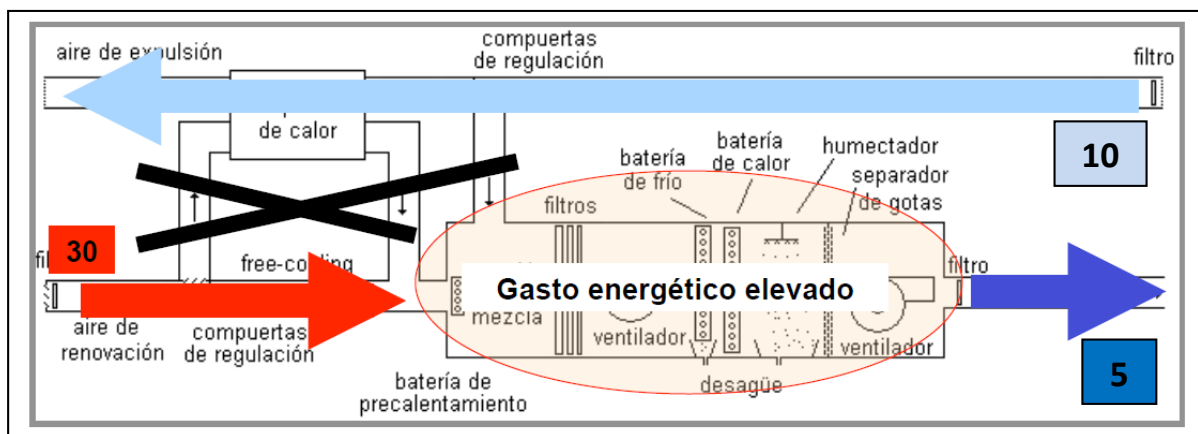


Imagen 27. Todo aire exterior. (www.escalofrios.es).

5.3.2.2. Recirculación de aire

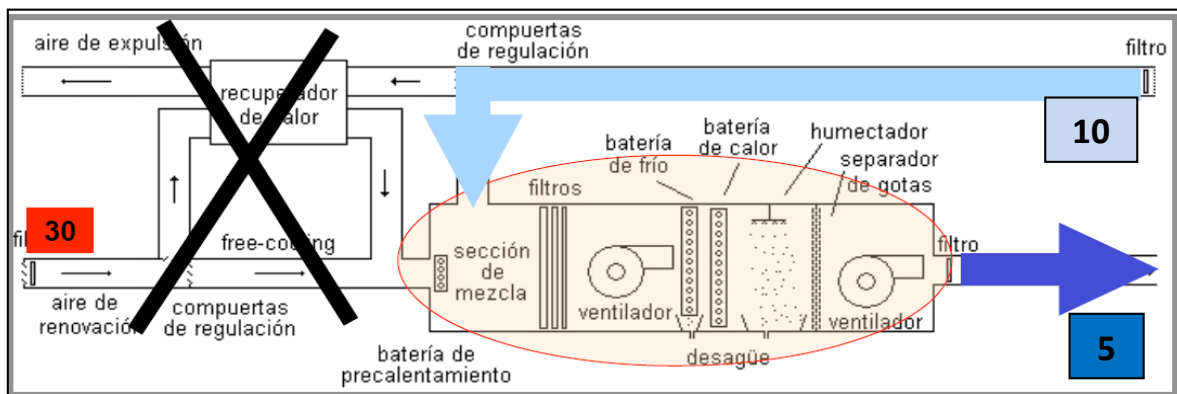


Imagen 28. Recirculación de aire. (www.escalofrios.es).

5.3.2.3. Free cooling

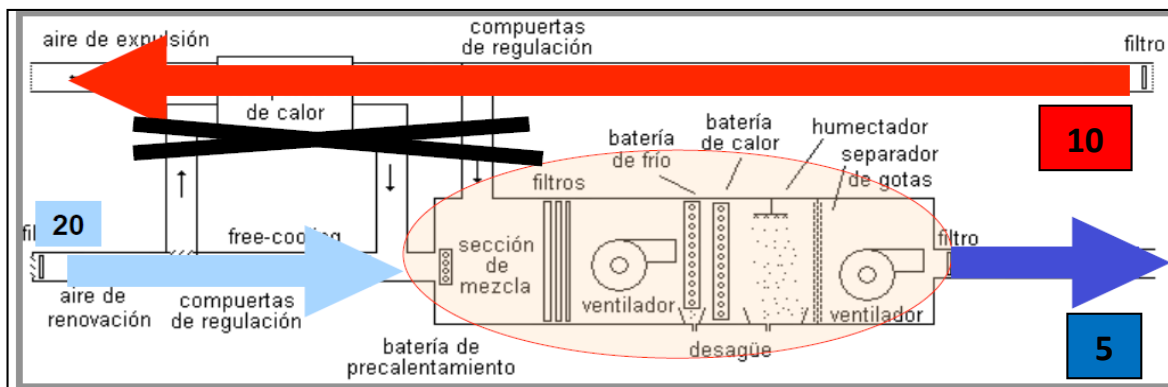


Imagen 29. Free coling. (www.escalofrios.es).

5.3.2.4. Free cooling + recuperador de aire

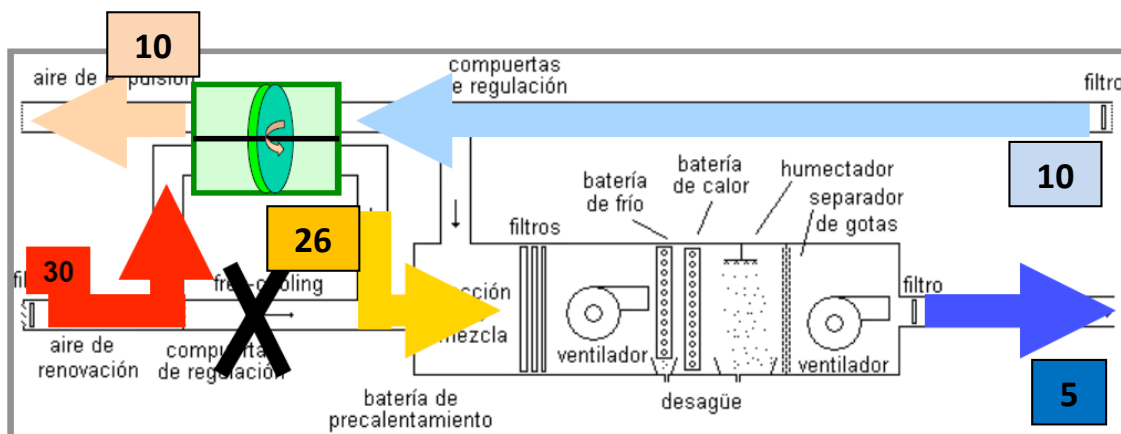


Imagen 30. Free coling + recuperador de aire. (www.escalofrios.es).

5.3.2.5. Optimizar el consumo energético cumpliendo con el mínimo aire exterior.

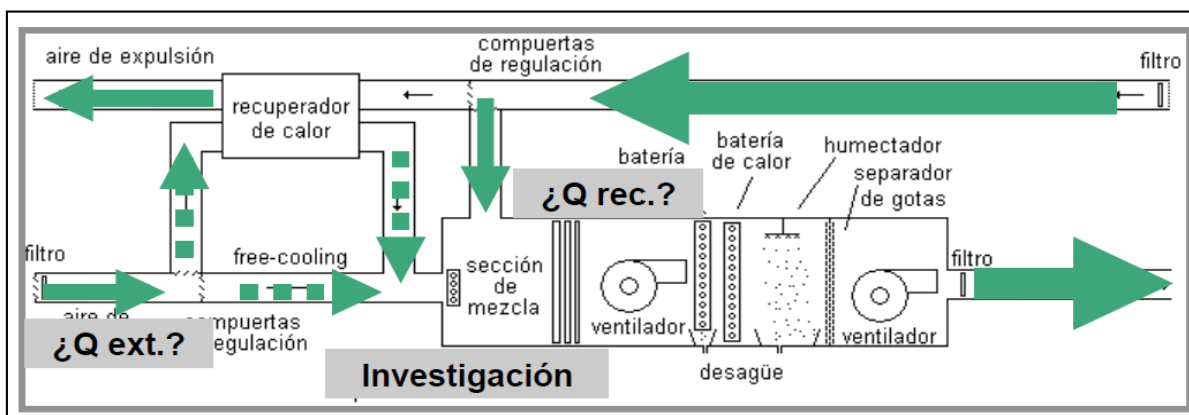


Imagen 31. Optimización de consumo energético. (www.escalofrios.es).

En cuanto al funcionamiento el seleccionado va a ser el de optimizar el consumo energético cumpliendo con el mínimo aire exterior.

En nuestro caso no hace falta la presencia de un humectador pues con la humedad baja se consigue secar el queso.

CAPÍTULO 6. Cálculos

6.1. Antecedentes

6.1.1. Objeto

El objeto del presente proyecto es definir las características de la instalación frigorífica así como las condiciones previstas de funcionamiento, y a partir de ello, realizar un estudio del balance térmico de la misma, cuyo resultado permita seleccionar, de entre los equipos comerciales existentes en el mercado, aquellos que mejor se adapten a las necesidades calculadas.

Se han tenido en cuenta los datos y planos facilitados por el cliente y las condiciones técnicas precisas.

6.1.2. Normativa

Para efectuar el presente proyecto se han tenido en cuenta el siguiente reglamento:

- Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas, aprobado por el Real Decreto 3.099/1977, de 8 de septiembre, y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, aprobadas por Orden de 24 de enero de 1978.

6.2. Características generales de la cámara

Se trata de una cámara de 4302,84 m³ de volumen interior, o lo que es lo mismo, de 623,66 m² de superficie por 6,90 m de altura. Las características de los cerramientos que la delimitan se describen en el apartado siguiente.

Teniendo en cuenta el tipo de producto a almacenar, y las condiciones de funcionamiento previstas, se mantendrá en la cámara una temperatura de régimen de 5,0 °C y una humedad relativa del 90,0 %.

A efectos de calcular el calor que aporta el aire que entra en la cámara por infiltraciones y apertura de puertas, y por ventilación forzada según necesidades de conservación del producto, y dada la situación de la cámara, se tendrá en cuenta una temperatura del aire exterior de 30,0 °C, y una humedad relativa del 50,0 %. La necesidad de efectuar el desesecarcho de los evaporadores obligará a limitar el funcionamiento del compresor o compresores a 18,00 horas al día.

6.2.1. Cerramientos

La Tabla 7 muestra todos los cerramientos de la cámara, indicando sus respectivas características.

CERRAMIENTO	SUPERFICIE (m ²)	ELEMENTO CONSTRUCTIVO	POSICIÓN	K (W/m ² K)	ESPESOR	Text (°C)
Pared	235,15 m ²	Panel desmontable 70 mm aislamiento poliuretano inyectado 40 kg/ m ³	Separación otros locales	0,306	80	30
Pared	126,27 m ³	Panel desmontable 70 mm aislamiento poliuretano inyectado 40 kg/ m ³	Separación otros locales	0,306	80	30
Pared	235,15 m ⁴	Panel desmontable 70 mm aislamiento poliuretano inyectado 40 kg/ m ³	Separación otros locales	0,306	80	30
Pared	126,27 m ⁵	Cerramiento exterior Astorga	Separación otros locales	0,7	360	30
Techo	623,66 m ⁶	Panel desmontable 70 mm aislamiento poliuretano inyectado 40 kg/ m ³	Bajo otro local	0,31	70	30
Puerta	7,50 m ⁷	Puerta de 85 mm aislamiento poliuretano inyectado 40 kg/ m ³	Puertas otros locales	0,225	85	30
Solera	623,66 m ⁸	Láminas PYM0044+BIT003+PYM017	Sobre terreno	2,5	301	30
Puerta	2,10 m ⁹	Puerta exterior, chapa de acero, opaca	Puertas espacio exterior	2,88	2	30

Tabla 7. Descripción cerramientos de la cámara. (Elaboración propia).

6.2.2. Productos a almacenar

La Tabla 8 muestra los productos que serán almacenados en esta cámara, así como información acerca de la carga diaria, la carga máxima, y la temperatura de entrada estimadas.

PRODUCTO	CARGA DIARIA DE ENTRADA (kg/día)	CARGA MÁXIMA ALMACENADA DE PRODUCTO (kg)	TEMPERATURA DE ENTRADA (°C)
Queso	27.000	500.400	10

Tabla 8. Descripción producto a almacenar en la cámara. (Elaboración propia).

6.2.3. Iluminación interior

La iluminación de la cámara quedará garantizada con la instalación de los puntos de luz especificados en la Tabla 9.

CONCEPTO	Nº UNIDADES	TIPO	POTENCIA	FUNCIONAMIENTO(horas/día)
Lámparas	20	Fluorescente	116	8

Tabla 9. Descripción iluminación interior de la cámara. (Elaboración propia).

6.2.4. Mantenimiento

Se estima que los trabajos a realizar en el interior de la cámara, tanto mantenimiento como carga y descarga, serán realizados por el número de personas y tiempo de permanencia indicados en la Tabla 10.

CONCEPTO	Nº PERSONAS	PERMANENCIA (horas/día)
Trabajos de mantenimiento, carga y descarga	2	8

Tabla 10. Descripción trabajos de mantenimiento. (Elaboración propia).

6.3. Energía

Para mantener fría una cámara y todo lo que esté contenido en ella, es necesario extraer la energía inicial y los flujos de energía calorífica y después, la que pueda ir entrando en la cámara por bien aislada que esté. El rendimiento total de refrigeración puede establecerse como sigue:

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{productos}} + Q_{\text{otras funciones}}$$

- $Q_{\text{productos}}$: representa los sumandos que tienen en consideración la carga térmica a eliminar procedente del calor sensible, del calor latente de solidificación, de las reacciones químicas, del embalaje y del calor absorbido para la congelación del agua de los alimentos o productos que se desea refrigerar.
- $Q_{\text{otras funciones}}$: incluye, entre otros, los flujos de calor a través de los cerramientos de la cámara por transmisión de paredes, suelo y techo, la refrigeración para el aire exterior que se introduce, la ventilación, las cargas térmicas debidas a ventiladores, bombas, iluminación eléctrica, personas que manipulan los productos, etc.

6.3.1. Energía calorífica a extraer de los productos

Son las pérdidas más importantes, y pueden dividirse en los cuatro grupos que se muestran a continuación.

6.3.1.1. Energía térmica de refrigeración antes de la congelación

Se trata de la energía calorífica que es necesaria extraer al producto para reducir su temperatura de entrada hasta la de régimen de la cámara. Cuando existe congelación, es el calor que es necesario extraer para enfriar el producto hasta la temperatura de congelación. Para realizar este cálculo, empleamos la siguiente expresión:

$$Q = \frac{m \times C_1 \times (T_{ent} - \max(T_{con}, T_{reg})) \times (1 + \frac{F_{emb}}{100})}{86.4}$$

Donde:

- Q = Calor de refrigeración, en W.
- m = Masa diaria de entrada de producto, en kg/día.
- C₁ = Calor específico másico antes de la congelación en kJ/Kg×K.
- T_{con} = Temperatura de congelación del producto, en °C.
- T_{ent} = Temperatura de entrada del producto, en °C.
- T_{reg} = Temperatura de régimen dentro de la cámara frigorífica, en °C.
- F_{emb} = Factor corrector por embalaje.

El calor específico másico antes de la congelación puede obtenerse a partir de tablas para diversos productos, y en caso de no encontrarse, puede ser calculado en función de su contenido en agua según la siguiente expresión:

$$C_1 = \frac{a + 0.4 \times b}{100}$$

Donde:

- a = Contenido de agua del producto, en %.
- b = Contenido de materia sólida, en %.
- 0,4 = Calor específico aproximado de la materia orgánica, en kcal/kg×°C.

El valor de C₁ calculado con la expresión anterior es aproximado y se considera válido para las aplicaciones corrientes.

En nuestro caso:

PRODUCTO	m (kg/día)	C1 (kJ/kg×K)	Tent (°C)	Tcon (°C)	Trég (°C)	Femb (%)	Q (W)
Queso	27.000	2,68	10	-1,7	5	10	11.940,50

Tabla 11. Cálculo energía térmica de refrigeración antes de la congelación. (Elaboración propia).

6.3.1.2. Entalpía de congelación

Se trata del calor a extraer para congelar el producto, y puede ser calculado según la siguiente expresión:

$$Q = \frac{m \times C_2}{86.4}$$

Donde:

- Q = Tasa de calor por congelación, en W.
- m = Masa diaria de producto introducido, en kg/día.

- C_2 = Calor de congelación del producto, en kJ/kg.

El calor latente de solidificación (congelación) o de fusión puede obtenerse a partir de tablas para diferentes tipos de productos, y en caso de no encontrarse, puede calcularse también en función de su contenido en agua.

$$C_2 = \frac{80 \times a}{100}$$

Donde:

- a = Contenido de agua del producto, en %.
- 80 = Calor latente de solidificación del agua, en kcal/kg.

El valor de C_2 calculado con la expresión anterior es aproximado y se considera válido para las aplicaciones corrientes.

En nuestro caso, se trata de una cámara de refrigeración, por lo que no es necesario extraer calor por este concepto

6.3.1.3. Entalpía de refrigeración después de la congelación

Se trata del calor que es necesario extraer al producto para reducir su temperatura desde la congelación hasta la temperatura de almacenamiento en la cámara. Para realizar este cálculo, empleamos la siguiente expresión:

$$Q = \frac{m \times C_3 \times \min(T_{con}, T_{ent}) - T_{reg} \times (1 + \frac{F_{emb}}{100})}{86.4}$$

Donde:

- Q = Calor de refrigeración, en W.
- m = Masa diaria de entrada de producto, en kg/día.
- C_3 = Calor específico másico después de la congelación en kJ/Kg×K.
- T_{con} = Temperatura de congelación del producto, en °C.
- T_{ent} = Temperatura de entrada del producto, en °C.
- T_{reg} = Temperatura de régimen dentro de la cámara frigorífica, en °C.
- F_{emb} = Factor corrector por embalaje.

El calor específico del producto después de la congelación puede obtenerse a partir de tablas para diferentes tipos de productos, y en caso de no encontrarse, puede calcularse también en función de su contenido de agua.

$$C_3 = \frac{0.5 \times a + 0.4 \times b}{100}$$

Donde:

- A = Contenido de agua del producto, en %.
- B = Contenido de materia sólida, en %.
- 0,4 = Calor específico de la materia, en kcal/kg× °C.
- 0,5 = Calor específico del hielo, en kcal/kg× °C.
- 80 = Calor latente de solidificación del agua, kcal/kg.

El valor de T_c calculado con la expresión anterior es aproximado y se considera válido para las aplicaciones corrientes.

En nuestro caso, se trata de una cámara de refrigeración, por lo que no existe calor a extraer por este concepto.

6.3.1.4. Entalpía de respiración

Durante la conservación, algunos productos continúan desprendiendo cierta cantidad de calor que deberá extraerse para garantizar la temperatura idónea de la cámara, función del tipo de producto a conservar.

Esta cantidad de calor se produce como consecuencia de la respiración (caso de frutas y hortalizas) o de fermentaciones del producto conservado. Podemos obtener este calor según la siguiente expresión:

$$Q = \frac{m \times C_r}{86.4}$$

Donde:

- Q = Tasa de calor por respiración, en W.
- m = Masa total almacenada de producto, en Kg.
- Cr = Calor de respiración del producto, en kJ/(kg×día).

Merma del 7% en 30 días.

En nuestro caso:

PRODUCTO	m (kg/día)	M total (kg)	C respiración (kcal/kg)	Q (W)
Queso	27.000	500.400	0,56	3.268,24

Tabla 12. Cálculo de la tasa de calor por respiración. (Elaboración propia).

6.3.2. Calor a extraer de otras fuentes

6.3.2.1 Transmisión a través de paredes y techos

La tasa total de calor que entra en la cámara por transmisión a través de paredes y techos, viene dada por la expresión:

$$Q = K \times S \times \Delta t$$

Donde:

- Q = Tasa de calor, en W.
- K = Coeficiente de transmisión térmica, en W/ (m²×K).
- S = Superficie del cerramiento, en m².
- Δt = Diferencia de temperatura exterior e interior, en K.

Cada cerramiento se calculará separadamente para obtener un resultado suficientemente exacto, a no ser que los valores de K y de la diferencia de temperaturas sean idénticos en todos los cerramientos de la cámara.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{e_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_e}}$$

Donde:

- K = Coeficiente de transmisión térmica, en W/ (m²×K).
- h_i, h_e = Coeficientes de convección interior y exterior, respectivamente.
- e_i = Espesores de las distintas capas del cerramiento.
- λ_i = Conductividades térmicas respectivas.

El valor de $\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$ puede obtenerse de la tabla 13 de la NBE-CT-79, donde las resistencias térmicas superficiales vienen dadas en m²×h×°C/kcal×(m²×°C/W).

Posición del cerramiento y sentido de flujo de calor	De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
	1/h _i	1/h _e	1/h _i +1/h _e	1/h _i	1/h _e	1/h _i +1/h _e
Cerramientos verticales o horizontal y flujo horizontal sobre la 60°	0,13 (0,11)	0,07 (0,06)	0,20 (0,17)	0,13 (0,11)	0,13 (0,11)	0,26 (0,22)
Cerramientos horizontales o pendiente sobre la 60° y flujo ascendente	0,11 (0,09)	0,06 (0,05)	0,17 (0,14)	0,11 (0,09)	0,11 (0,09)	0,22 (0,18)
Cerramientos horizontales y flujo descendente	0,20 (0,17)	0,06 (0,05)	0,26 (0,22)	0,20 (0,17)	0,20 (0,17)	0,40 (0,34)

Tabla 13. Obtención de los coeficientes de convección interior y exterior. (NBE-CT-79).

En nuestro caso:

CERRAMIENTO	SUPERFICIE (m ²)	K (W/m ² K)	Text (°C)	Treg (°C)	Q (W)
Pared	235,15 m ²	0,306	30	5	1.798,21
Pared	126,27 m ³	0,306	30	5	965,97
Pared	235,15 m ⁴	0,306	30	5	1.798,21
Pared	126,27 m ⁵	0,7	30	5	965,97
Techo	623,66 m ⁶	0,31	30	5	4.833,40
Puerta	7,50 m ⁷	0,225	30	5	38.979
Solera	623,66 m ⁸	2,5	30	5	47,81
Puerta	2,10 m ⁹	2,88	30	5	15.120
TOTAL					64.510

Tabla 14. Obtención del calor total que entra a la cámara. (Elaboración propia).

6.3.2.2. Aire exterior entrante en la cámara

Siempre es necesario proceder en mayor o menor medida a una aireación de la cámara fría. En ocasiones, esta ventilación se produce por la frecuencia de apertura de las puertas para la entrada y salida de género, pero si esto no fuera suficiente debería procederse a la utilización de sistemas de ventilación forzada complementarios.

El calor liberado por las renovaciones de aire viene dado por la siguiente expresión:

$$Q = \frac{V \times n \times (H_{\text{ext}} - H_{\text{int}}) \times \delta_{\text{ext}}}{86.4}$$

Donde:

- Q = Potencia calorífica aportada por el aire, en W.
- V = Volumen interior de la cámara, en m³.
- n = Número de renovaciones de aire al día, en 1/día.
- δ_{ext} = Densidad del aire exterior, en kg/m³.
- H_{ext} = Entalpía del aire exterior, en kJ/kg.
- H_{int} = Entalpía del aire de la cámara, en kJ/kg.

La entalpía y la densidad del aire en unas determinadas condiciones de temperatura y humedad relativa pueden ser obtenidas mediante la utilización del ábaco psicrométrico (Imagen 32).

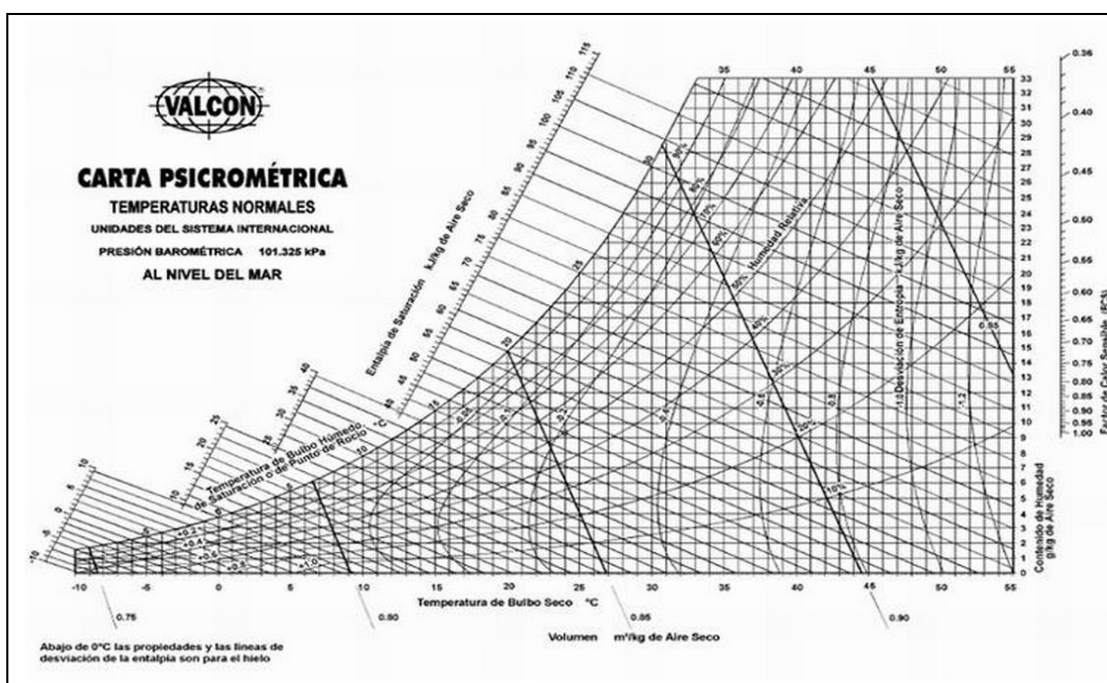


Imagen 32. Diagrama psicrométrico. (www.google.es).

En nuestro caso, no se considera calor a extraer por este concepto.

6.3.2.3. Energía calorífica liberada por la iluminación interior

Las lámparas ubicadas en el interior de la cámara liberan un calor equivalente a:

$$Q = \frac{P \times n \times t \times f}{24}$$

Donde:

- Q = Potencia calorífica aportada por la iluminación, en W.
- P = Potencia nominal de una lámpara, en W.
- n = Número de lámparas.
- t = Tiempo de funcionamiento, en horas/día.
- f = Factor corrector (1,25 para fluorescentes)

Si las lámparas son de tipo fluorescente se multiplica la potencia de las mismas por el factor de 1,25 para considerar el consumo complementario de las reactancias.

Si no se conoce la potencia de las lámparas puede estimarse un valor comprendido entre 5 y 15 W por cada m² de superficie de la cámara.

En nuestro caso:

CONCEPTO	Nº UNIDADES	TIPO	POTENCIA (W)	FUNCIONAMIENTO(horas/día)	FACTOR CORRECTOR	Q (W)
Lámparas	20	Fluorescente	116	8	1,25	966,7

Tabla 15. Energía calorífica liberada por la iluminación interior de la cámara. (Elaboración propia).

6.3.2.4. Calor liberado por las personas

También las personas que entran en una cámara liberan calor a razón de:

$$Q = \frac{q \times n \times t}{24}$$

Donde:

- Q = Calor liberado por las personas, en W.
- q = Calor por persona, en W.
- n = Número de personas que entran al día.
- t = Tiempo de permanencia de cada una, en horas/día.

El tiempo de permanencia variará según el trabajo que deban efectuar las personas en el interior de la cámara. Generalmente se evalúa entre 0.5 h/día y 5 h/día, pero conviene una información precisa sobre ese extremo, que se obtendrá de la consideración de su utilización en cada caso.

La potencia calorífica aportada por cada persona depende de la temperatura de la cámara, entre otros factores, y puede aproximarse mediante la Tabla 16.

TEMPERATURA CÁMARA (°C)	POTENCIA LIBERADA POR PERSONA (W)
10	210
5	240
0	270
-5	300
-10	330
-15	360
-20	390
-25	420

Tabla 16. Relación potencia calorífica con temperatura de la cámara. (Elaboración propia).

En nuestro caso:

CONCEPTO	Nº PERSONAS	PERMANENCIA (horas/día)	T _{rég} (°C)	Calor por persona (W)	Q (W)
Trabajos de mantenimiento, carga y descarga	2	8	5	240	160

Tabla 17. Calor liberado por las personas. (Elaboración propia).

6.3.2.5. Calor liberado por los ventiladores

Este cálculo pretende obtener el equivalente calorífico del trabajo realizado por los motores instalados en el evaporador (ventiladores, bombas de circulación de líquidos) y otros que eventualmente pudieran utilizarse.

Para determinar el calor desprendido por estos motores, es preciso conocer su potencia, considerando que por cada hora de funcionamiento el calor desprendido por estos será de 630 kcal/CV ó 860 kcal/kW.

Debido a que la potencia de los motores y el tiempo de funcionamiento no son conocidos a priori, tampoco podemos conocer el valor exacto del calor que generan. Por lo tanto, dicho calor sólo podrá conocerse con exactitud una vez realizado el balance térmico y elegidos los equipos adecuados, por lo que en la práctica se opta por realizar una estimación del calor desprendido en función del volumen de la cámara.

Los valores prácticos del calor desprendido por los ventiladores están comprendidos en el caso de cámaras entre 10 y 50 kcal/m³•día. Estos valores pueden ser muy superiores en el caso de túneles de congelación.

La expresión que utilizamos para el cálculo del calor desprendido por los ventiladores de los evaporadores es:

$$Q = \frac{V \times C_d}{20.736}$$

Donde:

- Q = Calor desprendido por los ventiladores, en W.
- V = Volumen interior de la cámara, en m³.
- C_d = Calor por unidad de volumen, en kcal/ (día×m³).

Una vez elegidos los equipos, podrá efectuarse la comprobación sobre la estimación realizada y calcular de nuevo, si se desea, el valor del calor.

En nuestro caso:

- V = 4 303.28 m³.
- C_d = 50,00 kcal/ (día×m³)

Por lo que el calor liberado por las renovaciones de aire asciende a 10.376,35 W.

6.3.3. Necesidades totales

Las necesidades totales de la cámara resultarán de la suma de los factores estudiados en los apartados anteriores. Es conveniente incrementar la cantidad resultante en un determinado tanto por ciento como margen de seguridad.

Una vez conocida la carga frigorífica de la cámara, para calcular la potencia frigorífica de la maquinaria necesaria, se han de tener en cuenta las horas de funcionamiento previstas al día.

De este modo, la potencia frigorífica del equipo o equipos, suponiendo que están en funcionamiento un total de t horas al día, debe ser:

$$NR = Q_{total} \times \frac{24}{t} (W)$$

En nuestro caso:

CONCEPTO	Q (W)
Calor de refrigeración antes de la congelación	11.940,50
Calor de congelación	0,00
Calor de refrigeración después de la congelación	0,00
Calor de respiración	3.268,24
Transmisión a través de paredes y techos	64.510,00
Calor liberado por las renovaciones de aire	0,00
Calor liberado por la iluminación interior	966,67
Calor liberado por las personas	160,00
Calor liberado por los ventiladores	10.376,35
TOTAL	91.221,72

Tabla 18. Necesidades frigoríficas de la cámara. (Elaboración propia).

Es conveniente aumentar esta cantidad en un 10% como margen de seguridad.

Así pues:

$$Q = 91221.72 \times 1,10 = 100\ 343.89\ \text{W}.$$

Suponiendo un funcionamiento diario de 18,00 h, la potencia frigorífica nominal necesaria sería de:

$$Q = 100\ 343.89 \times \frac{24.00 \frac{\text{h}}{\text{día}}}{18.00\ \text{h}} = 75\ 257.92\ \text{W}$$

6.4. Climatización

6.4.1. Método de cálculo de cargas térmicas

Se sigue el método desarrollado por ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc.) que basa la conversión de ganancias instantáneas de calor a cargas de refrigeración en las llamadas funciones de transferencia.

6.4.2. Ganancias térmicas instantáneas

El primer paso consiste en el cálculo para cada mes y cada hora de la ganancia de calor instantánea debida a cada uno de los siguientes elementos:

6.4.2.1. Ganancia solar cristal

Insolación a través de acristalamientos al exterior.

$$Q_{GAN,t} = CS \times A \times SHGF \times n$$

Siendo:

$$SHGF = GSd + Ins \times GSt$$

Que depende del mes, de la hora solar y de la latitud.

Donde:

- $Q_{GAN,t}$ = Ganancia instantánea de calor sensible (vatios).
- A = Área de la superficie acristalada (m^2).
- CS = Coeficiente de sombreado.
- n = N° de unidades de ventanas del mismo tipo.
- $SHGF$ = Ganancia solar para el cristal tipo (DSA).

- GSt = Ganancia solar por radiación directa (vatios/m²).
- GSD = Ganancia solar por radiación difusa (vatios/m²).
- Ins = Porcentaje de sombra sobre la superficie acristalada.

6.4.2.2. Transmisión paredes y techos

Cerramientos opacos al exterior, excepto los que no reciben los rayos solares. La ganancia instantánea para cada hora se calcula usando la siguiente función de transferencia (ASHRAE):

$$Q_{GAN,t} = A \times \left[\sum_{n=0} b_n \times (t_{sa,t-n\Delta}) - \sum_{n=1} d_n \times \frac{(Q_{GAN,t-n\Delta})}{A} - t_{ai} \times \sum_{n=0} c_n \right]$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$ = Ganancia de calor sensible en el ambiente a través de la superficie interior del techo o pared (W).
- A = Área de la superficie interior (m²)
- $t_{sa,t-n\Delta}$ = Temperatura sol aire en el instante t-nΔ.
- Δ = Incremento de tiempos igual a 1 hora.
- T_{ai} = Temperatura del espacio interior supuesta constante.
- b_n, c_n, d_n = Coeficientes de la función de transferencia según el tipo de cerramiento.

La temperatura sol-aire sirve para corregir el efecto de los rayos solares sobre la superficie exterior del cerramiento:

$$t_{sa} = t_{ec} + \alpha \times \frac{I_t}{h_o} - \varepsilon \times \frac{\Delta R}{h_o} \times \cos(90^\circ - \beta)$$

Donde:

- Tsa = Temperatura sol-aire para un mes y una hora dadas (°C).
- Tec = Temperatura seca exterior corregida según mes y hora (°C).
- I_t = Radiación solar incidente en la superficie (w/m²).
- h_o = Coeficiente de termotransferencia de la superficie (w/m² °C).
- α = Absorbencia de la superficie a la radiación solar (depende del color).
- β = Ángulo de inclinación del cerramiento respecto de la vertical (horizontales 90°).
- ε = Emitancia hemisférica de la superficie.
- ΔR = Diferencia de radiación superficie/cuerpo negro (w/m²).

6.4.2.3. Transmisión excepto paredes y techos

❖ Cerramientos al interior

Ganancias instantáneas por transmisión en cerramientos opacos interiores y que no están expuestos a los rayos solares.

$$Q_{GAN,t} = K \times A \times (t_l - t_{ai})$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$ = Ganancia de calor sensible en el instante t (W).
- K = Coeficiente de transmisión del cerramiento ($W/m^2 \cdot ^\circ C$).
- A = Área de la superficie interior (m^2).
- t_l = Temperatura del local contiguo ($^\circ C$).
- t_{ai} = Temperatura del espacio interior supuesta constante ($^\circ C$).

❖ Acristalamientos al exterior

Ganancias instantáneas por transmisión en superficies acristaladas al exterior:

$$Q_{GAN,t} = K \times A \times (t_{ec} - t_{ai})$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$ = Ganancia de calor sensible en el instante t (W).
- K = Coeficiente de transmisión del cerramiento ($W/m^2 \cdot ^\circ C$).
- A = Área de la superficie interior (m^2).
- t_{ec} = Temperatura exterior corregida ($^\circ C$).
- t_{ai} = Temperatura del espacio interior supuesta constante ($^\circ C$).

❖ Puertas al exterior

Un caso especial son las puertas al exterior, en las que hay que distinguir según su orientación:

$$Q_{GAN,t} = K \times A \times (t_l - t_{ai})$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$ = Ganancia de calor sensible en el instante t (W).
- K = Coeficiente de transmisión del cerramiento ($W/m^2 \cdot ^\circ C$).
- A = Área de la superficie interior (m^2).
- t_{ai} = Temperatura del espacio interior supuesta constante ($^\circ C$).

- $t_l =$
 Para orientación Norte: Temperatura exterior corregida (°C)
 Excepto orientación Norte: Temperatura sol-aire para el instante t (°C).

6.4.2.4. Calor interno

❖ Ocupación (personas)

Calor generado por las personas que se encuentran dentro de cada local. Este calor es función principalmente del número de personas y del tipo de actividad que están desarrollando.

$$Q_{GAN,t} = Q_s \times n \times 0.01 \times Fd_t$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$ = Ganancia de calor sensible en el instante t (W).
- Q_s = Ganancia sensible por persona (W). Depende del tipo de actividad.
- n = Número de ocupantes
- Fd_t = Porcentaje de ocupación para el instante t (%).

Se considera que 67% del calor sensible se disipa por radiación y el resto por convección.

$$Q_{GANl,t} = Q_t \times n \times 0.01 \times Fd_t$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$ = Ganancia de calor sensible en el instante t (W).
- Q_t = Ganancia latente por persona (W). Depende del tipo de actividad.
- n = Número de ocupantes.
- Fd_t = Porcentaje de ocupación para el instante t (%).

❖ Alumbrado

Calor generado por los aparatos de alumbrado que se encuentran dentro de cada local. Este calor es función principalmente del número y tipo de aparatos.

$$Q_{GAN,t} = Q_s \times n \times 0.01 \times Fd_t$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$ = Ganancia de calor sensible en el instante t (W).
- Q_s = Calor por luminaria (W). Para fluorescente se multiplica por 1,25.
- n = Número de luminarias.
- Fd_t = Porcentaje de funcionamiento para el instante t (%).

❖ Aparatos eléctricos

Calor generado por los aparatos exclusivamente eléctricos que se encuentran dentro de cada local. Este calor es función principalmente del número y tipo de aparatos.

$$Q_{GAN,t} = Q_s \times n \times 0.01 \times Fd_t$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$ = Ganancia de calor sensible en el instante t (W).
- Q_s = Ganancia sensible por aparato (W). Depende del tipo.
- n = Número de aparatos.
- Fd_t = Porcentaje de funcionamiento para el instante t (%).

Se considera que el 60% del calor sensible se disipa por radiación y el resto por convección.

❖ Aparatos térmicos

Calor generado por los aparatos térmicos que se encuentran dentro de cada local. Este calor es función principalmente del número y tipo de aparatos.

$$Q_{GAN,t} = Q_s \times n \times 0.01 \times Fd_t$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$ = Ganancia de calor sensible en el instante t (W).
- Q_s = Ganancia sensible por aparato (W). Depende del tipo.
- n = Número de aparatos.
- Fd_t = Porcentaje de funcionamiento para el instante t (%).

Se considera que el 60% del calor sensible se disipa por radiación y el resto por convección.

$$Q_{GAN,t} = Q_l \times n \times 0.01 \times Fd_t$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$ = Ganancia de calor sensible en el instante t (W).
- Q_l = Ganancia latente por aparato (W). Depende del tipo.
- n = Número de aparatos.
- Fd_t = Porcentaje de funcionamiento para el instante t (%).

6.4.2.5. Aire exterior

Ganancias instantáneas de calor debido al aire exterior de ventilación. Estas ganancias pasan directamente a ser cargas de refrigeración.

$$Q_{GAN,t} = 0.34 \times f_a \times V_{aes} \times 0.01 \times Fd_t \times (t_{ec} - t_{ai})$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$ = Ganancia de calor sensible en el instante t (W).
- f_a = Coeficiente corrector por altitud geográfica.
- V_{aes} = Caudal de aire exterior (m³/h).
- t_{ec} = Temperatura seca exterior corregida (°C).
- t_{ai} = Temperatura del espacio interior supuesta constante (°C).
- Fd_t = Porcentaje de funcionamiento para el instante t (%).

Se considera que el 100% del calor sensible aparece por convección.

$$Q_{GAN,t} = 0.83 \times f_a \times V_{aes} \times 0.01 \times Fd_t \times (X_{ec} - X_{ai})$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$ = Ganancia de calor sensible en el instante t (W).
- f_a = Coeficiente corrector por altitud geográfica.
- V_{aes} = Caudal de aire exterior (m³/h).
- X_{ec} = Humedad específica exterior corregida (gr agua/kg aire).
- X_{ai} = Humedad específica del espacio interior (gr agua/kg aire)
- Fd_t = Porcentaje de funcionamiento para el instante t (%).

6.4.3. Cargas de refrigeración

La carga de refrigeración depende de la magnitud y naturaleza de la ganancia térmica instantánea así como del tipo de construcción del local, de su contenido, tipo de iluminación y de su nivel de circulación de aire.

Las ganancias instantáneas de calor latente así como las partes correspondientes de calor sensible que aparecen por convección pasan directamente a ser cargas de refrigeración. Las ganancias debidas a la radiación y transmisión se transforman en cargas de refrigeración por medio de la función de transferencia siguiente:

$$Q_{REF,t} = v_0 \times Q_{GAN,t} + v_1 \times Q_{GAN,t-\Delta} + v_2 \times Q_{GAN,t-\Delta_2} - w_1 \times Q_{REF,t-\Delta}$$

Donde:

- $Q_{REF,t}$ = Carga de refrigeración para el instante t (W).
- $Q_{GAN,t}$ = Ganancia de calor en el instante t (W).
- Δ = Incremento de tiempos igual a 1 hora.
- v_0, v_1 y v_2 = Coeficientes en función de la ganancia térmica instantánea.
- w_1 = Coeficiente en función del nivel de circulación del aire en el local.

6.4.4. Detalle del cálculo térmico

6.4.4.1. Evolución anual de temperatura exterior seca máxima (°C)

Hora	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1	13.0	13.4	14.6	16.9	19.5	21.1	21.7	21.7	20.4	18.0	14.1	13.2
2	12.2	12.6	13.9	16.1	18.8	20.3	20.9	20.9	19.7	17.2	13.4	12.4
3	11.5	11.9	13.1	15.4	18.1	19.6	20.2	20.2	19.0	16.5	12.6	11.7
4	10.8	11.2	12.4	14.7	17.3	18.9	19.5	19.5	18.2	15.8	11.9	11.0
5	10.0	10.4	11.7	13.9	16.6	18.1	18.7	18.7	17.5	15.0	11.2	10.2
6	9.3	9.7	10.9	13.2	15.8	17.4	18.0	18.0	16.7	14.3	10.4	9.5
7	12.2	12.6	13.8	16.1	18.8	20.3	20.9	20.9	19.7	17.2	13.3	12.4
8	15.1	15.5	16.8	19.0	21.7	23.2	23.8	23.8	22.6	20.1	16.3	15.3
9	16.8	17.2	18.4	20.7	23.3	24.9	25.5	25.5	24.2	21.8	17.9	17.0
10	18.4	18.8	20.1	22.3	25.0	26.5	27.1	27.1	25.9	23.4	19.6	18.6
11	19.9	20.3	21.6	23.8	26.5	28.0	28.6	28.6	27.4	24.9	21.1	20.1
12	21.4	21.8	23.1	25.4	28.0	29.6	30.2	30.2	28.9	26.5	22.6	21.6
13	22.7	23.1	24.3	26.6	29.2	30.8	31.4	31.4	30.1	27.7	23.8	22.9
14	23.9	24.3	25.5	27.8	30.4	32.0	32.6	32.6	31.3	28.9	25.0	24.1
15	24.5	24.9	26.1	28.4	31.0	32.6	33.2	33.2	31.9	29.5	25.6	24.7
16	23.9	24.3	25.5	27.8	30.4	32.0	32.6	32.6	31.3	28.9	25.0	24.1
17	23.2	23.6	24.9	27.1	29.8	31.3	31.9	31.9	30.7	28.2	24.4	23.4
18	22.5	22.9	24.2	26.5	29.1	30.7	31.3	31.3	30.0	27.6	23.7	22.7
19	21.0	21.4	22.7	25.0	27.6	29.2	29.8	29.8	28.5	26.1	22.2	21.2
20	19.5	19.9	21.2	23.5	26.1	27.7	28.3	28.3	27.0	24.6	20.7	19.7
21	18.1	18.5	19.8	22.1	24.7	26.3	26.9	26.9	25.6	23.2	19.3	18.3
22	16.7	17.1	18.4	20.7	23.3	24.9	25.5	25.5	24.2	21.8	17.9	16.9
23	15.2	15.6	16.9	19.1	21.8	23.3	23.9	23.9	22.7	20.2	16.4	15.4
24	13.7	14.1	15.4	17.6	20.3	21.8	22.4	22.4	21.2	18.7	14.9	13.9

Tabla 19. Evolución anual de temperatura exterior seca máxima. (Elaboración propia).

6.4.4.2. Evolución anual de temperatura exterior húmeda máxima (°C)

Hora	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1	7.3	11.3	12.6	13.8	15.0	16.1	16.1	16.1	15.3	14.0	12.4	10.3
2	7.3	11.3	12.6	13.8	15.0	16.1	16.1	16.1	15.3	14.0	12.4	10.3
3	7.3	11.0	12.2	13.8	15.0	16.1	16.1	16.1	15.3	14.0	11.7	10.3
4	7.3	10.3	11.5	13.7	15.0	16.1	16.1	16.1	15.3	14.0	11.0	10.1
5	7.3	9.6	10.8	13.0	15.0	16.1	16.1	16.1	15.3	14.0	10.3	9.4
6	7.3	8.9	10.1	12.3	14.8	16.1	16.1	16.1	15.3	13.3	9.6	8.7
7	7.6	11.6	12.9	14.1	15.3	16.4	16.4	16.4	15.6	14.3	12.4	10.6
8	7.9	11.9	13.2	14.4	15.6	16.7	16.7	16.7	15.9	14.6	13.0	10.9
9	8.3	12.2	13.6	14.7	15.9	17.0	17.0	17.0	16.3	15.0	13.4	11.2
10	8.7	12.6	14.0	15.1	16.3	17.4	17.4	17.4	16.6	15.3	13.8	11.6
11	9.2	13.1	14.5	15.6	16.9	18.0	18.0	18.0	17.2	15.9	14.3	12.2
12	9.8	13.7	15.1	16.2	17.4	18.5	18.5	18.5	17.7	16.4	14.9	12.7
13	10.1	14.0	15.4	16.5	17.7	18.8	18.8	18.8	18.0	16.7	15.2	13.0
14	10.4	14.3	15.7	16.8	18.0	19.1	19.1	19.1	18.3	17.0	15.5	13.3
15	10.4	14.3	15.7	16.8	18.0	19.1	19.1	19.1	18.3	17.0	15.5	13.3
16	10.4	14.3	15.7	16.8	18.0	19.1	19.1	19.1	18.3	17.0	15.5	13.3
17	10.1	14.0	15.4	16.5	17.7	18.8	18.8	18.8	18.0	16.7	15.2	13.0
18	9.8	13.7	15.1	16.2	17.4	18.5	18.5	18.5	17.7	16.4	14.9	12.7
19	9.4	13.3	14.7	15.8	17.0	18.1	18.1	18.1	17.4	16.1	14.5	12.3
20	9.0	13.0	14.3	15.5	16.7	17.8	17.8	17.8	17.0	15.7	14.1	12.0
21	8.7	12.7	14.0	15.2	16.4	17.5	17.5	17.5	16.7	15.4	13.8	11.7
22	8.4	12.4	13.7	14.9	16.1	17.2	17.2	17.2	16.4	15.1	13.5	11.4
23	7.9	11.8	13.2	14.3	15.5	16.6	16.6	16.6	15.9	14.5	13.0	10.8
24	7.3	11.3	12.6	13.8	15.0	16.1	16.1	16.1	15.3	14.0	12.4	10.3

Tabla 20. Evolución anual de temperatura exterior húmeda máxima. ().

6.4.5. Hoja de cargas para refrigeración del sistema

6.4.5.1. Condiciones de diseño

Estimado para las 15 horas solar del mes de Julio.

T.seca exterior (°C)	T.húmeda (°C)	H.relativa (%)	H.esp (g/kg)
33,2	19,1	25,3	8

Tabla 21. Condiciones de diseño I. (Elaboración propia).

6.4.5.2. Ganancias de calor

Ts (°C)	Th (°C)	Area (m²)	Vol. (m³)	Gsc (W)	Tae (W)	Tol (W)	Cis (W)	Aes (W)	Cil (W)	Ael (W)	RSHF	C.refr. (W)
2.0	1.0	623.66	4303.28	0	269.74	6848	7115	13117	258	4081	0.99	11457.12

Tabla 22. Ganancias de calor. (Elaboración propia).

Donde:

- Ts: Temperatura seca interior (°C).
- Th: Temperatura húmeda interior (°C).
- Vol.: Volumen de la zona.
- Gsc: Ganancia solar cristal.
- Tae: Transmisión ambiente exterior.
- Tol: Transmisión otros locales.
- Cis: Calor interno sensible.
- Aes: Aire exterior sensible.
- Cil: Calor interno latente.
- Ael: Aire exterior latente.
- RSHF: Factor de calor sensible de la zona.
- C.Refr.: Cargas de refrigeración.
- Factor de seguridad: 5 %.
- Caudal total de aire exterior: 1 434.43 m³/h.
- Carga de refrigeración por unidad de superficie: 18.37 W/m².

6.4.5.3. Condiciones de diseño:

TEMPERATURA EXTERIOR (°C)	DÍAS GRADO ACUMULADOS	ORIENTACIÓN DEL VIENTO DOMINANTE	VELOCIDAD DEL VIENTO DOMINANTE (m/s)
5,6	1920	0	0

Tabla 23. Condiciones de diseño II. (Elaboración propia).

6.4.5.4. Pérdidas de calor

ZONAS	Tsi (°C)	Area (m ²)	Vol. (m ³)	Tae (W)	Tol (W)	Ipv (W)	Vae (W)	C.calef. (W)
Almacén	2	623,66	4.303,28	58,06	4.707,39	0	11.061,15	15,826,6

Tabla 24. Pérdidas de calor. (Elaboración propia).

Donde:

- Tsi: Temperatura seca interior (°C).
- Vol.: Volumen de la zona.
- Tae: Transmisión ambiente exterior.
- Tol: Transmisión otros locales.
- Ipv: Infiltraciones puertas y ventanas.
- Vae: Ventilación aire exterior.
- C.calef.: Cargas de calefacción.
- Factor de seguridad: 5,0%
- Caudal total de aire exterior: 1.434,43 m³/h
- Carga de calefacción por unidad de superficie: 25,38 W/m².

Abreviaturas y unidades:

- Ud: Número de elementos del mismo tipo.
- SC: Coeficiente de sombreado (adimensional).
- Caudal: Aire exterior (m^3/h).
- K: Coeficiente de transmisión ($W/m^2 \times ^\circ C$).
- Sup.: Superficie de cerramientos (m^2).
- Tsa: Temperatura Sol-Aire ($^\circ C$).
- Presión: Presión del viento (Pa).
- Tec: Temperatura exterior corregida ($^\circ C$).
- Supl.: Suplemento por orientación.
- Tac: Temperatura ambiente contiguo ($^\circ C$).
- G.Inst.: Ganancias instantáneas (W).
- Xec: Humedad específica exterior (g/kg).
- Carga.Refr.: Cargas de refrigeración (W).
- Carga.Calef.: Cargas de calefacción (W).

PROYECTO		HOJA DE CARGAS PARA REFRIGERACIÓN					
FECHA							
Cámara de secado y maduración							
20-06-2015							
ZONA	Almacén	FECHA CALCULO		16 Hora solar Julio			
DESTINADO A	Almacén secado y maduración	CONDICION	Ts (°C)	Th(°C)	Hr (%)	Xe (g/kg)	
		Exteriores	32,6	19,1	26,9	8,25	
DIMENSIONES 623,66 m ² X 6,90 m		Interiores	4	1	83,8	3,65	
VOLUMEN 4.303,28 m ³		Diferencias	28,6	18,1	-56,9	4,6	
TRANSMISIÓN OTROS LOCALES	CON MATERIAL		K	Tac	G.Inst.(W)	Carga ref.(W)	
Pared 1 de 235.15 m ²	CPD 003	235,15	0,31	18.6	1020.55	976.81	
Pared 1 de 126.27 m ²	CPD 003	126,27	0,31	18.6	548.01	524.53	
Pared 2 de 235.15 m ²	CPD 003	235,15	0,7	18.6	2304.47	2205.71	
Pared 2 de 126.27 m ²	CPD 003	126,27	0,31	18.6	548.01	524.53	
Solera de 623.66 m ²	ENTP_S	623,66	2,5	4.0	0	0	
Techo de 623.66 m ²	CPD 003	623,66	0,31	18.6	2706.68	2590.68	
Puerta de 7.50 m ²	PIMP20	7,5	0,26	18.6	27.3	26.13	
						6848.37	
TRANSMISIÓN AMBIENTE EXTERIOR	MATERIAL		K	Tsa	G.Inst.(W)	Carga ref.(W)	
Puerta de 2.10 m ²	PUERTA	2,1	2,88	55.7	139.71	269.74	
CALOR SENSIBLE INTERNO	POTENCIA	Ud.	% USO	G.Inst.(W)	Carga ref.(W)		
2 Ocupantes 98 2 100 196 166	98	2	100	196	166		
10 w/m ² Alumbrado AL-i/1w	10	714	100	7140	6610		
						7115	
CALOR SENSIBLE AIRE VENTILACIÓN	CAUDAL	Tec	% USO	G.Inst.(W)	Carga ref.(W)		
1434.43 m ³ /h Ventilación	1434.43	32.6	100	13116.99	13116.99		
TOTAL CALOR SENSIBLE: 7 118.11							
CALOR LATENTE INTERNO	POTENCIA	Ud.	% USO	G.Inst.(W)	Carga ref.(W)		
2 Ocupantes	129	2	100	258	258		
CALOR LATENTE AIRE VENTILACIÓN	CAUDAL	Xec	% USO	G.Inst.(W)	Carga Ref.(W)		
1434.43 m ³ /h Ventilación	1434.43	8.00	100		4081.01		
TOTAL CALOR LATENTE: 4 339.01							
CARGA TOTAL REFRIGERACIÓN: 11.457,12 W							
Factor de calor sensible de la zona (RSHF): 0,983				Carga de refrigeración por unidad de superficie: 18.37 W/m ²			
Factor de seguridad (aplicado a resultados parciales y total): 5 %							

PROYECTO	Cámara de secado y maduración	HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN				
FECHA	20/06/2015					
ZONA	Almacén	CONDICIONES DE CÁLCULO PARA INVIERNO				
DESTINADO A	Almacenes para secado y maduración	Ts	Exterior	Interior	Diferencia	
		(°C)	-5,6	4	9,6	
DIMENSIONES 623,66 m× 6,9 m						
TRANSMISIÓN CON OTROS LOCALES	CÓDIGO MATERIAL		K	Tac	Carga Calef. (W)	
Pared 1 de 235.15 m ²	CPD 003	235,15	0,306	4	0	
Pared 1 de 126.27 m ²	CPD 003	126,27	0,306	4	0	
Pared 2 de 235.15 m ²	CPD 003	235,15	0,7	4	0	
Pared 2 de 126.27 m ²	CPD 003	126,27	0,306	4	0	
Solera de 623.66 m ²	ENTP_S	623,66	2,5	1,7	3586,05	
Techo de 623.66 m ²	CPD 003	623,66	0,31	-1,8	1121,34	
Puerta de 7.50 m ²	PIMP20	7,5	0,255	4	0	
4707,39						
TRANSMISIÓN EXTERIOR	AMBIENTE	CÓDIGO MATERIAL		K	Tac	Carga Calef. (W)
Puerta de 2.10 m ²		PUERTA	2,1	2,88	-5,6	58,06
58,06						
VENTILACIÓN AIRE EXTERIOR			Caudal	Tac	Carga Calef. (W)	
1434.43 m ³ /h Ventilación			1434.43	-5,6	3413.94	
Ventilación mínima para 1 renovación/hora			2868.85	-5,6	6827.87	
11061,15						
SUPLEMENTOS						
Por intermitencia (continuo con reducción nocturna)					8%	
Otros suplementos					0%	
Coefficiente total de mayoración					1,08	
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN: 15,826,60 W						
Carga de calefacción por unidad de superficie: 25,38 W/m ²						

6.4.6. Batería de frío

La climatización completa de un local consiste en controlar las características del aire interior para adecuarlo a las condiciones de confort requeridas por sus ocupantes, además de mantener el nivel adecuado de ventilación y calidad del aire.

Es decir, debemos controlar:

- 1.- La temperatura del aire.
- 2.- La humedad relativa.
- 3.- El aporte de aire exterior nuevo.
- 4.- La limpieza o filtrado del aire.

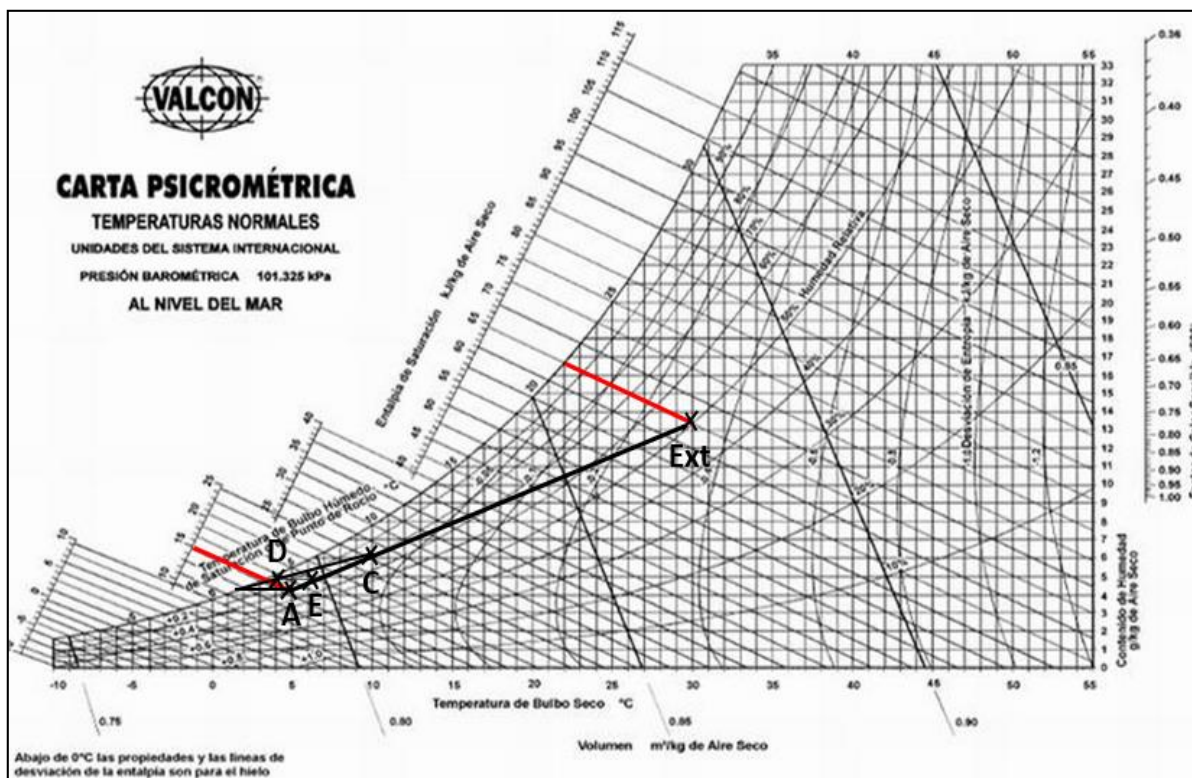


Imagen 33. Diagrama psicrométrico. Puntos de funcionamiento de la batería de frío. (Elaboración propia).

La entalpía del aire exterior a 30°C y 50% de humedad relativa será de 65 kJ/kg de aire seco, sacado del psicrométrico anterior.

La entalpía del aire interior a 5°C y 80% de humedad relativa será de 15 kJ/kg de aire seco, sacado del psicrométrico anterior.

Explicación del proceso:

- Punto a: es el aire que retorna del local, con las condiciones fijadas en el mismo: temperatura 5° C, Humedad 80%. Contenido de agua 4.3 gr/kg.

- Punto b: el aire de retorno se mezcla con el aire exterior en una proporción de 5 a 1, resultando una mezcla en las condiciones del punto c.
- Punto d: el aire sale de la batería con la temperatura de la batería, 2.55° C y humedad 100%, pero realmente todo el aire no ha tocado la batería, por factor de by-pass de 0,2. Esto se asimila como si el 80% del aire de salida lo mezclamos con un 20% de aire inicial. Es decir, mezclar 8 partes del aire condiciones de la batería, con 2 partes condiciones c. El resultado es el punto d, o salida de aire de la batería.
- Punto e: tras el paso por el ventilador y roce con los conductos el aire aumenta un par de grados su temperatura. Sale con 6° C y 80% Hr. W = 4.8 gr/kg.

6.4.6.1. Selección de la UTA

Las fases para seleccionar una UTA son las siguientes:

- 1.- Demanda térmica del local, con el porcentaje de calor sensible y latente: Se conocen mediante el cálculo de la carga térmica del local. Se debe aplicar un coeficiente de seguridad en la selección del equipo de un 5 al 10% por encima, ya que el rendimiento del equipo puede bajar por las condiciones del mantenimiento (suciedad filtros, envejecimiento, etc.).
- 2.- Caudal de ventilación del local, dependiendo de su ocupación. El caudal de ventilación dependerá de la ocupación del local, y por lo tanto es preferible que pueda ajustarse automáticamente, o mediante un temporizador.
- 3.- Valores de temperatura y humedades interiores y exteriores. Dependerán del uso del local y su situación.
- 4.- Niveles de confort a alcanzar: temperatura, humedad relativa, limpieza del aire. Dependerán del nivel de calidad requerido en la instalación. Si se precisa controlar la humedad relativa con precisión, se incluirá un módulo de inyección de agua, y baterías de post-calentamiento. Si se precisa una gran pureza del aire impulsado, se incluirán módulos de filtros de bolsas o filtros electrostáticos.
- 5.- Necesidad de recuperación del calor de extracción. En grandes instalaciones es obligatorio recuperar las calorías del aire extraído, y cederlas al aire de ventilación introducido (en caudales de ventilación mayores de 4 m³/s). Aunque los recuperadores son equipos caros, cada día se van introduciendo más en las instalaciones comerciales.
- 6.- Posibilidad de enfriamiento gratuito por funcionar en horario nocturno. Debe preverse siempre en instalaciones con funcionamiento durante la tarde o noche.
- 7.- Temperaturas de los circuitos de agua fría y caliente. En general, pueden variar dependiendo de si la fuente de calor es una caldera o una bomba de calor.

8.- Espacio disponible. Las climatizadoras son equipos muy voluminosos, y debe estudiarse cuidadosamente su ubicación, y el modo de trasportarlas y situarlas.

En los catálogos comerciales existen posibilidades muy variadas para encontrar la climatizadora adecuada a cada necesidad, pero deberemos tener en cuenta que el plazo de entrega suele ser de 2 meses como mínimo, ya que se trata de equipos fabricados o ensamblados bajo demanda.

Algunos fabricantes proporcionan programas informáticos para seleccionar adecuadamente sus equipos.

6.4.6.2. Cálculo de caudal necesario

Para tener un primer orden de magnitud del caudal de aire del climatizador hay que considerar el número de renovaciones*hora que indique el RITE (según uso del local) y el volumen del mismo (local):

$$\text{Caudal} = n^{\circ} \text{ renovaciones} \times \text{volumen local}$$

En nuestro caso: local de 34.08 m X 18.30 m X 6.90 m con 1 renovación/hora necesarias, el cálculo a realizar sería el siguiente:

$$\text{Caudal} = 4303.28 \text{ m}^3/\text{h}$$

6.4.6.3. Cálculo para la selección de una UTA

En primer lugar hay que clasificar los parámetros conocidos y lo que es necesario calcular. El objetivo es elegir juiciosamente la máquina climatizadora, para lo cual debemos conocer el caudal de aire, la temperatura de entrada, la temperatura de salida, la potencia frigorífica y la temperatura de rocío de la máquina. Estas variables están indicadas en la Tabla 25 y Tabla 26.

CÁMARA: Parámetros conocidos
T ₁ :temperatura exterior = 30 °C
Φ ₁ :humedad relativa exterior = 50 %
T ₂ :temperatura interior = 5 °C
Φ ₁ :humedad relativa interior = 30 %
VV: caudal de ventilación = 2468.86 m ³ /h
QSE: carga sensible efectiva total = 7118.11
QLE: carga latente efectiva total =4339.01
F:factor de by-pass de la batería = 0,20

Tabla 25. Batería de frío. Parámetros conocidos de la cámara. (Elaboración propia).

Parámetros a determinar
V:caudal de aire de suministro = 8804.09 m ³ /h
T ₄ :temperatura de rocío de la UTA = 1.5
T ₅ :temperatura del aire de suministro = 2.55
T ₃ :temperatura del aire a la entrada de la UTA = 9.07
NR: potencia frigorífica de la UAA = 29053.5 W

Tabla 26. Batería de frío. Parámetros a determinar de la cámara. (Elaboración propia).

6.4.6.4. Temperatura de rocío de la UTA.

Para el cálculo, a esta temperatura la vamos a nombrar como t₄. Una vez calculadas la carga sensible efectiva y la carga latente efectiva, se obtiene el factor de calor sensible efectivo;

$$FCSE = \frac{Q_{SE}}{Q_{SE} + Q_{LE}} = \frac{7118.11}{7118.11 + 4339.01} = 0.62$$

Este valor se señala en la escala del factor de calor sensible, situada a la derecha del diagrama psicrométrico y se traza una recta uniendo el valor señalado en la escala con el foco (5°C y 80%).

A continuación se traza una paralela que pase por el punto 2 (condiciones del local) hasta cortar la curva de saturación, el punto de corte es el punto 4. Esta recta que hemos trazado de 2 a 4, paralela a la otra recta, es la recta de trazos 2-4, llamada recta térmica efectiva del local. La vertical que baja desde el punto 4 nos da la temperatura de rocío t₄ de la UAA.

Todos estos pasos y los posteriores, se representan en el diagrama psicrométrico de la Imagen 34.

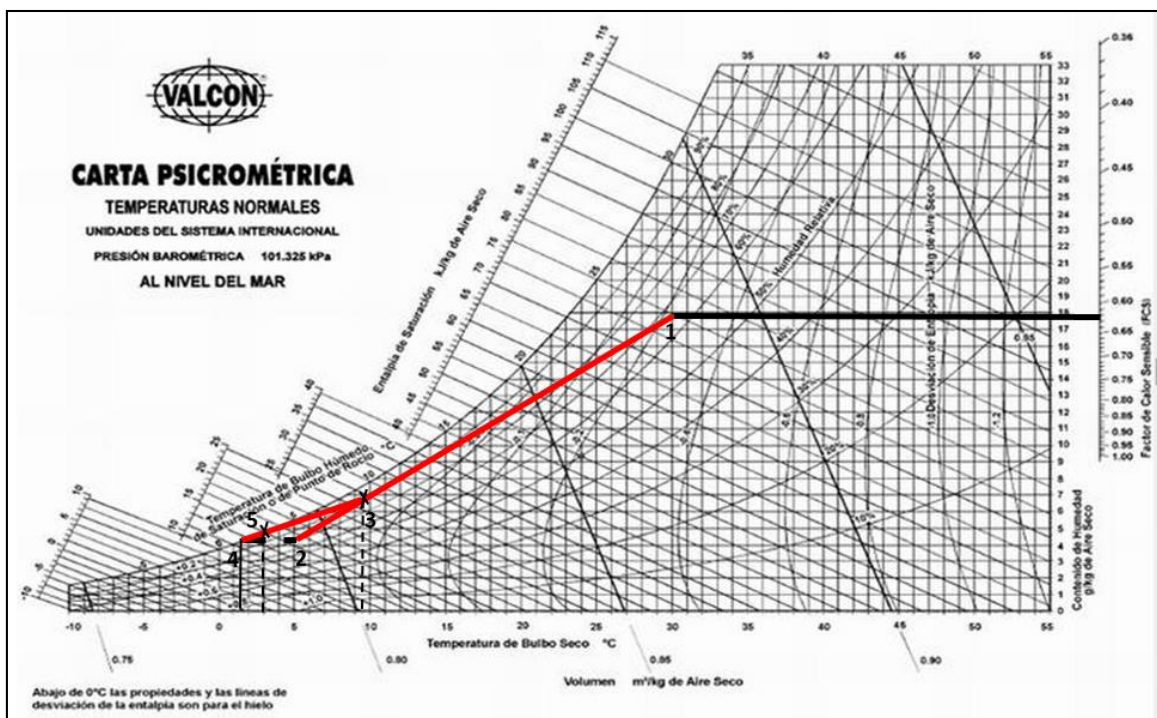


Imagen 34. Diagrama psicrométrico. Baería de frío. Determinación de la temperatura de rocío. (Elaboración propia).

Por lo tanto, siguiendo estos pasos tenemos que la temperatura de rocío de la UTA es 1.5 °C.

6.4.6.5. Caudal de aire.

Para obtener este dato aplicaremos la fórmula:

$$V = \frac{Q_{SE}}{0.33 * (1 - f) * (t_2 - t_4)} = \frac{7118.11}{0.33 * (1 - 0.30) * (5 - 1.5)} = 8804.09 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donde:

- V: el caudal de aire en m³/h.
- Q_{SE}: la carga sensible efectiva, en W.
- f: el factor de by-pass de la batería.
- t₂: la temperatura interior del local.
- t₄: la temperatura de rocío de la UAA.

6.4.6.6. Temperatura del aire a la entrada de la UTA.

$$t_3 = \frac{V_V}{V} * (t_1 - t_2) + t_2 = \frac{1434.43}{8804.09} * (30 - 5) + 5 = 9.07 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Donde:

- T₃: la temperatura a la entrada de la UTA.
- V_V: el caudal de aire exterior de ventilación, en m³/h.
- V: el caudal de aire de suministro, en m³/h.
- T₁: la temperatura exterior.
- T₂: temperatura interior del local.

6.4.6.7. Temperatura del aire a la salida de la UTA.

$$t_5 = f * (t_3 - t_4) + t_4 = 0.3 * (5 - 1.5) + 1.5 = 2.55 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Donde:

- f: el factor de by-pass de la batería.
- T₃: la temperatura de entrada.
- T₄: la temperatura de rocío de la UTA.

6.4.6.8. Potencia frigorífica de la UTA.

Es uno de los datos más importantes. Una vez calculadas las temperaturas t₃ y t₅, se sitúan en el diagrama los puntos 3 y 5. Para ello, primero se traza la recta 1-2 y se sitúa el punto 3; a continuación se traza la recta 3-4 y se sitúa el punto 5.

Se obtienen las entalpías h₃ y h₅ en kJ/kg y se aplica la ecuación:

$$N_R = 0.33 \times V \times (h_3 - h_5) = 0.33 \times 8804.09 \times (26 - 15) = 29053.5 \text{ } W$$

Donde:

- N_R: es la potencia frigorífica de la UTA, en W.
- V: es el caudal del aire, en m³/h.
- H₃ y h₅ son las entalpías de los estados 3 y 5, en kJ/kg.

Con todos los datos obtenidos ya se puede elegir una máquina climatizadora adecuada a nuestras necesidades. Los datos fundamentales son los siguientes:

- Temperatura de rocío de la UTA: 1.5 °C.
- Caudal de aire: 8804.09 m³/h.
- Temperatura a la entrada de la UTA: 9.07 °C.
- Temperatura a la salida de la UTA: 2.55 °C.
- Potencia frigorífica de la UTA: 29053.5 W.

6.4.7. Batería de calor

La climatización completa de un local consiste en controlar las características del aire interior para adecuarlo a las condiciones de confort requeridas por sus ocupantes, además de mantener el nivel adecuado de ventilación y calidad del aire.

Es decir, debemos controlar:

- La temperatura del aire.
- La humedad relativa.
- El aporte de aire exterior nuevo.
- La limpieza o filtrado del aire.

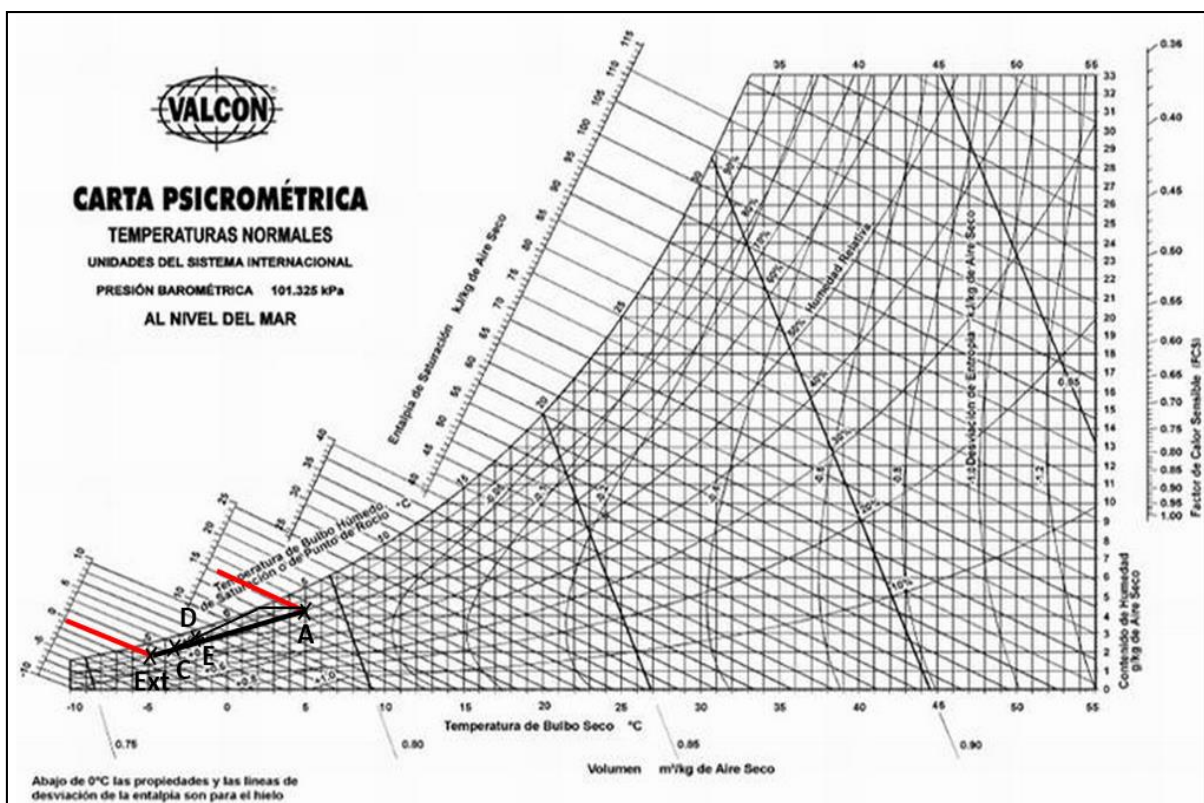


Imagen 35. Diagrama psicrométrico. Puntos de funcionamiento de la batería de calor. (Elaboración propia).

La entalpía del aire exterior a -5°C y 80% de humedad relativa será de 0.5 kJ/kg de aire seco, sacado del psicrométrico anterior.

La entalpía del aire interior a 5°C y 80% de humedad relativa será de 15 kJ/kg de aire seco, sacado del psicrométrico anterior.

Explicación del proceso:

- Punto a: es el aire que retorna del local, con las condiciones fijadas en el mismo: temperatura 5 ° C, Humedad 80%. Contenido de agua 4.3 gr/kg.
- Punto b: el aire de retorno se mezcla con el aire exterior en una proporción de 5 a 1, resultando una mezcla en las condiciones del punto c.
- Punto d: el aire sale de la batería con la temperatura de la batería, 2.85 ° C y humedad 100%, pero realmente todo el aire no ha tocado la batería,

por factor de by-pass de 0,2. Esto se asimila como si el 80% del aire de salida lo mezclamos con un 20% de aire inicial. Es decir, mezclar 8 partes del aire condiciones de la batería, con 2 partes condiciones c. El resultado es el punto d, o salida de aire de la batería.

- Punto e: tras el paso por el ventilador y roce con los conductos el aire aumenta un par de grados su temperatura. Sale con -0.23°C y $80\% \text{ Hr. W} = 2,5 \text{ gr/kg}$.

Tramo del punto e al punto a: el aire en el local aumenta su temperatura y su humedad, y se inicia el ciclo de nuevo.

6.4.7.1. Cálculo de caudal necesario

Para tener un primer orden de magnitud del caudal de aire del climatizador hay que considerar el número de renovaciones*hora que indique el RITE (según uso del local) y el volumen del mismo (local):

$$\text{Caudal} = n^{\circ} \text{ renovaciones} \times \text{volumen local}$$

En nuestro caso: Local de $34.08 \text{ m} \times 18.30 \text{ m} \times 6.90 \text{ m}$ con 1 renovación/hora necesarias, el cálculo a realizar sería el siguiente:

$$\text{Caudal} = 4303.28 \text{ m}^3/\text{h}$$

6.4.7.2. Cálculo para la selección de una UTA

En primer lugar hay que clasificar los parámetros conocidos y lo que es necesario calcular. Debemos conocer el caudal de aire, la temperatura de entrada, la temperatura de salida, la potencia frigorífica y la temperatura de rocío de la máquina. Estas variables están indicadas en la tabla siguiente:

CÁMARA: Parámetros conocidos
T_1 :temperatura exterior = -5.5°C
Φ_1 :humedad relativa exterior = 80%
T_2 :temperatura interior = 5°C
Φ_2 :humedad relativa interior = 50%
VV: caudal de ventilación = $2468.86 \text{ m}^3/\text{h}$
Qcal: carga calefacción = 15826.6 W
F:factor de by-pass de la batería = $0,20$

Tabla 27. Batería de calor. Parámetros conocidos de la cámara. (Elaboración propia).

Parámetros a determinar
V:caudal de aire de suministro = 15225.2 m ³ /h
T ₄ :temperatura de rocío de la UTA = 0.5 °C
T ₅ :temperatura del aire de suministro = 2.85 °C
T ₃ :temperatura del aire a la entrada de la UTA = -4.5 °C
NR: potencia frigorífica de la UTA = 51248 W

Tabla 28. Batería de calor. Parámetros a determinar de la cámara. (Elaboración propia).

6.4.7.3. Temperatura de rocío de la UTA

Para el cálculo, a esta temperatura la vamos a nombrar como t₄. Una vez calculadas la carga sensible efectiva y la carga latente efectiva, se obtiene el factor de calor sensible efectivo;

$$FCSE = \frac{Q_{CAL}}{Q_{CAL}} = \frac{15826.6}{15826.6} = 1$$

Este valor se señala en la escala del factor de calor sensible, situada a la derecha del diagrama psicrométrico y se traza una recta uniendo el valor señalado en la escala con el foco (5°C y 80%).

A continuación se traza una paralela que pase por el punto 2 (condiciones del local) hasta cortar la curva de saturación, el punto de corte es el punto 4. Esta recta que hemos trazado de 2 a 4, paralela a la otra recta, es la recta de trazos 2-4, llamada recta térmica efectiva del local. La vertical que baja desde el punto 4 nos da la temperatura de rocío t₄ de la UAA.

Todos estos pasos y los posteriores, se representan en el diagrama psicrométrico de la Imagen 36.

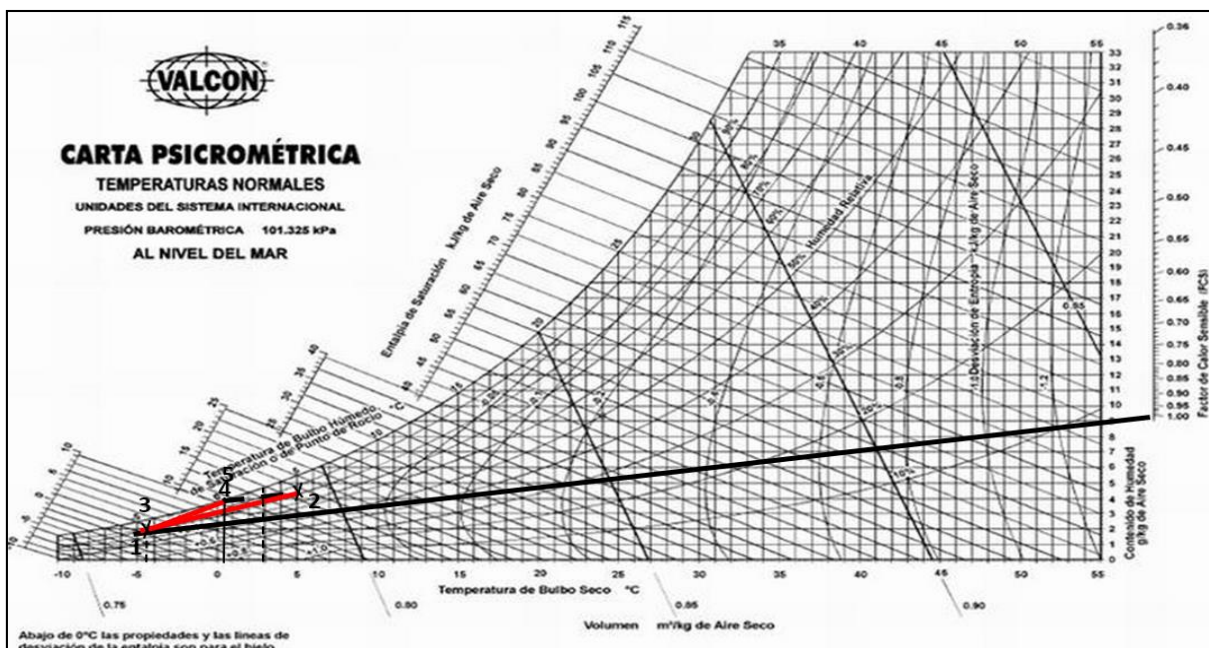


Imagen 36. Diagrama psicrométrico. Batería de calor. Determinación del punto de rocío. (Elaboración propia).

Por lo tanto, siguiendo estos pasos tenemos que la temperatura de rocío de la UTA es 0.5 °C.

6.4.7.4. Caudal de aire.

Para obtener este dato aplicaremos la fórmula:

$$V = \frac{Q_{CAL}}{0.33 \times (1 - f) \times (t_2 - t_4)} = \frac{15826.6}{0.33 \times (1 - 0.30) \times (5 - 0.5)} = 15225.2 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donde:

- V: el caudal de aire en m³/h.
- Q_{CAL}: la carga sensible efectiva, en W.
- f: el factor de by-pass de la batería.
- t₂: la temperatura interior del local.
- t₄: la temperatura de rocío de la UTA

6.4.7.5. Temperatura del aire a la entrada de la UTA.

$$t_3 = \frac{V_V}{V} \times (t_2 - t_1) + t_2 = \frac{1434.43}{15225.2} \times (5 - (-5.5)) + 5.5 = -4.5 \text{ °C}$$

Donde:

- T_3 : la temperatura a la entrada de la UAA.
- VV : el caudal de aire exterior de ventilación, en m^3/h .
- V : el caudal de aire de suministro, en m^3/h .
- T_1 : la temperatura exterior.
- T_2 : temperatura interior del local

6.4.7.6. Temperatura del aire a la salida de la UTA.

$$t_5 = f \times (t_3 - t_4) + t_4 = 0.3 \times (5 - 0.5) + 0.5 = 2.85 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Donde:

- f : el factor de by-pass de la batería.
- T_3 : la temperatura de entrada.
- T_4 : la temperatura de rocío de la UAA.

6.4.7.7. Potencia frigorífica de la UTA.

Es uno de los datos más importantes. Una vez calculadas las temperaturas t_3 y t_5 , se sitúan en el diagrama los puntos 3 y 5. Para ello, primero se traza la recta 1-2 y se sitúa el punto 3; a continuación se traza la recta 3-4 y se sitúa el punto 5.

Se obtienen las entalpías h_3 y h_5 en kJ/kg y se aplica la ecuación:

$$N_R = 0.33 \times V \times (h_5 - h_3) = 0.33 \times 15225.2 \times (10 - (-0.2)) = 51248 \text{ W}$$

Donde:

- N_R : es la potencia frigorífica de la UTA, en W .
- V : es el caudal del aire, en m^3/h .
- H_3 y h_5 son las entalpías de los estados 3 y 5, en kJ/kg

Con todos los datos obtenidos ya se puede elegir una máquina climatizadora adecuada a nuestras necesidades. Los datos fundamentales son los siguientes:

- Temperatura de rocío de la UTA: $0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$.
- Caudal de aire: $15225.2 \text{ m}^3/h$.
- Temperatura a la entrada de la UTA: $-4.5 \text{ } ^\circ\text{C}$.
- Temperatura a la salida de la UTA: $2.85 \text{ } ^\circ\text{C}$.
- Potencia frigorífica de la UTA: 51248 W .

6.4.8. Dimensionado de conductos

El caudal necesario a introducir es de 15225.2 m³/h.

Hay 8 difusores a ambos lados y 16 filas. Por lo que hay un número total de 256 difusores.

6.4.8.1. Velocidad efectiva V_{eff} .

Es la velocidad que se produce entre lamas en la rejilla o en el difusor; es mayor que la de salida pues se descuenta la superficie ocupada por las lamas y la superficie neta o efectiva [A_{eff}] es menor.

Está limitada en las instalaciones por los efectos que producen una velocidad excesiva de paso del aire por la unidad: pérdida de carga, alcance y nivel sonoro.

En las tablas de selección de los fabricantes se indican caudales de aire máximos que no sobrepasan la velocidad más alta recomendable para cada unidad de impulsión o extracción, ya que en caso de sobrepasarlas se producirían vibraciones o exceso de ruido.

Las velocidades recomendables y más comunes con que se trabaja son:

Rejillas de impulsión	2,5...3,5 m/s
Rejillas de retorno con lamas a 45° con o sin filtro	1,5...2,5 m/s
Rejillas de retorno de retícula	2,5...3,5 m/s
Rejillas de puerta	1,0...1,5 m/s
Rejillas de suelo	1,5...3,0 m/s
Difusores circulares (velocidad en cuello)	2,5...4,0 m/s
Difusores cuadrado (velocidad en cuello)	2,5...4,0 m/s
Difusores lineales	4,0...9,0 m/s
Rejas de toma y expulsión de aire	2,5...5,0 m/s
Rejillas lineales para cortinas de aire	4,0...6,0 m/s

Tabla 29. Velocidades recomendables de aire en conductos. (laboralfrio.wikispaces.com).

En base a la tabla elijo una velocidad de 3 m/s.

6.4.8.2. Velocidad residual en la zona ocupada

Es la velocidad que afecta directamente sobre los ocupantes; se le llama residual porque ya no tiene función de transporte, únicamente se mantiene por cuestiones de confort. Nunca el aire debe de entrar en la zona ocupada con una velocidad superior a las recomendadas, que son las indicadas en siguiente tabla. Actividad de los ocupantes.

Ejemplo velocidad final en m/s.

Alta fábricas y similares	0,5 a 0,7
Media oficinas y similares	0,35 a 0,5
Baja salas de espera y similares	0,25 a 0,35

Tabla 30. Velocidad residual. (Elaboración propia).

Velocidad residual para nuestro caso de 0.6 m/s.

6.4.8.3. Alcance

Es la distancia desde la unidad de impulsión al punto en el que la velocidad en el centro de la vena de aire ha descendido hasta la velocidad final considerada, generalmente 0,5 m/seg.

De alguna manera, es el dato proporcionado por los fabricantes que nos indica hasta dónde llega la vena de aire y la zona que es capaz de climatizar un elemento de difusión (rejillas, difusores, etc.).

El alcance puede ser isotérmico o no; se considera alcance isotérmico cuando el aire impulsado tiene la misma temperatura que la del ambiente (casos de sólo ventilación) y alcance no isotérmico cuando la temperatura de la impulsión es diferente a la del ambiente (refrigeración o calefacción).

La misma rejilla tiene un alcance mayor cuando la temperatura del aire impulsado es la misma que la del ambiente; cuando es diferente presenta una desviación de la vena de aire que tiende a subir en invierno, por ser de temperatura superior a la del ambiente, y a bajar en verano, por ser inferior; a este fenómeno lo llamamos desviación.

6.4.8.4. Diámetro y pérdida de carga de los conductos

Al circular el aire por un conducto se provocan choques y rozamientos con las paredes que provocan su frenado.

Cuanto mayor sea dicho roce y la fuerza de los choques, mayor presión necesitará aportar el ventilador para que circule el caudal necesario, es decir el roce provoca una pérdida de presión o de carga.

Esta pérdida de carga se mide igual comparando la presión existente al principio del tramo a medir y la presión del final.

La pérdida de carga depende de:

- La velocidad del aire. A más velocidad, más pérdida de carga.
- La forma del conducto. Cuanto más circular menor pérdida.
- El material del conducto. A mayor rugosidad, más pérdida.

La presión en un conducto de aire va bajando a medida el aire va recorriendo dicho conducto, de forma lineal. La pérdida de presión en un tramo depende de su longitud y de los factores mencionados.

Para nuestro caso con las medidas de caudal: 59.47 m³/h y velocidad de 3 m/s., obtenemos un diámetro de 85 mm. Y una pérdida de carga de 0.19 m.c.a por metro de longitud.

Para el cálculo de la pérdida de carga en conductos se utiliza la fórmula de Darcy-Weisbach, que en conductos circulares es:

$$\Delta P = P_2 - P_1 = K \times f \times \frac{Q^2}{D^5} \times L$$

Donde:

- K coeficiente numérico según unidades empleadas.
- f factor de fricción que depende del material interior y del régimen de flujo.
- Q caudal de aire.
- L longitud el tramo.
- D diámetro interior.

Una fórmula muy utilizada para conductos lisos es:

$$\Delta P = 1,51 \times f \times \frac{Q^{1,924}}{D^{5,129}} \times L \times 10^{-6}$$

Expresados: P en Pascales Q en m³/s. L en metros. D en metros.

Para simplificar los cálculos se suelen utilizar ábacos con los que podemos averiguar la pérdida unitaria (por cada metro lineal de conducto) que nos produce un conducto por el que pasa un determinado caudal.

En la Imagen 37, si conocemos el caudal y el diámetro del conducto, hallaremos la pérdida de carga unitaria. Y si lo multiplicamos por la longitud del tramo, obtendremos la pérdida de carga total.

Para ello, entrar con el caudal horizontalmente, y al cruzar la línea vertical I, II o III, hallar el diámetro (líneas inclinadas a la derecha), y la velocidad (inclinadas a la izquierda).

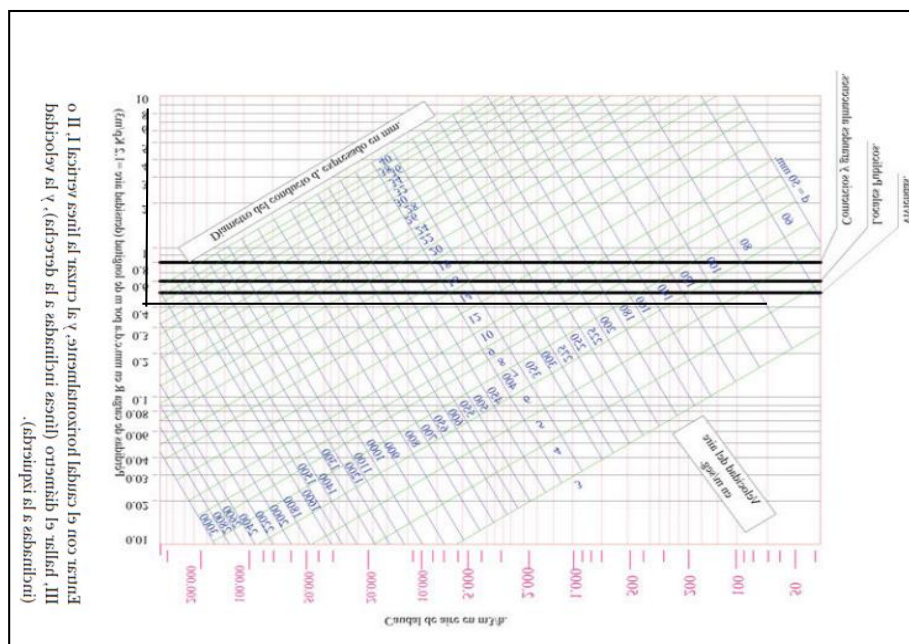


Imagen 37. Ábaco para la obtención del diámetro y la pérdida de carga. (laboralfrio.wikispaces.com).

En nuestro caso con un caudal de 15225.2 m³/h y una velocidad de 3 m/s., obteniendo de la gráfica un diámetro de 0.66 m y una pérdida de carga de 0.2 mm.c.a. por metro de tubería.

La longitud del conducto es de 42 metros por lo que la pérdida total será de 0.8 mm.c.a/m x 42 metros = 33.6 mm.c.a = 329.28 Pa

6.4.8.5. Pérdida de carga en codos, y accesorios.

En las curvas, en las bifurcaciones y en los cambios de sección de los conductos se producen pérdidas de carga adicionales, que deberemos sumar para hallar la pérdida de carga total.

Las rejillas de toma y salida de aire también producen pérdidas que encontraremos en los catálogos de selección de los fabricantes.

Longitud equivalente: Es la longitud de un conducto que ocasionaría una pérdida de carga igual al accesorio considerado. De esta forma sumamos a la longitud del conducto la longitud equivalente de codos y accesorios, y calculamos el conducto con los gráficos normales.

Según la Tabla 31:

- Como en nuestro caso hay un codo y un estrechamiento tenemos que añadir una pérdida equivalente a 4 metros por el codo y otra de 1.5 metros por cada cambio de sección (16 en nuestro caso).
- Teniendo una longitud total de: 42 metros + 4 metros + 1.5 metros x 16 = 70 metros.

- La correspondiente pérdida de carga total es: 0.8 mm.c.a/m x 70 metros = 56 mm.c.a = **548.8 Pa.**

METROS LINEALES EQUIVALENTES DE CONDUCTO RECTO																	
codos		conducto o cota h, en milímetros															
		25	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	800	1000			
	r = d	1.3	3.7	2.5	3.4	4.3	5.1	6	6.8	7.6	8.5	10	12	14	15	17	
	r = 1.5 d	0.9	1.2	1.8	2.4	3	3.6	4.2	4.8	5.4	6	7.2	8.4	9.6	11	12	
	r = 2 d	0.7	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	6	7	8	9	10	
	$\frac{1}{h} = 0.25$		1.9	2.5	3.7	5	6.3	7.5	8.8	10	11	13	15	18	20	23	25
	r = h	0.5	0.7	1	1.4	1.7	2.1	2.5	2.8	3.2	3.5	4.2	4.8	5.6	6.3	7	
	r = 1.5 h	0.3	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.4	2.8	3.2	3.6	4	
	$\frac{1}{h} = 0.5$		3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	28	32	35	40
	r = 0.5 h	0.6	0.9	1.4	1.8	2.2	2.7	3.2	3.6	4.1	4.5	5.4	6.3	7.2	8.1	9	
	r = 1.5 h	0.3	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.4	2.8	3.2	3.6	4	
	$\frac{1}{h} = 1$		3.7	5	7.5	10	13	15	18	20	23	25	30	35	40	45	50
	r = h	0.8	1	1.6	2.2	2.7	3.3	3.9	4.4	5	5.5	6.6	7.7	8.8	10	11	
	r = 1.5 h	0.4	0.5	0.7	0.9	1	1.4	1.6	1.8	2	2.3	2.7	3.2	3.6	4	4.5	
	$\frac{1}{h} = 4$		5	6.5	10	13	16	20	23	26	29	33	39	46	52	59	65
	r = 0.5 h	1.3	1.7	2.6	3.4	4.3	5.1	6	6.8	7.7	8.5	10	12	14	15	17	
	r = 1.5 h	0.5	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3	3.6	4.2	4.8	5.5	6	
cambios de sección		conducto o cota h, en milímetros															
		25	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	800	1000			
	$\alpha = 90^\circ$	0.2	0.3	0.5	0.7	0.9	1.2	1.4	1.6	1.9	2.1	2.6	3.2	3.7	4.3	4.8	
	$\alpha = 45^\circ$	0.13	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.9	1	1.2	1.4	1.8	2.1	2.5	2.8	3.2	
	$\alpha = 30^\circ$	0.06	0.09	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.9	1	1.2	1.4	1.6	
	$a_1/a_2 = 1.1$	0.3	0.4	0.8	1	1.5	1.9	2.3	2.7	3.1	3.6	4.1	5.4	6.1	7	8	
	$a_1/a_2 = 1.4$	1	1.5	2.5	3.6	4.6	5.9	7.1	8.2	9.7	11	14	17	19	22	25	
	$a_1/a_2 = 2$	1.4	2	3.5	5	6.3	8.2	9.9	12	13.5	15	19	23	27	31	34.3	
	$a_1/a_2 = 1.2$	0.3	0.4	0.8	1	1.5	1.9	2.3	2.7	3.1	3.6	4.1	5.4	6.1	7	8	
	$a_1/a_2 = 1.5$	1	1.5	2.5	3.6	4.6	5.9	7.1	8.2	9.7	11	14	17	19	22	25	
	$a_1/a_2 = 2$	1.4	2	3.5	5	6.3	8.2	9.9	12	13.5	15	19	23	27	31	34.3	
	$a_1/a_2 = 1.2$	0.3	0.4	0.7	1	1.4	1.7	2	2.4	2.8	3.2	4	4.8	5.6	6.2	7.2	
	$a_1/a_2 = 1.5$	0.8	1.1	1.9	2.8	3.7	4.6	5.5	6.5	7.6	8.6	11	13	15	17	19	
	$a_1/a_2 = 2$	1.4	2	3.5	5	6.3	8.2	9.9	12	13.5	15	19	23	27	31	34.3	
	$a_1/a_2 = 1.2$	0.16	0.23	0.4	0.6	0.8	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	2.2	2.7	3.1	3.5	4	
	$a_1/a_2 = 1.5$	0.4	0.6	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.6	5.7	7	8.2	9.2	10.4	
	$a_1/a_2 = 2$	0.75	1.1	1.8	2.6	3.5	4.4	5.3	6.2	7.2	8.2	10	12	14	16	18.5	

Tabla 31. Pérdida de carga en conductos y accesorios. (laboralfrio.wikispaces.com).

6.4.9. Dimensionado de ventiladores

Para que el aire pueda circular por el interior de un conducto es preciso que en la instalación haya un ventilador instalado. Éste debe ser capaz de proporcionar el caudal necesario y vencer las pérdidas de presión asociadas.

Para la determinación de los requerimientos del ventilador es necesario conocer con exactitud los caudales y las pérdidas de carga en la instalación. Así, se toma la mayor pérdida de carga desde la salida de la UTA hasta el punto de impulsión crítico, siendo este valor el incremento de presión que debe proporcionar el ventilador. Además, deberá ser capaz de trasegar el caudal total de diseño.

En nuestro caso la caída de presión que debe vencer el ventilador es de 548.8 Pa y un caudal de 15225.2 m³/h.

6.4.9.1. Orden de magnitud

Para una red de conductos donde las bocas impulsan sobre 500 m³ /h se debe tener en torno a 3m/s de velocidad en la última sección y una presión en las bocas de impulsión ~ 3.8 mm.c.a. = 0.4 Pa.

6.4.9.2. Ventiladores

Los ventiladores empleados en el campo del aire acondicionado son: radiales (o centrífugos), los axiales y en algunos casos los diametrales.



Imagen 38. Ventilador centrífugo. (laboralfrio.wikispaces.com)



Imagen 39. Ventilador axial. (laboralfrio.wikispaces.com)

En los ventiladores radiales o centrífugos el movimiento del aire se realiza radialmente con respecto al eje de rotación, mientras que en los ventiladores axiales (o helicoidales) el movimiento se realiza paralelamente al eje del rodete.

Estos últimos son aplicados especialmente en los casos en los que necesitamos caudales de aire elevados con pequeñas presiones.

$$P_{\text{eléctrica}} = \eta \cdot Q \cdot \Delta P$$

Donde el rendimiento total del ventilador oscila entre 0.3 y 0.5 en ventiladores centrífugos pequeños, 0.5 y 0.7 en los de tamaño medio y entre 0.7 y 0.9 en los de grandes dimensiones.

En nuestro caso usaremos un ventilador radial de grandes dimensiones puesto que el caudal necesario es elevado y la presión pequeña.

$$P_{\text{eléctrica}} = \eta \cdot Q \cdot \Delta P = 0.9 \times 15225.2 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 548.5 \text{ Pa} = 7515.92 \text{ W}$$

6.4.9.3. Selección del ventilador

El punto de funcionamiento será la intersección de la característica del circuito ($\Delta P=kQ^2$) y la característica del ventilador (dado por el fabricante). Se puede variar el punto de funcionamiento bien variando la característica del circuito (compuestas, etc.) o bien variando el régimen de giro del ventilador.

Los criterios para seleccionar un ventilador son las dimensiones, el ruido, la facilidad de mantenimiento y coste inicial. El ruido y el rendimiento están ligados entre sí, en el sentido de que el mínimo nivel sonoro se corresponde con el rendimiento máximo.

ΔP (mm.c.a.)	Velocidad (m/s) Centrifugo	Velocidad (m/s) Axial
6	2-2.5	4.5-7.5
12	2.5-7.5	6.5-9.5
18	3.5-8.5	8.5-11.5
25	4-10	9.5-13.5
37	4-12.5	

Tabla 32. Selección de ventilador. (laboralfrio.wikispaces.com).

6.5. Descripción de los elementos de la máquina

Lista de las principales piezas de la unidad de tratamiento de aire:

Nº	PIEZA	MARCA/MODELO
1	Batería de frío	N-08-032-050-02550-E-V-G 024 050
2	Batería de calor	N-04-032-050-02550-E-V-G 024 050
3	Filtros	ZLP/DR G4-96
4	Ventilador	COMEFRI VTZ-800
5	Motor eléctrico	WEG
6	Acoplamiento	POLY-NORM AR48 MECANIZADOS
7	Amortiguadores (Silentblock)	HDX 70-56
8	Fleje	Junta elástica Anti-Vibratoria A2
9	Recinto	COLDKIT MODULAR MATRIX
10	Campana turbina	Fabricación a medida
11	Cilindro compuerta impulsión	SMC CP96SD B32-100
12	Cilindro compuerta aspiración	SMC CP96SD B50-1550
13	Rodamientos (Comp. Aspiración)	SUCFL 206 (ø30mm)

Tabla 33. Desglose de piezas de la UTA. (Mejuto).

6.5.1. Batería de frío

Descripción	Valor
Capacidad frigorífica	159,1 kW
Caudal	35000 m ³ /h
Paso de aleta	5 mm
Refrigerante	Glicol 30%
Tª entrada/salida del fluido	-6°C / -2,5 °C
Tª entrada/salida del aire	+11°C/ +3 °C
Material aletas	Aluminio
Material tubos	Acero inoxidable 304L
Dimensión aleteada	2500 x 1400 mm (LxH)
Desescarche	GLICOL caliente

Tabla 34. Descripción de la batería de frío. (Mejuto).

6.5.2. Batería de calor

Descripción	Valor
Capacidad frigorífica	137,7 kW
Caudal	35000 m ³ /h
Paso de aleta	5 mm
Refrigerante	Glicol 30%
Tª entrada/salida del fluido	26°C / 20°C
Tª entrada/salida del aire	+3° / +14 ° C
Material aletas	Aluminio
Material tubos	Acero inoxidable 304L
Dimensión aleteada	2500 x 1400 mm (LxH)
Desescarche	GLICOL caliente

Tabla 35. Descripción de la batería de calor. (Mejuto).

6.5.3. Filtros

Modelo	Uds.	Designación	Marco	Dimensión frontal	Profundidad	Caudal	Tª	H _r
ZLP-DR/G4-96	4 cada máquina	Filtros en superficie quebrada	Metálico*	490x590mm	97 mm	3900m ³ /h	80°C	90%

Modelo	Uds.	Designación	Marco	Dimensión frontal	Profundidad	Caudal	Tª	H _r
ZLP-DR/G4-96	8 cada máquina	Filtros en superficie quebrada	Metálico*	590x590mm	97 mm	4700m ³ /h	80°C	90%

*Recambiable el cartucho completo.

Tabla 36. Descripción de los filtros. (Mejuto).

6.5.4. Ventilador

Modelo	Potencia máx.	Velocidad giro máx.	Peso	Nº hélices	ØEje turbina	ØEje total turbina*
VTZ 800	22 kW	1150 rpm	270 kg	8	53 mm	53,5 mm

*Incluido el chavetero.

Tabla 37. Descripción del ventilador. (Mejuto).

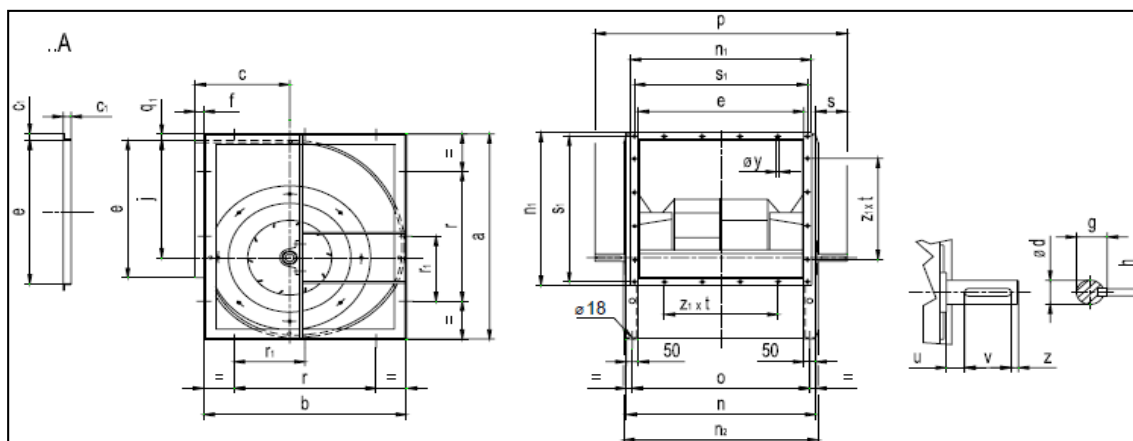


Imagen 40. Esquema del ventilador. (Mejuto).

	a	b	c	c ₁	Ød	e	f	g	h	j	n	n ₁	n ₂	o
VTZ 800	1468	1174	540	25	50	1007	81	53,5	14	864	1107	1057	1137	1067

Tabla 38. Parámetros del ventilador. (Mejuto).

*Todas las dimensiones están en mm.

6.5.5. Motor eléctrico

Descripción	Valor
Fabricante	WEG
Voltaje	400/690 V (50Hz)
Potencia	18,5 kW
Nº polos	4
Velocidad	1470 rpm
Ø Eje motor	48 mm
Forma constructiva	B3
Peso aproximado	180 Kg
Rango temperaturas	-20°C / +40°C

Tabla 39. Descripción del motor eléctrico. (Mejuto).

6.5.6. Acoplamiento

Modelo: POLY-NORM AR 48 mecanizados.

Dimensiones y par:

Tamaño	Par (N.m)		Taladro acabado $d_{m\acute{a}x}$	General							Rosca tornillos prisioneros	
	T_{KN}	$T_{Km\acute{a}x}$		L_{AR}	l_1	s	D_H	D	d_H	N	G	T
48	220	440	48	101	48	5	106	78	64	24	M8	15

Tabla 40. Descripción del acoplamiento. (Mejuto).

Todas las dimensiones están mm.

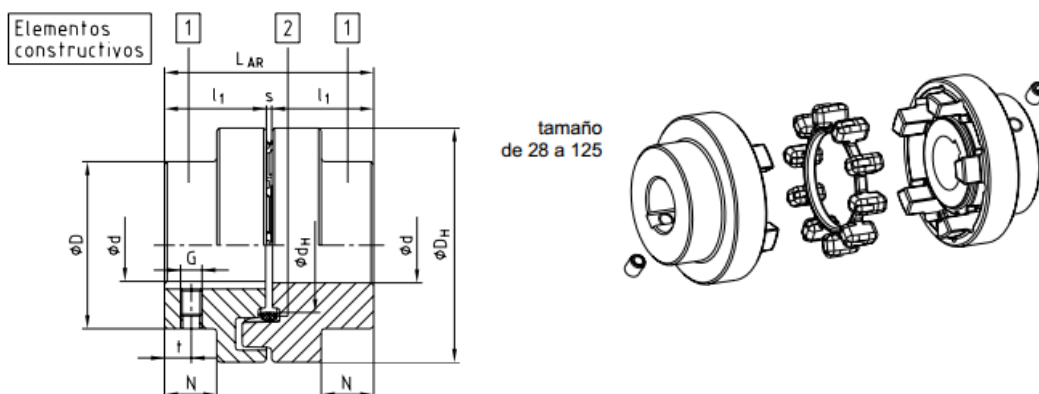


Imagen 41. Esquema del acoplamiento. (Mejuto).

6.5.7. Amortiguadores (Silentblock)

Modelo	Uds.	D (m/m)	H (m/m)	D1(m/m)	Rosca (d)	Flecha (m/m)	Carga(kg)	Dureza
HDX 70-56	6*	70	56	50	M-12	6	220	50-Shöre

Tabla 41. Descripción de los amortiguadores. (Mejuto).

*Cada unidad de tratamiento lleva 6 unidades.

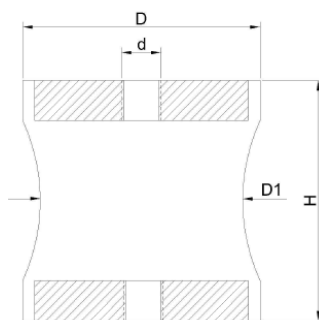


Imagen 42. Esquema de los amortiguadores. (Mejuto).

6.5.8. Fleje

Características:

- Evita la transmisión de ruido y vibraciones.
- Material de poliéster revestido de PVC ignífugo.
- Temperaturas de trabajo entre -30°C y 85°C.
- Espesor de la plancha 0,4 mm.
- Clasificación al fuego A2.

Descripción	Junta elástica anti-vibratoria A2
Longitud total	150 mm
Longitud lona	60 mm
Longitud chapa	45 + 45 mm
Tª máx.	80 °C

Tabla 42. Descripción del fleje. (Mejuto).

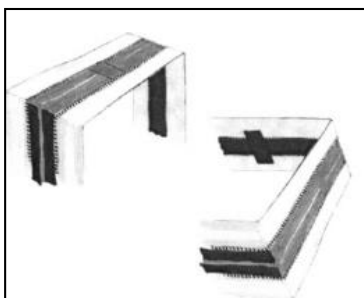


Imagen 43. Esquema del fleje. (Mejuto).

6.5.9. Recinto

Descripción	Valor
Modelo	Cámara Frigorífica Modular Matrix
Dimensión total (incluye zócalo y techo)	2400 x 5520 x 2030 mm
Dimensión	2400 x 5520 x 1830 mm
Espesor paneles	60 mm
Espesor suelo y techo	85 mm
Acabado exterior	Liso gris RAL 9006
Acabado interior	Inox
Puertas	Pivotante
Dimensión puertas	1650 x 800 x 60 mm
Unidades puertas	2/cada unidad
Suelos	Inox-Poliuretano-Inox

Tabla 43. Descripción del recinto. (Mejuto).

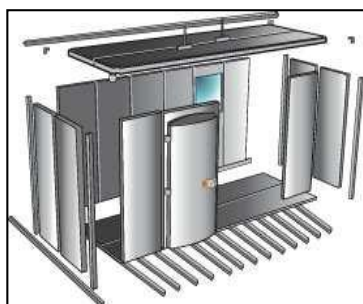


Imagen 44. Esquema del recinto. (Mejuto).

6.5.10. Campana turbina

Material	Espesor	Dimensión boca superior	Dimensión boca inferior
Chapa galvanizada	1,2 mm	514x1184mm	744x1011mm

Tabla 44. Descripción de la campana turbina. (Mejuto).

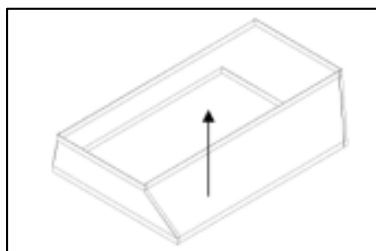


Imagen 45. Esquema de la campana turbina. (Mejuto).

6.5.11. Cilindro compuerta impulsión

Referencia	Descripción	Diámetro	Carrera
CP96SD B32-100	Cilindro ISO perfilado	32 mm	100 mm

Accesorios de montaje:

Nº	Referencia	Descripción
1	D5032	Fijación oscilante HP

Nº	Referencia	Descripción
2	C5032	Fijación oscilante MP

Nº	Referencia	Descripción
3	GKM10-20	Horquilla

Tabla 45. Descripción del cilindro compuerta impulsión. (Mejuto).

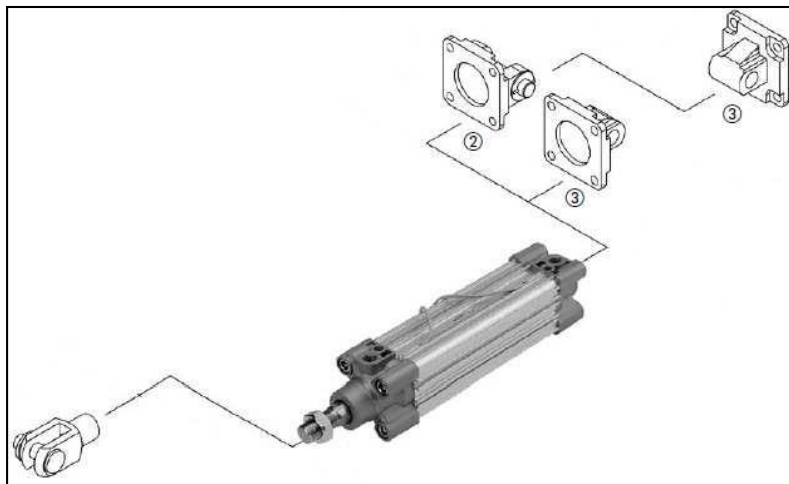


Imagen 46. Esquema del cilindro compuerta impulsión. (Mejuto).

6.5.12. Cilindro Compuerta aspiración

Referencia	Descripción	Diámetro	Carrera
CP96SD B50-1550	Cilindro ISO perfilado	50 mm	1550 mm

Accesorio de montaje:

Nº	Referencia	Descripción
3	GKM16-32	Horquilla

Tabla 46. Descripción del cilindro compuerta aspiración. (Mejuto).

CAPÍTULO 7. Manual de unidad de tratamiento de aire.

7.1. Introducción

Uso del manual:

Este manual está previsto como libro de consulta para que los usuarios que utilicen y realicen el mantenimiento de la máquina indicada en la portada, puedan hacerlo en modo protección.

Pictogramas y símbolos de este manual:








	OBSERVACIÓN: Sugerencias y consejos para facilitar las acciones o trabajos respectivos.
	INFORMACIÓN: Información que puede resultar útil para el entendimiento de este manual.
	PELIGRO ¡PIEZAS GIRATORIAS QUE PUEDEN PRODUCIR LESIONES!
	PELIGRO ¡SUPERFICIES CALIENTES, NO TOQUE LA SUPERFICIE!
	¡CUIDADO!/AVISO Procedimientos que, si no se realizan con cuidado, pueden causar daños graves en la máquina o lesiones graves personales o el medio ambiente.
	PELIGRO ¡PELIGRO DE UN CHOQUE ELÉCTRICO!
	PELIGRO ¡PELIGRO POR CARGAS SUSPENDIDAS!

Tabla 47. Pictogramas y símbolos del manual de la UTA. (Mejuto).

7.2. Instrucciones generales

El fabricante no acepta ninguna responsabilidad de averías o lesiones personales causadas al no observar (estrictamente) las instrucciones de protección en este manual, o por la negligencia durante el uso y la reparación de la máquina indicada en la portada de este documento y todos los accesorios correspondientes.

7.2.1. Información sobre este manual

Este manual de instrucciones y seguridad contiene información importante acerca del funcionamiento y manejo de la máquina. Se recomienda leer, entender y poner en práctica las normas y consejos de este manual, para asegurar una forma adecuada de trabajo de la máquina y además evitar posibles problemas de seguridad.

7.2.2. Limitación de responsabilidad

Toda la información que se proporciona en este manual se dispone acorde con las directivas vigentes.

No nos hacemos responsables de los daños en caso de:

- Hacer caso omiso de estas instrucciones.
- Operaciones que puedan ocasionar un nivel de riesgo.
- Modificaciones técnicas no autorizadas.
- Uso de repuestos inapropiados.
- Uso de la máquina para otros fines diferentes.

7.3. Mantenimiento y transporte

La manipulación de la máquina desde el suelo al medio de transporte y desde el medio de transporte al suelo, se efectúa con un puente grúa (en caso necesario) y elementos auxiliares de elevación, que deben tener capacidad de carga suficiente, incluyendo los coeficientes de seguridad reglamentarios, para manipular la carga con seguridad. El transporte tendrá las protecciones necesarias para que la máquina llegue a su destino en perfecto estado para su posterior instalación.



Imagen 47. Indicación de peligro por cargas suspendidas. (Mejuto).

Cuando traslade la máquina extreme las precauciones:

- El cable utilizado en la suspensión debe ser el adecuado en diámetro y longitud.
- Vigilar de que al realizar la suspensión de la máquina el cable no toque y dañe ningún elemento de la misma.

7.4. Inspección al recibir al equipo

Una vez recibida la unidad en la instalación y antes de realizar ninguna operación, es importante inspeccionar visualmente el equipo. Si ha habido algún daño, deberá tomar nota de los desperfectos, realizar unas fotos de la parte dañada y seguidamente notificarlo al transportista.

En algunos casos pueden enviarse algunos de los componentes de forma separada para posteriormente ser instalados en la máquina.

7.5. Instalación y puesta en servicio

7.5.1. Indicaciones generales

La instalación de la máquina se efectuará en un local protegido de las inclemencias del tiempo y en lugar idóneo con relación al proceso productivo.

El suelo en donde va instalado el equipo tendrá la capacidad de carga suficiente para soportar su peso, además tendrá la suficiente rigidez para soportar la máquina sin deformaciones inadmisibles que impidan el correcto funcionamiento de la misma, además se deberán impedir que las vibraciones generadas durante el trabajo de la máquina se transmitan al techo, vigas o a la estructura del local.

Deberá preverse una superficie suficiente para facilitar el trabajo de la máquina, la manipulación del aire y el mantenimiento del equipo.

Para la puesta en servicio de la máquina, se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- El personal que efectúe los trabajos de puesta en servicio debe estar adecuadamente formado y utilizar en caso necesario las prendas de protección y las herramientas adecuadas en aquellos trabajos que tenga que efectuar bajo tensión.
 - La superficie mínima necesaria que se requiere para que pueda desarrollarse correctamente el trabajo de la máquina y se pueda efectuar el mantenimiento y la reparación de forma fácil y segura.
 - Los datos de anclaje y de los sistemas anti-vibratorios que requiere.
 - La tensión de alimentación.
 - Asegurarse que la corriente que se va a utilizar coincide con el voltaje de la máquina.
 - En las máquinas de conexión trifásica, se han de conectar los cables a los bornes de Tierra, RST y N (N = Neutro).
 - Atención, tener especial cuidado de comprobar que la máquina quede perfectamente nivelada antes de ponerla en funcionamiento, es decir que quede estabilizada y que su estructura portante quede fijada al techo.
 - En las máquinas suministradas con equipos tanto neumáticos como hidráulicos, regular el caudal de aire y presión mínima necesaria según indica el libro de instrucciones.

7.5.2. Comprobaciones en la puesta en marcha

Al realizar la puesta en marcha del climatizador se han de comprobar los siguientes puntos:

- 1.- Antes de abrir cualquier puerta de la unidad se debe comprobar que el módulo de ventilación está desconectado y esperar unos minutos hasta que paren.
- 2.- Las protecciones y los elementos de seguridad están correctamente instalados y funcionan adecuadamente.

3.- Medir la intensidad absorbida por el motor y comprobar que el valor medido es siempre inferior al que se indica la placa de características.

4.- Medir las revoluciones, caudal y presión del ventilador y comprobar que los valores medidos están dentro de los límites previstos.

5.- Comprobar que el módulo de ventilación no tiene vibraciones ni ruidos extraños.

6.- Comprobar que las bandejas de recogida de condensados desaguan correctamente con el ventilador en marcha.

7.- Comprobar que no existe arrastre de gotas en la batería de frío. En caso de que se produzca este fenómeno comprobar que el caudal de aire es el nominal.

8.- Comprobar que la temperatura del flujo del aire no es superior a los 40°C para evitar daños por sobrecalentamiento en los motores o en otros elementos del equipo.

9.- En las unidades con motor de dos velocidades o los que estén accionados mediante variador de velocidad, debe realizarse la medición de temperatura a la velocidad mínima de funcionamiento y con las baterías de calor en el régimen de trabajo que les corresponda.

7.5.3. Puertas y registros

Compruebe el funcionamiento de los tiradores y cierres de las puertas, y del movimiento de las bisagras.

Los recintos constan de dos puertas pivotantes con cierre exterior central, cerradura y desbloqueo interior mediante mecanismo de presión.



Imagen 48. Indicación de cuidado, aviso. (Mejuto).

Las puertas y los registros deben estar siempre cerrados antes de poner el equipo en marcha.

7.6. Seguridad

Este es uno de los apartados más importantes del manual de instrucciones, puesto que proporciona una visión general de todos los aspectos de seguridad para la protección óptima del personal, así como una forma de trabajar segura y sin problemas.

Hacer caso omiso de las instrucciones de uso y las normas de seguridad especificadas en este manual puede entrañar un grave peligro.

El diseño de esta máquina se ha realizado poniendo especial interés en la seguridad, por lo que se han diseñado varias barreras de protección.

Normas de seguridad general para la utilización de máquinas o equipos de trabajo:

- El montaje y desmontaje de una máquina deberá realizarse de manera segura, siguiendo las instrucciones dadas. Se deberá tener en cuenta la necesidad de suficiente espacio libre entre los elementos fijos o móviles de su entorno y de que puedan suministrarse o retirarse de manera segura las energías y sustancias utilizadas o producidas por la máquina. Se deberá instalar de forma que no pueda caer, volcar o desplazarse de forma incontrolada.
- Las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación que puedan suponer un peligro para la seguridad de los trabajadores se realizarán tras haber parado o desconectado el equipo, haber comprobado la inexistencia de energías residuales peligrosas y haber tomado las medidas necesarias para evitar su puesta en marcha o conexión accidental mientras esté efectuándose la operación.
- Cuando la parada o desconexión no sea posible se adoptarán las medidas necesarias para que estas operaciones se realicen de forma segura o fuera de las zonas peligrosas.
- Cuando durante la utilización de un equipo de trabajo sea necesario limpiar o retirar residuos cercanos a un elemento peligroso, la operación deberá realizarse con los medios auxiliares adecuados y que garanticen una distancia de seguridad suficiente.
- Comprobar periódicamente el buen funcionamiento de la máquina así como realizar comprobaciones adicionales en los casos de cambios en la máquina, accidentes o falta de uso prolongada.
- Antes de utilizar un equipo de trabajo se comprobará que sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas y que su conexión o puesta en marcha no representa un peligro para terceros. Los equipos de trabajo dejarán de utilizarse si se producen deterioros, averías u otras circunstancias que comprometan la seguridad de su funcionamiento.
- No anular los dispositivos de seguridad de la máquina así como retirar las protecciones o resguardos de que disponga.
- No llevar prendas holgadas, el pelo suelto, collares, cadenas ni cualquier otro elemento que pueda ser enganchado por la máquina.
- Toda persona que tenga que utilizar una máquina debe recibir la información y formación necesaria sobre los riesgos que supone su manejo así como las condiciones de utilización de la misma.
- Cuando se empleen equipos de trabajo con elementos peligrosos accesibles que no puedan ser totalmente protegidos, deberán adoptarse las

precauciones y utilizarse las protecciones individuales apropiadas para reducir los riesgos al mínimo posible.

- La máquina no deberá someterse a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas que puedan poner en peligro la seguridad del trabajador que los utiliza o la de terceros.
- Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda dar lugar a proyecciones o radiaciones peligrosas, sea durante su funcionamiento normal o en caso de anomalía previsible, deberán adoptarse las medidas de prevención o protección adecuadas para garantizar la seguridad de los trabajadores que los utilicen o se encuentren en sus proximidades.
- Los equipos de trabajo que se retiren de servicio deberán permanecer con sus dispositivos de protección o deberán tomarse las medidas necesarias para imposibilitar su uso.

7.6.1. Bajo su responsabilidad

Debe asegurarse de que las normas de seguridad y prevención de accidentes de este manual se cumplan, además también debería tener en cuenta que:

- Debe mantenerse y mantener informado al personal acerca de la normativa de seguridad.
- Analizar y determinar otros peligros que puedan estar asociados al uso de la máquina en entorno de trabajo y actuar en consecuencia.
- Verificar que las normas de seguridad y uso se adaptan a la normativa de seguridad vigente, y en caso contrario modificarlas para que cumplan con esta.
- Asegurarse de que el personal que trabaja con la máquina ha leído y es consciente de los riesgos que entraña este tipo de dispositivos.

También es responsable de:

- Mantener la máquina en óptimas condiciones de uso.
- Realizar los trabajos de mantenimiento y limpieza cuando sea preciso.
- Verificar que los dispositivos de seguridad funcionan correctamente y no estén deshabilitados.

7.6.2. Equipamiento de protección individual (EPI´s)

Uso general:



Imagen 49. Indicación de EPI´s. (Mejuto).

1.- Calzado de protección de seguridad: Protegen contra caídas de objetos, aplastamientos y además evitan resbalar en terrenos deslizantes.

2.- Ropa de protección: En los trajes de protección para trabajos con maquinaria, los finales de manga y pernera se deben poder ajustar bien al cuerpo, y los botones y bolsillos deben quedar cubiertos. Se recomienda no utilizar anillos, cadenas, collares y en general elementos que puedan ser atrapados por la máquina.

3.- Guantes: Deben estar bien sujetos a la mano y no contener partes colgantes. Protegen la mano contra la fricción, pinchazo, cortes y así como el contacto con superficies frías o calientes.

Aunque, una vez instalada no se va estar directamente en contacto con la máquina, se recomienda utilizar estos EPI´s para realizar el mantenimiento u otras actividades similares.

Por lo que respecta al desgaste y a la conservación de la función protectora es necesario asegurarse de que las prendas de protección no sufran ninguna alteración durante todo el tiempo que estén en uso. Por esta razón se debe examinar la ropa de protección a intervalos regulares para comprobar su perfecto estado de conservación, las reparaciones necesarias y su limpieza correcta. Se planificará una adecuada reposición de las prendas.

7.6.3. Peligros especiales

En esta sección se enumeran los riesgos residuales que se han podido encontrar. Preste atención a las instrucciones de seguridad que aparecen en esta y otras secciones a fin de reducir los riesgos para la salud y evitar situaciones peligrosas.



Imagen 50. Indicación de peligro por un choque eléctrico. (Mejuto).

Tocar las piezas conductoras de corriente o piezas mal aisladas supone un riesgo para la vida, por lo tanto:

- Conozca el uso de los equipos eléctricos que estén bajo su responsabilidad.
- No manipule un elemento eléctrico con las manos húmedas.
- No sobrecargue enchufes.
- Antes de dejar su puesto de trabajo los equipos eléctricos se apagarán. En caso de desconectarlos tire del enchufe, no del cable.
- No instale equipos o fuentes de calor sin autorización de mantenimiento.
- No deje papel o trapos de aceite cerca de focos de calor.
- Avise de inmediato al observar cables deteriorados o cajas de enchufes rotas.
- No utilice enchufes intermedios (ladrones) que sobrecarguen la línea. Solicite que sean cambiados por enchufes individuales.
- Los cables de propagación deben tener tres hilos, uno de ellos de puesta a tierra.
- No manipule ni repare equipos que tengan que ver con la electricidad, este trabajo debe ser realizado por especialistas.
- Antes de proceder a realizar trabajos de limpieza, mantenimiento o reparación del equipo, apagarlo y asegurarse de que no se puede activar.
- No humedezca los elementos conductores de electricidad, esto puede ocasionar un cortocircuito.

Protección contra contactos eléctricos:

- Deben protegerse convenientemente los hilos y cables contra los choques mecánicos, el desgaste por rozamiento y corrosión.
- Ha de verificarse frecuentemente el aislamiento de las canalizaciones con relación a materiales combustibles.
- Deben respetarse al máximo las separaciones entre conductores, aun cuando se encuentren cuidadosamente aislados y con respecto a las piezas de carpintería metálica, tuberías de agua, etc.

- Deben evitarse al máximo zonas sobrecargadas en las que se puedan recalentar excesivamente las conexiones, sobre todo en función de las conexiones de las máquinas móviles.
- En relación a las cajas de distribución:
 - Deberán estar encerrados en cajas metálicas, prestando especial atención a la humedad de la atmósfera.
 - Los disyuntores de tensión mínima y máxima intensidad deben regularse perfectamente y mantenerlos de forma adecuada, prestando atención a no bloquearlas por los conductores de máquinas.
 - Conozca la ubicación de las cajas de distribución y corte de electricidad y su desconexión.

Para evitar incendios se utilizan generalmente:

- Fusibles.
- Interruptores magnetotérmicos.
- Relés de tensión e intensidad.
- Diferenciales.
- Cables y materiales adecuados.
- Envoltentes de protección de sistemas de seguridad.
- Envoltente antideflagrante.
- Aislante pulverulento.



Imagen 51. Indicación de peligro por superficies calientes. (Mejuto).

Detrás de los registros, puertas o paneles hay componentes que pueden producir quemaduras graves si se tocan. Entre las superficies que pueden estar calientes se encuentran las zonas donde están situados el motor y las turbinas. Por lo tanto:

- No toque estas superficies si el equipo está en funcionamiento, y una vez parado espere a que se enfríen.
- Use equipos de protección personal en el área de trabajo, en particular para este caso, los guantes. Tendrían que ser guantes acondicionados para soportar altas temperaturas.



Imagen 52. Indicación de peligro por atrapamiento o aplastamiento. (Mejuto).

El movimiento de las partes móviles del climatizador conforman los mecanismos de peligro que pueden provocar situaciones de riesgo como son, aplastamiento o atrapamiento de alguna parte del cuerpo, de cabellos largos o de la ropa del personal, por lo tanto:

- No manipule el interior de la máquina cuando está en funcionamiento.
- No introduzca las manos en los elementos móviles de la máquina si está en funcionamiento. Procure, por su seguridad, que el equipo esté desconectado antes de realizar algún trabajo en el interior.
- Utilice los equipos de protección individual recomendados.
- Realizar trabajos en el equipo sólo cuando esté detenido.
- No introduzca las manos en los huecos que queden entre las partes de la máquina.

7.6.4. Dispositivos de seguridad

Son elementos utilizados para eliminar o disminuir las condiciones peligrosas de la máquina, y también para evitar las consecuencias en el caso de que el accidente se produzca.

Los dispositivos de seguridad se deberían incorporar a la máquina en la fase de proyecto para ahorrar intervenciones posteriores.

Para evitar el peligro se elegirán, en primer lugar, aquellos elementos de seguridad que actúen en la etapa preventiva o de pre-contacto, es decir, contemplarán las posibilidades de evitar las consecuencias.

Dispositivos de seguridad:

- Interruptor de seguridad que corta el suministro de corriente de forma automática en caso de sobrecarga o sobrecalentamiento.
- Protectores que cubren los elementos mecánicos de la máquina (motor, ventiladores, etc.) e impiden abrir los plafones si está en funcionamiento.
- Pictogramas o etiquetas de advertencia, que informan de los peligros que pueden entrañar algunas partes del equipo.

Recomendaciones:

- Antes de poner la máquina en funcionamiento, verifique que los dispositivos de seguridad están instalados correctamente y funcionen.
- Bajo ninguna circunstancia deshabilite los dispositivos de seguridad.

7.7. Características técnicas

7.7.1. Estructura

La unidad de tratamiento de aire modelo MUSG 220/200RCI está construido a base tubo de acero inoxidable 304, perfil de aluminio y cantoneras de plástico en las esquinas de la máquina.

El cerramiento de la máquina se realiza en un recinto de dimensiones 2400x 5520x2030 mm con paredes de espesor 60mm y un acabado exterior liso gris e interior en acero inoxidable. Para facilitar el mantenimiento en el interior de la máquina, como por ejemplo cambiar los filtros o inspeccionar la turbina o el motor el recinto cuenta con dos puertas pivotantes.

7.7.2. Condiciones de funcionamiento

Batería de frío:

Capacidad frigorífica (W)	Tª entrada aire (°C)	Tª salida aire (°C)	Caudal aire (m³/h)	Refrigerante
29.053,50	9	2,55	2468.86	GLICOL 30%

Tabla 47. Condiciones de funcionamiento de la batería de frío. (Elaboración propia).

Batería de calor:

Capacidad frigorífica (W)	Tª entrada aire (°C)	Tª salida aire (°C)	Caudal aire (m³/h)	Refrigerante
51.248	-4,5	2,85	2468, 86	GLICOL 30%

Tabla 48. Condiciones de funcionamiento de la batería de calor. (Elaboración propia).

7.7.3. Elementos principales del equipo

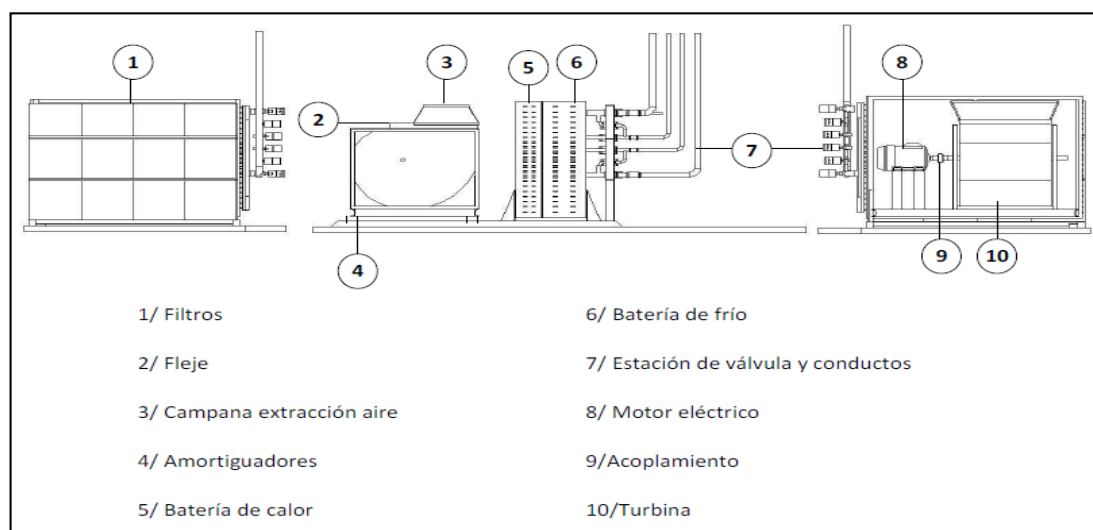


Imagen 53. Elementos principales del equipo. (Mejuto).

7.7.4. Sentido de aspiración-impulsión de los conductos en cámara

En este diseño se han instalado dos posiciones de secado mediante un juego de compuerta y conductos, con el objetivo de obtener un resultado uniforme del producto almacenado en la cámara.

Condiciones normales (Imagen 54):

- Impulsión (I) por los conductos centrales.
- Aspiración (A) por los conductos laterales.

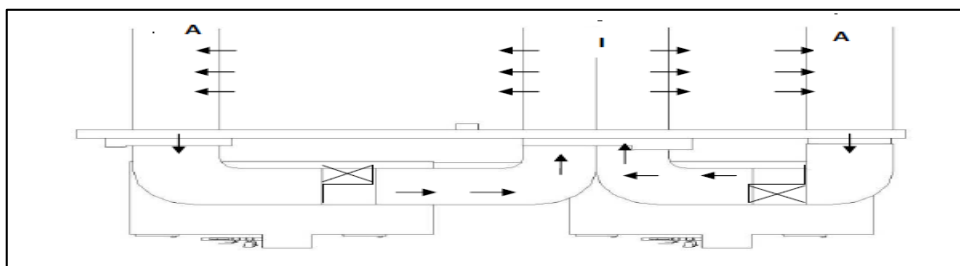


Imagen 54. Condiciones normales de secado. (Mejuto).

Condiciones especiales (Imagen 55):

- Impulsión (I) por los conductos laterales.
- Aspiración (A) por los conductos centrales.

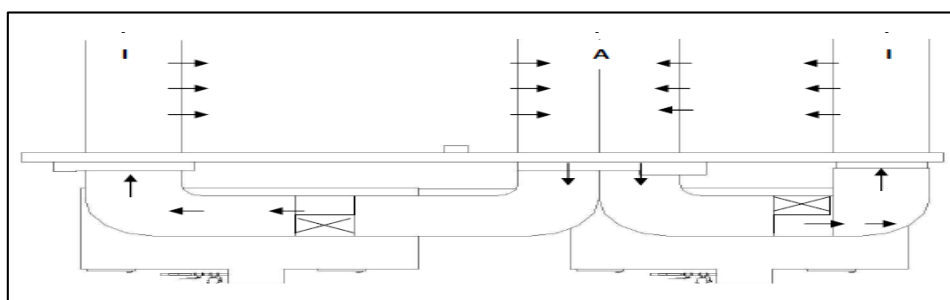


Imagen 55. Condiciones especiales de secado. (Mejuto).

7.8. Mantenimiento y reparación

7.8.1. Tabla de mantenimiento

Debido a la importancia de este apartado, se insistirá una vez más, en las labores a realizar rutinariamente por el personal de mantenimiento.

El personal encargado del manejo, vigilancia, mantenimiento y reparaciones de la máquina debe estar a cargo de técnicos cualificados, con conocimientos sólidos en mecánica, frío y electricidad. Dichos técnicos siempre contarán con el asesoramiento de la ingeniería y del servicio técnico.

A continuación se muestra una tabla (Tabla 49) con la relación de tareas y la frecuencia con la que se deben realizar.

Antes de abrir cualquier puerta del climatizador se debe comprobar que el motor está desconectado y esperar unos minutos hasta que paren los ventiladores.

PUNTOS DE COMPROBACIÓN			INTERVALOS DE MANTENIMIENTO				
Componente	Sub-componente	Puntos de fallo	1 mes	3 meses	6 meses	1 año	Depende de otros factores
Instalación interior/externor	Paneles externos	Contaminación/corrosión y daños			*		
	Paneles internos	Contaminación/corrosión y daños				*	
Puertas/Registros	Cubiertas exteriores, bisagras, cierres y conexiones	Fisuras y grietas, funcionamiento correcto				*	
	Juntas de puertas	Grietas			*		
Entrada de aire exterior	Rejilla de la entrada aire	Comprobar obstrucciones		*			
	Suelo, cubeta de condensación	Contaminación/corrosión		*			
Filtros	Pre-Filtros en superficie quebrada	Comprobar la caída de presión, comprobar daños y estanqueidad	*				*
Calentadores	Batería de agua caliente	Corrosión, fugas y ventilación				*	
	Glicol	Comprobar concentración				*	
	Termóstato de protección contra congelación	Funcionamiento				*	
	Calentador eléctrico	Contaminación, funcionamiento y cables flojos				*	
	Calentador de vapor	Contaminación/corrosión y fugas				*	
Enfriadores	Batería de agua fría	Corrosión, fugas y ventilación				*	
	Cubeta de condensación	Contaminación/corrosión				*	
	Sifón de drenaje	Contaminación y funcionamiento				*	
	Glicol	Comprobar la concentración de glicol				*	
Ventilador	Cojinetes	Lubricación/desgaste			*		*
	Impulsor	Contaminación/corrosión				*	
	Motor	Lubricación			*		
	Acoplamiento	Ajuste y desgaste	*				
	Conexiones flexibles	Grietas				*	
	Presostato/sensor	Funcionamiento				*	
Salida de aire	Conductos	Comprobar obstrucciones		*			
Controlador	Alarmas	Comprobar el histórico de alarmas	*				
Sensores	Sensores	Funcionamiento y calibración de puesta a cero				*	

Tabla 49. Relación de las tareas con la frecuencia que se deben realizar. (Mejuto).

7.8.2. Mantenimiento específico para el equipo

Si los trabajos de mantenimiento o limpieza entrañan algún riesgo eléctrico el operario debería desconectar la máquina del suministro.

Antes de abrir las puertas del climatizador se debe comprobar que el motor está desconectado y esperar unos minutos hasta que paren los ventiladores.

7.8.2.1. Baterías

Es muy importante para evitar que el rendimiento de la batería disminuya, mantener limpia la superficie de las aletas por lo que se deberá controlar su estado. La limpieza puede realizarse soplando la zona aleteada con aire comprimido o pulverizando agua o vapor.

Es necesario comprobar que:

- La presión del agua o vapor no produce daños en las aletas.
- No existen fugas de agua, vapor o refrigerante.
- Verificar la limpieza de la bandeja de recogida de condensados y tubo de desagüe.

7.8.2.2. Ventiladores

Se recomienda:

- Comprobar que no se acumula suciedad en los álabes del ventilador, pues de lo contrario podría desequilibrarse y provocar vibraciones.
- Comprobar al menos una vez al año el estado de las superficies y pintar si es necesario las partes que presenten principios de oxidación.
- Comprobar también el estado de los soportes anti-vibratorios y la lona flexible de la boca de impulsión sustituyéndola en caso necesario.

En caso necesario sustituir también los rodamientos antes de alcanzar su esperanza nominal de vida.

7.8.2.3. Filtros

Debido a que con filtros sucios se reduce el caudal de aire y puede pasar la suciedad a los componentes posteriores, se recomienda sustituirlos por recambios originales al alcanzar su pérdida de carga máxima recomendada.

Los recambios deben ser originales para garantizar la calidad, el grado de filtración y la pérdida de carga establecidos en el dimensionado de los equipos. La relación de las cantidades y las referencias de los filtros que están instalados en cada sección aparecen indicadas en el apartado 9.3. de este manual.

Como normal general, la pérdida de carga máxima recomendada en los filtros es la siguiente: Pre-filtros (G3 a G4 s/EN 779): 150 Pa

La duración de los filtros depende del tipo de filtro y del grado de suciedad o contaminación del aire que le llega por lo que se recomienda revisar su estado al menos una vez al mes, llevándose el correspondiente registro de control.

7.8.2.4. Acoplamiento

Hay que prestar especial atención a la alineación entre el motor eléctrico y las turbinas. Así mismo se aconseja:

- Al tratarse de un acoplamiento directo, es muy importante comprobar si el motor eléctrico y el ventilador están alineados correctamente.
- Antes de proceder a ajustar el acoplamiento, desconecte la fuente de alimentación.

Es necesario comprobar periódicamente la correcta alineación de la transmisión para evitar daños en los cojinetes, excesivas vibraciones e incluso ruptura del eje.

7.8.2.5. Paneles, cierres, zócalos y bastidores

Para evitar la oxidación de la estructura de los climatizadores así como de los cierres interiores, paneles, bancada del ventilador, etc., es necesario que, dependiendo de las condiciones ambientales donde se encuentra instalado el equipo, se realicen revisiones periódicas, una vez al año como mínimo, y se limpien con productos adecuados, que no dañen la estructura y que no tengan un efecto corrosivo.

La limpieza de las secciones de acceso debe realizarse cada seis meses para evitar la acumulación de partículas del ambiente en que se encuentre el equipo.

7.8.3. Reglas de seguridad para un correcto mantenimiento

Para realizar dicho mantenimiento debe seguir unas normas de seguridad:

- Desconecte siempre la fuente de alimentación antes de mantener, reparar, ajustar o limpiar la máquina.
- Nunca trabaje en las partes eléctricas de la máquina si ésta permanece conectada a una fuente de energía.
- Solamente podrá realizar trabajos de mantenimiento y reparación de la máquina el personal técnico capacitado para la tarea a realizar.
- Debe seguir las instrucciones de seguridad y velar que el resto de los usuarios también las sigan.
- No elimine o modifique los mecanismos de seguridad de la máquina y no utilice recambios que no sean apropiados para la misma.
- No haga cambios o modificaciones en la máquina, éstas podrían ocasionar un mal funcionamiento de la misma.

7.9. Cuadro de errores y avisos

7.9.1. Errores

ERRORES GENERALES	ERRORES PARTICULARES	ACTUACIÓN
Protección mando 24Vcc (13Q1/13Q2)	-	Rearmar en el cuadro eléctrico
Protección mando 24Vac (13Q5)	-	Rearmar en el cuadro eléctrico
Protección Transformador 24Vac (13Q5)	-	Rearmar en el cuadro eléctrico
Protección mando 220Vac(13Q6)	-	Rearmar en el cuadro eléctrico
Seta de emergencia cuadro	-	Rearmar en el cuadro eléctrico
Relé orden de fases	-	PARO - Rearmar en el cuadro eléctrico
Dep. frío error bombas/equipos	-	PARO - Rearmar en el cuadro eléctrico
Dep. calor error bombas/equipos	-	PARO - Rearmar en el cuadro eléctrico
-	Protección turbina (8Q1/VAR1)	
-	Error temperatura ambiente 1	Revisar y/o comprobar
-	Error temperatura ambiente 2	Revisar y/o comprobar
-	Error temperatura retorno frío	Revisar y/o comprobar
-	Error temperatura retorno calor	Revisar y/o comprobar
-	Error humedad 1	Revisar y/o comprobar
-	Error humedad 2	Revisar y/o comprobar
-	Error seccionador turbina	Cerrar puerta o desconectar alimentación
-	Error cierre compuerta distribución	PARO - Revisar y/o comprobar
-	Error temperatura alta	Revisar y/o comprobar
-	Error temperatura baja	Revisar y/o comprobar
-	Error diferencia sondas temperatura homologas	PARO - Revisar y/o comprobar
-	Error diferencia sondas humedad homologas	PARO - Revisar y/o comprobar
-	Error alarma fuego	PARO - Comprobar y rearmar cuadro eléctrico
-	Error confirmación arranque turbina (8Q1/VAR1)	Revisar y/o comprobar
-	Error cierre compuerta renovación	PARO - Revisar y/o comprobar
-	Error presión alta turbina	PARO - Revisar y/o comprobar
-	Protección diferencial (2Q2)	Rearmar en el cuadro eléctrico
-	Protección lámpara RCI	Revisar y/o comprobar
-	Error apertura compuerta distribución	PARO - Revisar y/o comprobar
-	Protección turbina renovación (4Q1)	Revisar y/o comprobar

Tabla 50. Cuadro de errores. (Mejuto).

7.9.2. Avisos

AVISOS GENERALES	AVISOS PARTICULARES	ACTUACIÓN
-	Error posicionamiento proporcional de frío	Revisar y sustituir
-	Error posicionamiento proporcional de calor	Revisar y sustituir
-	Error apertura válvula de frío	Revisar y sustituir
-	Error cierre válvula de frío	Revisar y sustituir
-	Error apertura válvula de calor	Revisar y sustituir
-	Error cierre válvula de calor	Revisar y sustituir
-	Error apertura válvula de desescarche	Revisar y sustituir
-	Error cierre válvula de desescarche	Revisar y sustituir
-	Error filtro sucio turbina	Limpiar o cambiar filtro
-	Error filtro sucio turbina renovación	Limpiar o cambiar filtro
-	Error temperatura salida de aire	Revisar y/o comprobar
-	Error cierre compuerta renovación	Revisar y/o comprobar
-	Error temperatura salida aire	Revisar y/o comprobar
-	Error humedad salida aire	Revisar y/o comprobar
-	Error temperatura aire en batería	Revisar y/o comprobar
-	Error transductor de presión turbina	Revisar y sustituir

Tabla 51. Cuadro de avisos. (Mejuto).

7.10. Cuadro de fallos

FALLOS	ACTUACIÓN
Motor no arranca	Comprobar el cableado del cuadro eléctrico
Consumo del motor es superior (funcionamiento forzado del motor)	Reducir la velocidad de giro del ventilador
	Cerrar un poco el estrangulador
Ruido en el arranque de los motores	Comprobar el acoplamiento entre motor y turbinas
Caudal de aire es inferior	Sentido de giro erróneo, cambiar sentido
	Comprobar estado de los filtros
	Comprobar velocidad de giro del ventilador
Prestaciones de las baterías son inferiores	Comprobación de las válvulas y conexiones de las tuberías
	Purgar la batería
Arrastre de gotas en la batería de frío	Caudal superior, ajustarlo reduciendo la velocidad de giro del ventilador

Tabla 52. Cuadro de fallos. (Mejuto).

7.11. Manejo

7.11.1. Consejos básicos para el correcto funcionamiento del equipo

Una vez instalado el equipo de trabajo, cualquier modificación o reparación posterior en la parte mecánica o eléctrica de la máquina debe ser efectuada por un técnico industrial o personal con cierta formación equivalente.

Los operarios encargados del equipo, y en general todo el personal que trabaje en la zona donde esté situada, deben utilizar los equipos de trabajo recomendados.

Esto incluye zapatos de seguridad para protección contra caída de objetos, deslizamiento por suelo mojado, así como ropa ajustada de forma que minimice el riesgo de quedar atrapado en alguna de las partes móviles de la máquina.

Regularmente, se deben hacer comprobaciones para verificar que los dispositivos de seguridad funcionan correctamente y que no existe ningún problema en ellos. Se deben hacer simulacros para comprobar que funcionen. En el caso, de que existe algún problema se debe solucionar de forma inmediata y antes de poner en funcionamiento la máquina.

No debe tocarse o acercarse a la máquina cuando esté en funcionamiento, porque podría producirse algún accidente. En caso de fallo o sobrecarga no manipule la máquina sin antes proceder a su parado. Si ocurre un atrapamiento intente desconectar la máquina, de este modo cortará el funcionamiento de forma instantánea.

7.11.2. Obligaciones del operario

El operario encargado del equipo debe asegurarse de que se cumplen todos los requisitos necesarios para un manejo seguro de la máquina, por lo tanto hay que tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- La zona de trabajo debe estar bien iluminada.
- La zona de trabajo debe estar restringida para el personal no autorizado.
- Los dispositivos y alarmas deben ser comprensibles y perceptibles.
- Incorporar y respetar las advertencias y señalizaciones necesarias.
- Controlar los riesgos de incendio y calentamiento excesivo de la máquina.
- Los repuestos o modificaciones añadidas en el equipo no deben poner en riesgo al personal, ni el buen funcionamiento de la máquina.

7.11.3. Reglas de seguridad para el operario

A continuación se describen una serie de normas básicas a cumplir por los operarios de la máquina y en general por el personal que éste cerca de ella:

- El operario debe seguir las instrucciones de seguridad y cuidar que el resto del personal también las cumpla.
- El personal no autorizado o no capacitado para manejar la máquina debe mantenerse alejado de la misma.
- Si no se cumplen las normas e instrucciones de seguridad recomendadas se podrían producir accidentes.
- No debe usar la máquina si ésta carece de los dispositivos de seguridad.
- Procure no tocar las partes móviles de la máquina cuando está en movimiento.
- Preste especial atención en su trabajo, las distracciones pueden ocasionar un accidente.
- Si observa o encuentra algún problema en la máquina mientras está trabajando, deténgala de inmediato.

7.12. Contraindicaciones de uso

Debe utilizar la máquina para los fines previstos, otro tipo de operaciones puede provocar accidentes y poner en peligro al operario y al personal que se encuentra alrededor. En el caso de que no cumpla con estas indicaciones, queda bajo su responsabilidad cualquier tipo de accidente provocado por la máquina.

Cualquier otro uso distinto al previsto puede ocasionar situaciones peligrosas, por lo tanto se recomienda:

- Utilizar el equipo únicamente para el propósito previsto.
- No intente prescindir de ningún elemento de la máquina. Recuerde que el equipo no funcionará correctamente si no tiene todos sus elementos en condiciones e instalados en su lugar.

CAPÍTULO 8. Balance económico

8.1. Objetivo

Voy a estimar la inversión requerida para el proyecto, básicamente el coste de los equipos y demás elementos para el correcto funcionamiento de la cámara de secado y maduración de queso.

8.2. Coste estimado

El capital necesario para empezar el proyecto se puede clasificar en dos tipos:

- 1.- Costes fijos: es el coste total de la cámara para comenzar su funcionamiento. Es el coste pagado a los contratistas, incluye diseño, ingeniería y supervisión de la construcción, todos los equipos y su puesta en funcionamiento, así como instrumentación y sistemas de control, construcciones y estructuras.
- 2.- Coste variable: son los costes del cambio en la proporción para un buen servicio y uso de la cámara. Depende en la cantidad de producto producido así como en las desviaciones de punto de diseño.

8.2.1. Costes de los equipos

❖ Mueble climatizador

UNIDADES	PRECIO	IMPORTE TOTAL
2	60.320,00	120.640,00

Tabla 53. Coste de los equipos. Mueble climatizador. (Mejuto).

Mueble climatizador para alojar las baterías enfriadoras de aire y el módulo de ventilación, realizado mediante cámara modular de panel sándwich aislante, formado por doble chapa de acero inoxidable calidad AISI 304 y alma de poliuretano inyectado ($\rho=38\text{kg/m}^3$).

Ensamblaje entre paneles mediante gancho excéntrico y marco de unión perimetral de PVC. Incluso puertas pivotantes de acceso, marco perimetral con rotura de puente térmico, hoja de panel aislante con acabado ambas caras en acero inoxidable.

❖ Sistema de medición de condensación

UNIDADES	PRECIO	IMPORTE TOTAL
2	1.490,00	2.980,00

Tabla 54. Coste de los equipos. Sistema de medición de condensación. (Mejuto).

Se instala un sistema de medición de litros de agua condensada en desagüe de equipos de tratamiento de aire controlado por programa SCADA, para control de mermas.

❖ Distribución de aire

UNIDADES	PRECIO	IMPORTE TOTAL
2	49.950,00	99.900,00

Tabla 55. Coste de los equipos. Distribución de aire (secado y maduración). (Mejuto).

Dos conductos de impulsión realizados en panel tipo sándwich liso por interior, con reparto de flujo continuo mediante mangas textiles.

Plenums de aspiración realizados mediante conducto liso por interior con sistema de aspiración mediante perforaciones distribuidas de acero lacado blanco con lamas de cierres.

❖ Renovación de aire en cámaras de secado y maduración

UNIDADES	PRECIO	IMPORTE TOTAL
2	4.070,00	8.140,00

Tabla 56. Coste de los equipos. Renovación de aire en cámaras de secado y maduración. (Mejuto).

Para la renovación de aire se instalará un módulo de filtración de aire a la entrada de cada climatizador, con nivel de filtración G4/F7.

Para extracción de aire viciado, se instalará un extractor de tipo radial, con una red de conductos y compuertas de cierre con las siguientes características unitarias: Caudal de aire: 3.500 m³ /h (regulable con variador de frecuencia).

❖ División interior en cámara de secado y maduración

UNIDADES	PRECIO	IMPORTE TOTAL
1	13.400,00	13.400,00

Tabla 57. Coste de los equipos. División interior en cámara de secado y maduración. (Mejuto).

Formación de división interior en Cámara de secado para dividir la cámara, realizado mediante panel frigorífico de las siguientes características:

Panel frigorífico sándwich HUURRE IBERICA o similar de 100 mm de espesor, alma de espuma de poliuretano (PIR) Bs2d0, de 40Kg/m³, chapa de acero prelacado en color blanco de 0.5mm en ambas caras. Certificado de calidad alimentaria, sistema de unión con doble machiembreado. Perfilería de chapa metálica a medida, perfil sanitario cóncavo en esquinas interiores, tornillería, siliconado de juntas Totalmente ejecutado en pared, incluso p.p. de medios auxiliares y de seguridad. Medido sin deducción de huecos.

❖ **Red de tuberías circuito secundario (megly)**

UNIDADES	PRECIO	IMPORTE TOTAL
1	68.750,00	68.750,00

Tabla 58. Coste de los equipos. Red de tuberías circuito secundario (megly). (Mejuto).

Red de tuberías para fluido caloportador del circuito secundario a base de tubería de acero INOX con los diámetros adecuados calculados en base a una velocidad del fluido de 2 m / seg con sus correspondientes accesorios de montaje y soportes.

❖ **Aislamiento de tubos circuito secundario**

UNIDADES	PRECIO	IMPORTE TOTAL
1	53.400,00	53.400,00

Tabla 59. Coste de los equipos. Aislamiento de tubos del circuito secundario. (Mejuto).

Para evitar la condensación en las tuberías frías y pérdida de calor en tubos de MEGLY caliente se aislarán las tuberías a base de poliuretano inyectado con los espesores adecuados y acabado exterior en aluminio-

❖ **Cuadros eléctricos de control**

UNIDADES	PRECIO	IMPORTE TOTAL
1	65.750,00	65.750,00

Tabla 60. Coste de los equipos. Cuadros eléctricos de control. (Mejuto).

Armario de control construido a base de perfiles y chapa lacada con sus correspondientes puertas, para alojar sistema de fuerza, mando, sinóptico, módulo informático y conexión vía módem.

El cuadro eléctrico consta de las siguientes partes:

- SISTEMA DE FUERZA. Protectores térmicos, magnetotérmicos con sus bloques de contactos. Esta información es enviada a los autómatas correspondientes, evaluándola y actuando consecuentemente en el sistema de mando. Uso de variadores de frecuencia para realizar un control muy exhaustivo de la instalación (para un mejor aprovechamiento del rendimiento frigorífico de los compresores y bombas) consiguiendo con todo ello una mejora en el ahorro de consumo de la energía eléctrica.
- SISTEMA DE MANDO. Consta de los siguientes elementos: Para el grupo de los climatizadores de secado dispondremos de:
 - 1 autómata programable con todas las entradas y salidas analógicas y digitales necesarias para el control de los servicios .
 - Multiplexores
 - Módulos de relés
 - Contactores

Para el control de toda la instalación se van a instalar los siguientes captadores:

- CAPTADORES DE SEÑAL POR CADA CÁMARA DE SECADO (POR CADA UNIDAD)

UNIDADES	PRECIO	IMPORTE TOTAL
2	1.480,00	2.960,00

Tabla 61. Coste de los equipos. Captadores de señal por cada cámara de secado. (Mejuto).

- Dos sondas T°C ambiente *f*
- Dos sondas Hr ambiente *f*
- Una sonda de Tª retorno de MEGLY frío *f*
- Una sonda de Tª retorno de MEGLY caliente *f*
- Transductor de presión con salida 4/20 mA *f*
- Una sonda T°C salida de aire batería frío *f*
- Una sonda T°C salida de aire conducto. *f*
- Una sonda Hr salida de aire conducto.

❖ **Equipo informático y conexión vía ADSL**

UNIDADES	PRECIO	IMPORTE TOTAL
1	10.870,00	10.870,00

Tabla 62. Coste de los equipos. Equipo informático y conexión vía ADSL. (Mejuto).

Descripción del funcionamiento:

- Se va a instalar un autómata para el control de las cámaras de Secado.
- El autómata se conectará en una red ETHERNET, a la que a su vez se conectará el PC de supervisión y control de la instalación.
- En el PC se estará ejecutando un programa SCADA de supervisión de la instalación, en el cual estaremos visualizando las siguientes pantallas:
 - Pantalla principal: Datos en Tiempo Real.
 - Temperatura de la cámara.
 - Humedad relativa de la cámara.
 - Gráfica de todos los datos.

Programación de los ciclos en cámara donde se quiere controlar la temperatura /humedad y tiempos de renovación de aire:

- Duración de la renovación aire viciado en secaderos.
- Tiempo entre renovaciones.
- Tipo de ventilación (Automática o Manual) en unidades enfriadoras de aire.
- Control de DT1 – PID válvula proporcional

❖ **Líneas eléctricas desde el cuadro a los diferentes receptores**

UNIDADES	PRECIO	IMPORTE TOTAL
1	67.675,00	67.675,00

Tabla 63. Coste de los equipos. Líneas eléctricas desde el cuadro a los diferentes receptores. (Mejuto).

Se pretende hacerlas a base de mangueras de aislamiento 0,6 –1 kV libre de halógenos que transcurrirán sobre bandejas con el número de conductores y secciones para la carga que deban de soportar y cumpliendo el REBT para el tipo de instalación.

Con este tipo de instalación facilitamos una mejor localización de cualquier tipo de conductor al ir numerada la manguera y los conductores alojados en ella.

- CONEXIÓN VÍA ADSL

Está formado por un software de control remoto (Diseñado específicamente para instalaciones industriales).

Nos permite realizar un mantenimiento preventivo, permitiendo así una rápida solución y unos costes de mantenimiento mínimos. De esta forma podemos controlar los autómatas y el PC desde nuestras oficinas como si estuviéramos en la propia instalación. Asimismo se puede realizar la conexión con la instalación a través una PDA con GPRS o WIFI para poder realizar supervisión de la instalación sin necesidad de disponer de un PLC.

❖ **Pruebas de estanqueidad**

UNIDADES	PRECIO	IMPORTE TOTAL
1	3.400,00	3.400,00

Tabla 64. Coste de los equipos. Pruebas de estanqueidad. (Mejuto).

Las pruebas de estanqueidad se realizarán presurizando el circuito con aire comprimido en circuito secundario.

❖ **Primeras cargas de megly**

UNIDADES	PRECIO	IMPORTE TOTAL
1	16.750,00	16.750,00

Tabla 65. Coste de los equipos. Primeras cargas de megly. (Mejuto).

❖ **Puesta en marcha de la instalación**

UNIDADES	PRECIO	IMPORTE TOTAL
1	10.740,00	10.740,00

Tabla 66. Coste de los equipos. Puesta en marcha de la instalación. (Mejuto).

Resumiendo:

EQUIPO	UNIDADES	IMPORTE TOTAL
MUEBLE CLIMATIZADOR	2	120.640,00
SISTEMA DE MEDICIÓN DE CONDENSACIÓN.	2	2.980,00
DISTRIBUCIÓN DE AIRE	2	99.900,00
RENOVACIÓN DE AIRE EN CÁMARAS DE SECADO Y MADURACIÓN	2	8.140,00
DIVISIÓN INTERIOR EN CÁMARA DE SECADO Y MADURACIÓN	1	13.400,00
RED DE TUBERÍAS CIRCUITO SECUNDARIO (MEGLY)	1	68.750,00
AISLAMIENTO DE TUBOS CIRCUITO SECUNDARIO	1	53.400,00
CUADROS ELÉCTRICOS DE CONTROL.	1	65.750,00
CAPTADORES DE SEÑAL POR CADA CÁMARA DE SECADO	2	2.960,00
EQUIPO INFORMÁTICO Y CONEXIÓN VÍA ADSL.	1	10.870,00
LÍNEAS ELÉCTRICAS DESDE EL CUADRO A LOS DIFERENTES RECEPTORES.	1	67.675,00
PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD	1	3.400,00
PRIMERAS CARGAS DE MEGLY	1	16.750,00
PUESTA EN MARCHA	1	10.740,00
IMPORTE TOTAL		545.355,00

Tabla 67. Coste de los equipos. Resumen. (Elaboración propia).

8.3. Ventas

Partiendo de la entrada diaria de queso: 27.000 kg, el precio de venta del queso en euros/ kg es:

❖ Queso de oveja

OVEJA			
PASTEURIZADO			CRUDO
VIEJO	CURADO	TIERNO	CURADO
9,89	8,5	8,46	8,8

Tabla 68. Precio de venta. Queso de oveja. (Elaboración propia).

❖ Queso de cabra

CABRA	
PASTEURIZADO	
SEMI	TIERNO
8,25	8,46

Tabla 69. Precio de venta. Queso de cabra. (Elaboración propia).

❖ Queso de vaca

VACA
PASTEURIZADO
TIERNO
5,9

Tabla 70. Precio de venta. Queso de vaca. (Elaboración propia).

❖ Queso mezcla

MEZCLA		
PASTEURIZADO		
TIERNO	SEMI	CURADO
6,6	6,82	7,26

Tabla 71. Precio de venta. Queso mezcla. (Elaboración propia).

Estimando un precio medio de venta al público de queso, **se obtiene un precio de: 7,89 Euros/kg.**

8.4. Amortización

Partiendo de:

- Precio de venta de 7,89 euros/Kg .
- Coste total de la inversión: 545.355,00 euros/Kg.
- Capacidad diaria de 27.000 Kg.

Se supone que el beneficio sobre el precio de venta es del 1 %, teniendo en cuenta los costes de producción. De esta forma, el beneficio es de 0.0789 euros/Kg de queso vendido.

Puesto que se producen con esta cámara 27.000 Kg de queso al día, el beneficio de ventas en un día es:

$$0.0789 \frac{\text{euros}}{\text{Kg}} \times 27000 \frac{\text{kg}}{\text{día}} = 2131,29 \frac{\text{euros}}{\text{día}}$$

Que al mes se convertirían em: **63938.7 euros**

Quitando de ese beneficio un 50 % en concepto de impuestos y costes indirectos, resulta el beneficio neto:

$$21312,94 \frac{\text{euros}}{\text{día}} \times 0,5 = 1055,65 \frac{\text{euros}}{\text{día}}$$

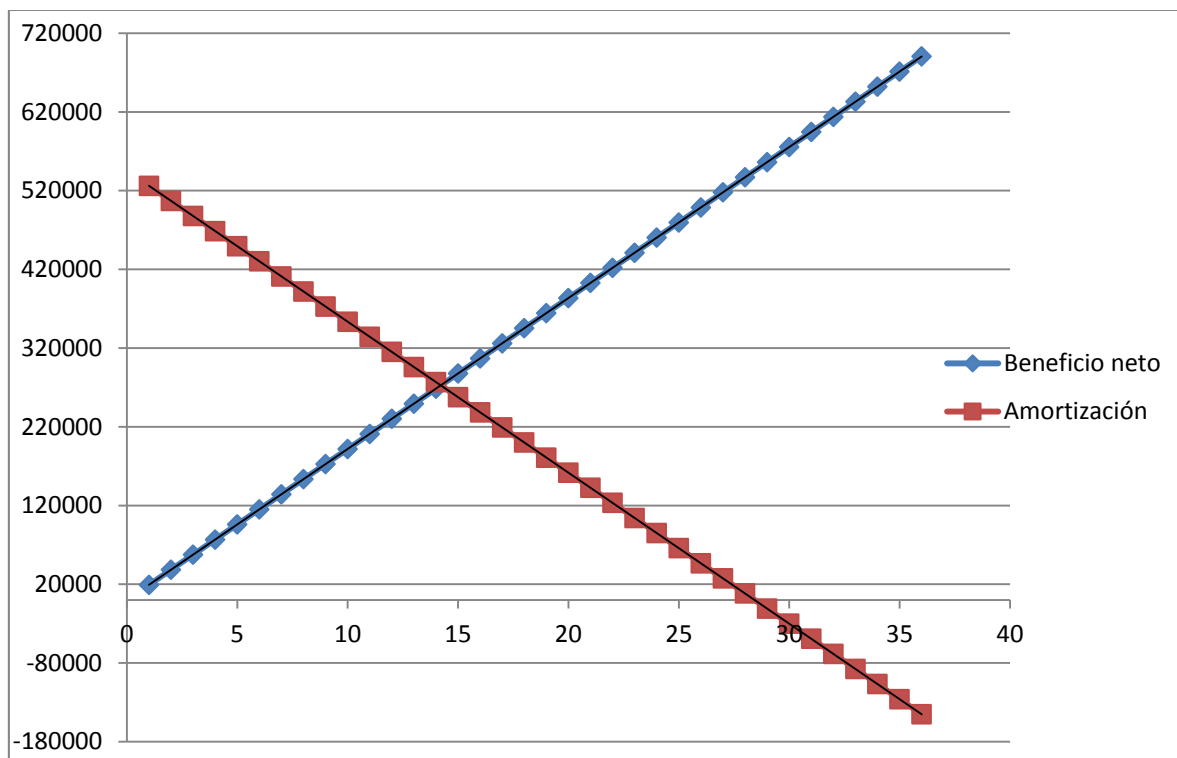
Que al mes es: **19181,65 euros.**

En la Tabla 72 se representa por un lado, el beneficio total a lo largo de los meses, hasta 36 meses (3 años), y en la otra columna, la amortización (beneficio - coste).

MES	BENEFICIO NETO	AMORTIZACIÓN	MES	BENEFICIO NETO	AMORTIZACIÓN
1	19181,65	526173,35	19	364451,28	180903,71
2	38363,29	506991,7	20	383632,92	161722,07
3	57544,93	487810,06	21	402814,57	142540,42
4	76726,58	468628,41	22	421996,22	123358,77
5	95908,23	449446,76	23	441177,86	104177,13
6	115089,87	430265,12	24	460359,51	84995,48
7	134271,52	411083,47	25	479541,16	65813,83
8	153453,17	391901,82	26	498722,8	46632,19
9	172634,81	372720,18	27	517904,45	27450,54
10	191816,46	353538,53	28	537086,09	8268,9
11	210998,11	334356,88	29	556267,74	-10912,74
12	230179,75	315175,24	30	575449,39	-30094,39
13	249361,4	295993,59	31	594631,03	-49276,03
14	268543,04	276811,95	32	613812,68	-68457,68
15	287724,69	257630,3	33	632994,33	-87639,33
16	306906,34	238448,65	34	652175,97	-106820,97
17	326087,98	219267,01	35	671357,62	-126002,62
18	345269,63	200085,36	36	690539,27	-145184,27

Tabla 72. Beneficio neto y amortización. (Elaboración propia).

En la Gráfica 1, se representa ambos valores.



Gráfica 1. Beneficio neto y amortización. (Elaboración propia).

Se puede comprobar que la amortización total se da en el mes 29, a partir del cual ya todo el precio obtenido del queso que se vende se destina a beneficios globales del grupo.

ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de bloques

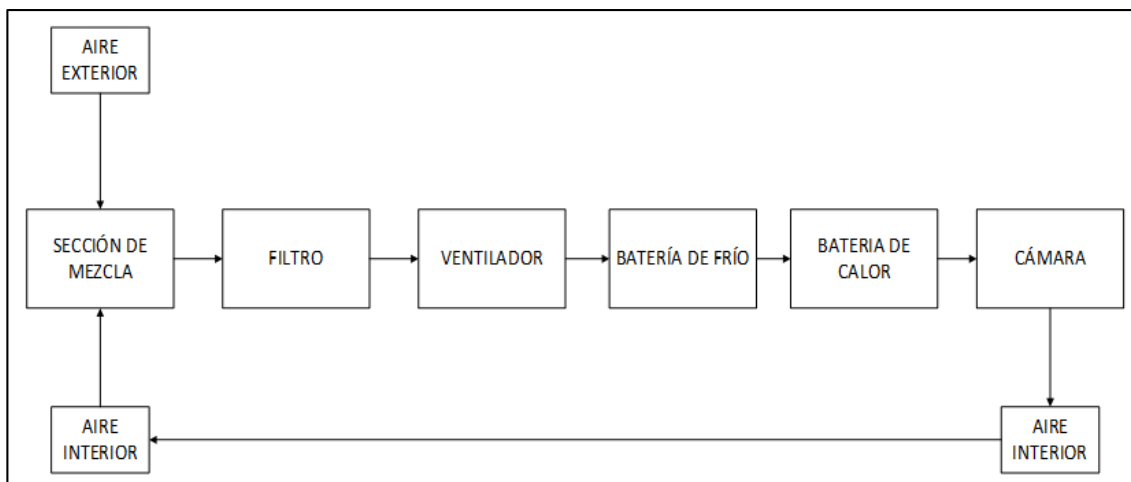


Figura 3. Diagrama de bloques del proceso. (Elaboración propia).

Anexo 2. Alzado

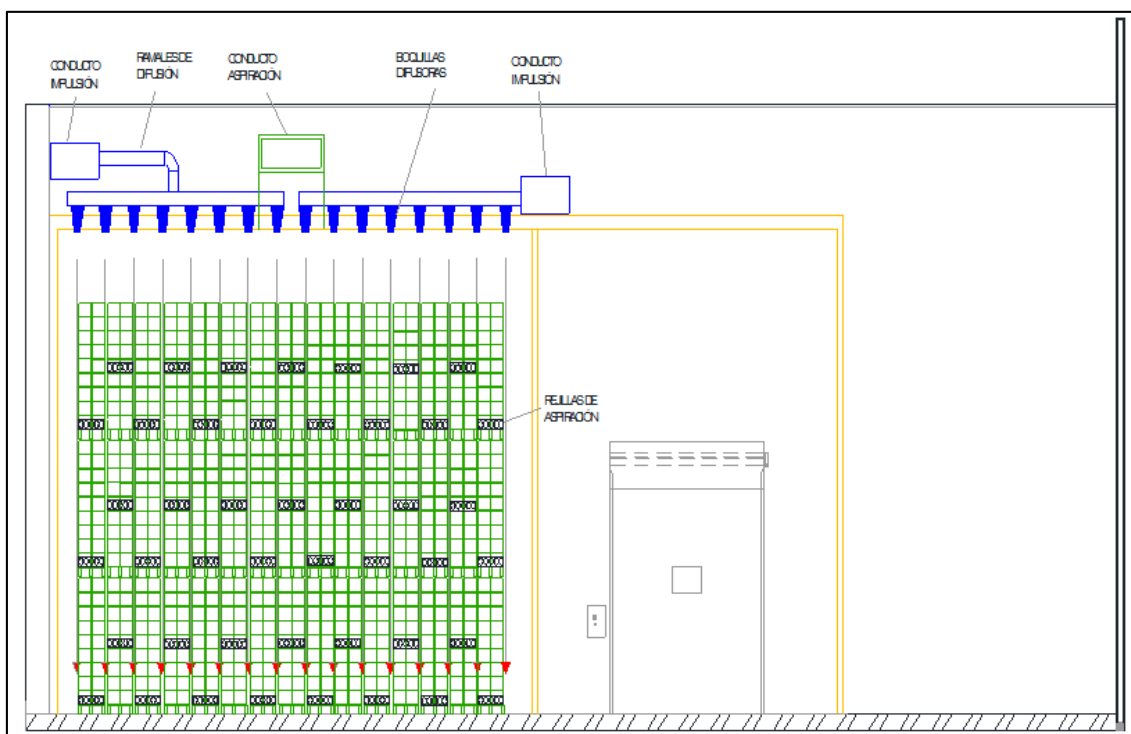


Imagen 56. Alzado cámara. (Elaboración propia).

Anexo 3. Planta

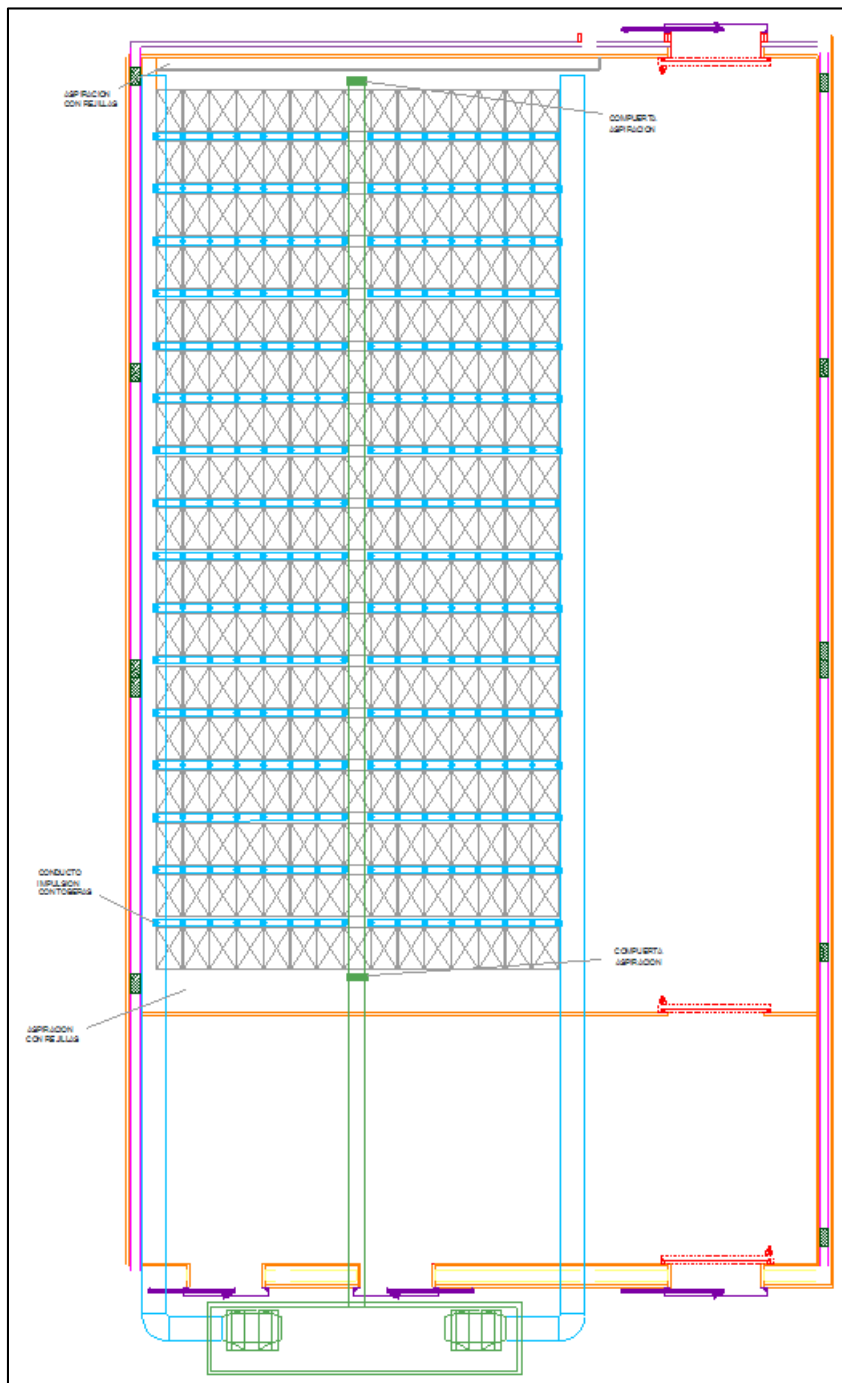


Imagen 57. Planta cámara. (Elaboración propia).

BIBLIOGRAFÍA

[1] *“Avances en ingeniería de climatización y refrigeración”*. Francisco Javier Rey Martínez, Eloy Velasco Gómez. (2005). Universidad de Valladolid.

[2] *“Cálculos en instalaciones frigoríficas”*. José María Pinazo Ojer. (1995). Universidad Politécnica de Valencia.

[3] *“Catálogos de los quesos de España”*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

[4] *“Climatización de edificios”*. Juan Luis Fumadó Alsina. (1996). Ed. Del Serbal.

[5] *“Conocimientos técnicos de climatización”*. Cano Pina S.L. (2007). Ed. Técnica.

[6] *“Control de los productos lácteos”*. (2000). Manuel Arroyo, Karl Schneider. Ed. Dossat.

[7] *“Curso práctico de refrigeración y aire acondicionado”*. N. Cook. (2001). Ed. A. Madrid Vicente.

[8] *“Curso Universitario de Ingeniería de Climatización”*. Francisco Javier Rey Martínez, Eloy Velasco Gómez. (2006). Universidad de Valladolid.

[9] *“Enciclopedia de la climatización”*. Juan Antonio Ramírez. (1994). Ed. Ceac.

[10] *“Fabricación del queso”*. R. Scott. (2002). Ed. Acribia.

[11] *“Fundamentos de ventilación industrial”*. V. V. Baturin. (1976). Ed. Labor.

[12] *“Lactología Técnica”*. Roger Veisseyre. (1988). Ed. Acribia.

[13] *“Las bases del frío”*. Francis Cabeza. (2009). Ed. Didafrio.

[14] *“Manual de aire acondicionado”*. Carrier Air Conditioning. (2009). Ed. Marcombo.

[15] *“Manual de climatización”*. José Manuel Pinazo Ojer. (1995). Universidad Politécnica de Valencia.

[16] *“Manual de climatización Tomo III: Cargas térmicas”*. José Manuel Pinazo Ojer (1995). Universidad Politécnica de Valencia.

[17] *“Manual de quesería: guía del profesor”*. Andrés Navarro Garrido.

[18] *“Manual práctico de quesería”*. Miguel A. Ramírez Ortíz. (2005). Ed. Ayala.

[19] *“Manuales técnicos y de instrucción para conservación de energía”*. Manual 7: Acondicionamiento de locales. Centro de Estudios de la Energía.

[20] *“Operaciones de transferencia de masa”*. Robert E. Treybal. Ed. Mc Graw Hill. Capítulo 12.

[21] *“Principios básicos fabricación de quesos”*. M. Medina Fernández Regatillo. Ministerio Agricultura., pesca y alimentación.

[22] *“Problemas de Ingeniería Química: Operaciones básicas”*. J. Ocon, G. Tojo. Ed. Aguilar.

[23] *“Quesos de España”*. Manuel Arroyo, Carlos García del Cerro. Ed. Espasa Calpe.

[24] *“Quesos magistrales”*. Manuel Arroyo, Carlos García del Cerro. (1992). Ed. Alianza.

[25] *“Refrigeración. Principios, Prácticas y Funcionamiento”*. (2009). Chris Langley.

[26] *“Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias”*. Real Decreto 138/2011.

[27] *“Reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas”*. Real Decreto 3.099/1977.

[28] *“Técnicas de refrigeración”*. Luis Jutglar, Ángel L. Miranda. (2008). Ed. Marcombo.

[29] *“Técnicas de climatización”*. Ángel Luis Miranda. (2007). Ed. Marcombo.

[30] *“Tecnología quesera”*. Antonio Madrid. (1998). Ed. Mundi- Prensa.

[31] “AEFYT (Asociación Española de Empresas de Frío y sus Tecnologías)”

[32] Revista del club de instaladores Climaver. (2007).

[33] <http://www.quesos.com/enciclopedia.asp?P=Fabricacion>

Fecha de consulta: febrero, 2015

[34] http://www.csgastronomia.edu.mx/moodledata/aulas/40/Maduracion_de_Quesos.pdf

Fecha de consulta: marzo, 2015

[35] <http://www.empresaeficiente.com/>

Fecha de consulta: marzo, 2015

[36] <http://www.empresaeficiente.com/es/catalogo-de-tecnologias/sistemas-de-recup-de-calor-aprovechamiento-de-calor-residual#ancla>
<http://www.empresaeficiente.com/es/catalogo-de-tecnologias/sistemas-de-recup-de-calor-aprovechamiento-de-calor-residual#ancla>

Fecha de consulta: marzo, 2015

[37] www.atecyr.org

Fecha de consulta: marzo, 2015

[38] www.caloryfrio.com

Fecha de consulta: marzo, 2015

[39] www.idae.es

Fecha de consulta: marzo, 2015

[40] <http://www.cosasdequesos.es/maduraci%C3%B3n/>

Fecha de consulta: abril, 2015.

[41] <http://instalaciones-termicas.blogspot.com.es/p/indice.html>

Fecha de consulta: abril, 2015

[42] [http://www.scalofrios.es/Climatizacion/todo_aire/UTA%20\(Apuntes%20de%20Configuracion\).pdf](http://www.scalofrios.es/Climatizacion/todo_aire/UTA%20(Apuntes%20de%20Configuracion).pdf)

Fecha de consulta: abril, 2015

[43] <http://ocw.unican.es/enseanzas-tecnicas/frio-industrial-y-aire-acondicionado/material-de-clase-2/008%20Instal%20AA.pdf>

Fecha de consulta: abril, 2015

[44] http://www.sauteriberica.com/fileadmin/sib/Systems/.esp_tecnica/Soluciones/Espana/SOLUCION_49_CL936-4DN_0110_sp.pdf

Fecha de consulta: abril, 2015

[45] <http://instalaciones-termicas.blogspot.com.es/2013/10/climatizador-ota-unidad-de.html>

Fecha de consulta: abril, 2015

[46] <http://www.botanical-online.com/quesopropiedades.htm>

Fecha de consulta: mayo, 2015

[47] http://www.git.uji.es/docencia/Apuntes/Balances/BAL_2_RESPIRA.pdf

Fecha de consulta: mayo, 2015

[48] <https://www.iesbeatriu.org/blogs/626/01%20BALANCE%20TERMICO.pdf>

Fecha de consulta: mayo, 2015

[49] <http://www.upv.es/entidades/DTRA/infoweb/dtra/info/U0639388.pdf>

Fecha de consulta: mayo, 2015

[50] <http://personales.unican.es/rene/doc/Trasparencias%20WEB/Trasp%20Tec%20Ener/050%20Cargas%20T%C3%A9rmicas%20Refrigeraci%C3%B3n.pdf>

Fecha de consulta: mayo, 2015

[51] <https://www.ashrae.org/>

Fecha de consulta: mayo, 2015

[52] https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2013/455/42641/1/Documento10.pdf

Fecha de consulta: mayo, 2015

[53] <http://cosasdequesos.es/>

Fecha de consulta: mayo, 2015

[54] <https://laboralfrio.wikispaces.com/>

Fecha de consulta: mayo, 2015