



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo fin de grado

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

Mención: Industrias Agrarias y Alimentarias

Diseño e instalaciones de una empresa agroalimentaria para el manejo y la conservación post-cosecha de peras de la variedad Conferencia en la zona de La Rioja Baja

Design and facilities of an agri-food company for the postharvest handling and storage of Conference pears in the Lower Rioja

Autor: María Hernández García

Directoras: María Eugenia Venturini Crespo, María Pilar Lobera González

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA | 2025

# INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO Y OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE 7</b>	
<b>1.2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL.....</b>	<b>9</b>
<b>1.3. CULTIVO .....</b>	<b>10</b>
<b>1.4. ÍNDICES DE CALIDAD .....</b>	<b>11</b>
<b>1.5. RECOLECCIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>1.6. FISIOLÓGÍA POST-COSECHA Y ALTERACIONES .....</b>	<b>15</b>
<b>1.6.1. FISIOLÓGÍA .....</b>	<b>15</b>
<b>1.7. CONSERVACIÓN POST-COSECHA.....</b>	<b>21</b>
<b>1.8. LA DENOMINACION DE ORIGEN (DOP) “PERAS DE RINCON DE SOTO”</b>	<b>30</b>
<b>2. ANÁLISIS DEL SECTOR HORTOFRUTÍCOLA Y DE LAS TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN.....</b>	<b>42</b>
<b>2.1 SITUACIÓN A NIVEL MUNDIAL .....</b>	<b>42</b>
<b>2.2 SITUACIÓN A NIVEL EUROPEO Y NACIONAL .....</b>	<b>43</b>
<b>2.3 PRODUCCIÓN EN ESPAÑA .....</b>	<b>45</b>
<b>2.4 CONSUMO DE PERAS .....</b>	<b>46</b>
<b>2.5 COMERCIALIZACIÓN.....</b>	<b>46</b>
<b>3. EMPLAZAMIENTO .....</b>	<b>49</b>
<b>3.1 SITUACIÓN DEL POLÍGONO Y DE LA PARCELA.....</b>	<b>49</b>
<b>3.2 INFRAESTRUCTURAS DEL POLÍGONO .....</b>	<b>50</b>
<b>3.3 COMUNICACIONES .....</b>	<b>51</b>
<b>3.4 AMPLIACIONES DE LA INDUSTRIA.....</b>	<b>52</b>
<b>4. PROCESO PRODUCTIVO .....</b>	<b>55</b>
<b>4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS FASES DEL PROCESO PRODUCTIVO .....</b>	<b>56</b>

4.1.1.	ENTRADA DE LA FRUTA A LA NAVE: PESAJE Y RECEPCIÓN..	56
4.1.2.	LAVADO Y TRATAMIENTO EN DRENCHER .....	58
4.1.3.	PREENFRIAMIENTO.....	59
4.1.4.	CONSERVACIÓN.....	60
4.1.5.	CONFECCIÓN: LAVADO, SELECCIÓN, CALIBRADO Y ENVASADO	62
<b>5.</b>	<b>BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA.....</b>	<b>64</b>
5.1	BALANCE DE MATERIA.....	64
5.1.1	FLUJO DIARIO DE ENTRADA DE PERAS CONFERENCIA .....	64
5.2	BALANCE DE ENERGÍA.....	81
5.2.1	CÁMARAS DE CONSERVACIÓN. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS..	81
5.2.1.1	DATOS DE EXPLOTACIÓN .....	81
5.2.1.2	DATOS TÉCNICOS .....	89
5.2.2	CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS.....	106
5.2.3	REFRIGERANTE UTILIZADO EN LA INSTALACIÓN FRIGORÍFICA...	135
5.2.4	SELECCIÓN Y DIMENSIONADO DE EQUIPOS FRIGORÍFICOS .....	139
5.2.5	REGULACIÓN Y COMPONENTES AUXILIARES DEL SISTEMA FRIGORÍFICO .....	164
5.2.6	MAQUINARIA .....	169
<b>6.</b>	<b>DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....</b>	<b>188</b>
6.1	DISTRIBUCION DE TRABAJO .....	188
6.2	NECESIDADES DE PRODUCTO Y MANO DE OBRA.....	194
6.2.1	MATERIAS PRIMAS.....	194
6.2.2	PRODUCTOS AUXILIARES.....	194
6.2.3	MANO DE OBRA.....	194
6.3	REQUERIMIENTO DE ESPACIO MÍNIMO EN LA ZONA DE PROCESADO, ENVASADO Y ALMACENAMIENTO PRODUCTO FINAL.....	195

6.4	REQUERIMIENTO DE ESPACIO MÍNIMO EN LA ZONA DE CONSERVACIÓN .....	196
6.5	DIMENSIONADO DE LA AMPLIACIÓN DE LAS CÁMARAS .....	197
6.6	SUPERFICIES DE LA NAVE .....	199
7.	ESTUDIO VIABILIDAD ECONÓMICA .....	201
7.1	GASTOS DE INVERSIÓN .....	201
7.2	COSTES.....	202
7.2.1	COSTES ORDINARIOS .....	202
7.2.2.	COSTES EXTRAORDINARIOS .....	207
7.3	INGRESOS.....	208
7.3.1	INGRESOS ORDINARIOS .....	208
7.3.2	INGRESOS EXTRAORDINARIOS .....	209
7.3.3	Resultado anual .....	209
7.4	ANÁLISIS FINANCIERO .....	210
8.	ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES.....	214
9.	CONCLUSIONES.....	218
10.	PLANOS .....	219
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	224

Yo, María Hernández García, declaro que el Trabajo de Fin de Grado que presento para su exposición y defensa es original y que todas las fuentes utilizadas para su realización han sido debidamente citadas en el mismo.

**En Huesca, a 23 de Noviembre de 2025.**

Firma:  \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi agradecimiento a mis tutoras, M<sup>a</sup> Eugenia Venturini Crespo y M<sup>a</sup> Pilar Lobera González, por su dedicación, orientación y apoyo durante el desarrollo de este Trabajo Fin de Grado. Su guía y disponibilidad han sido esenciales para la correcta realización de este proyecto.

También deseo agradecer a Jorge Azara y Sandra Martínez por su compañía y ánimos que me han ofrecido a lo largo de este proceso, contribuyendo a que el trabajo resultara más llevadero.

Finalmente, quiero dar las gracias a mis padres por su apoyo constante y por acompañarme en mi trayectoria académica, facilitando que pueda llegar a la finalización de esta etapa.

## **RESUMEN**

Este Trabajo Fin de Grado desarrolla el diseño y la ampliación de una empresa agroalimentaria situada en el polígono industrial “Cabezuelo”, en Alfaro (La Rioja), dedicada al manejo post-cosecha y conservación de peras de la variedad Conferencia. El proyecto analiza las características fisiológicas, tecnológicas y comerciales de esta fruta, así como los requisitos necesarios para su almacenamiento en refrigeración y atmósfera controlada.

Se estudian los parámetros de calidad, la fisiología post-cosecha y las principales alteraciones patológicas y fisiológicas que pueden afectar al fruto, estableciendo las condiciones óptimas de conservación. Asimismo, se describe el proceso productivo de la empresa y se elaboran los balances de materia y energía para dimensionar correctamente las nuevas cámaras frigoríficas y seleccionar los equipos de refrigeración.

La ampliación industrial incluye el rediseño de la distribución en planta, el cálculo de necesidades de espacio, la maquinaria requerida y los parámetros técnicos de funcionamiento. Finalmente, se realiza un estudio de viabilidad económica que evalúa la inversión, los costes, los ingresos y la rentabilidad del proyecto, concluyendo que la ampliación mejora la eficiencia operativa y la capacidad de almacenamiento de la empresa.

**Palabras clave:** pera Conferencia, post-cosecha, atmósfera controlada, refrigeración industrial, industria agroalimentaria.

### **ABSTRACT**

This Final Degree Project develops the design and expansion of an agri-food company located in the “Cabezuelo” industrial estate in Alfaro (La Rioja), dedicated to the postharvest handling and storage of Conference pears. The study examines the physiological, technological and commercial characteristics of this fruit, as well as the specific requirements for its preservation under refrigeration and controlled atmosphere conditions.

Quality parameters, postharvest physiology, and the main pathological and physiological disorders affecting the fruit are analysed to determine optimal conservation conditions. The company’s production process is also described, and material and energy balances are carried out to properly size the new refrigeration chambers and select suitable cooling equipment.

The industrial expansion includes the redesign of the plant layout, the definition of space requirements, the necessary machinery, and the technical operating parameters. Finally, an economic feasibility study assesses the investment, costs, revenues and profitability of the project, concluding that the expansion significantly improves the company’s operational efficiency and storage capacity.

**Keywords:** Conference pear, postharvest, controlled atmosphere, industrial refrigeration, agri-food industry.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO Y OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

La industria agroalimentaria desempeña un papel clave en el desarrollo económico y social de numerosas regiones. En particular, el almacenamiento adecuado de productos perecederos es esencial para preservar su calidad, prolongar su vida útil y asegurar su correcta comercialización en los mercados. Este aspecto es especialmente relevante para frutas como la pera de variedad Conferencia, cuya conservación post-cosecha requiere condiciones técnicas específicas.

En este contexto, el presente Trabajo de Fin de Grado se centra en una empresa agroalimentaria situada en el polígono industrial “Cabezuelo”, en Alfaro (La Rioja), dedicada a la producción, manipulación y conservación de pera Conferencia. Con el objetivo de mejorar su capacidad operativa y responder a una creciente demanda del mercado, la empresa decide llevar a cabo una ampliación significativa de sus instalaciones frigoríficas, pasando de una capacidad de almacenamiento de 1.000 t a una de 1.900 t.

**Antes de la ampliación**, la empresa dispone de:

- Tres cámaras de refrigeración con atmósfera controlada (250 t cada una), totalizando 750 t.
- Una cámara de refrigeración estándar con capacidad para 250 t.

**Tras la ampliación**, se incorporarán:

- Dos cámaras de atmósfera controlada (225 t cada una, 450 t en total).
- Una cámara de refrigeración estándar adicional (225 t).
- Una cámara de maduración (225 t) destinada a optimizar el proceso post-cosecha.

Además, la empresa cuenta con una línea de procesamiento altamente especializada que incluye:

- **Drencher**: Aplicación fitosanitaria mediante pulverización de solución fungicida para prevenir enfermedades y prolongar la vida útil del fruto.
- **Vaciador de agua**: Sistema de inmersión para la descarga suave de las peras desde los contenedores de campo, minimizando daños mecánicos.
- **Calibradora**: Clasificación de peras por tamaño y peso, asegurando la uniformidad comercial.

- **Mesas de inspección visual:** Revisión manual por parte de operarios para eliminar frutas defectuosas y garantizar el control de calidad.
- **Envasadora:** Empaque en diversos formatos según las exigencias del cliente, asegurando una correcta conservación y logística.

Este Trabajo de Fin de Grado analiza el impacto de dicha ampliación en términos de eficiencia operativa, capacidad de almacenamiento y mejora en la conservación del producto. Asimismo, se estudian los aspectos técnicos del diseño de las nuevas cámaras frigoríficas, como la selección de materiales aislantes, el sistema de refrigeración empleado y la distribución del espacio, evaluando las ventajas tecnológicas implementadas.

## **OBJETIVOS Y METAS DE DESARROLLO SOSTENIBLE**

Este proyecto se encuentra alineado con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos en la Agenda 2030 de la ONU:

- **Objetivo 2: Hambre cero**
  - **Meta 2.4:** Asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción alimentaria mediante prácticas que aumenten la productividad, mejoren la eficiencia y contribuyan a la protección de los ecosistemas.
- **Objetivo 8: Trabajo decente y crecimiento económico**
  - **Meta 8.2:** Fomentar niveles más altos de productividad económica a través de la innovación tecnológica y la mejora de procesos.
  - **Meta 8.3:** Promover el emprendimiento, la creatividad y la innovación, así como el crecimiento de microempresas, pequeñas y medianas empresas.

El desarrollo del presente proyecto contribuye a estos objetivos al mejorar la infraestructura agroindustrial, optimizar el uso de los recursos y reforzar la competitividad de la empresa dentro del sector hortofrutícola.

## 1.2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

La pera Conferencia es una fruta que destaca por su equilibrado aporte nutricional (Tabla 1). Contiene cantidades apreciables de fibra dietética, especialmente del tipo insoluble rica en lignina, lo que le confiere un efecto laxante suave beneficioso para la salud intestinal.

En cuanto a vitaminas y minerales, sobresale por su contenido en vitamina C, fundamental para la absorción del hierro, el correcto funcionamiento de la sangre y la síntesis de colágeno. También contiene ácido fólico, clave en la división celular y en la prevención de alteraciones del sistema nervioso.

El potasio es el mineral más abundante en esta fruta, esencial para el funcionamiento muscular y particularmente importante tras la actividad física. Además, la pera es fuente de compuestos bioactivos como los flavonoides, a los que se les atribuyen propiedades antioxidantes y anti carcinógenas. Estos incluyen flavonoles como la quercetina y el kaempferol, así como catequinas como la (+)-catequina y la (-)-epicatequina. También contiene lignanos, una clase de fitoestrógenos con efectos protectores frente a enfermedades vasculares degenerativas (Moreiras y Col, 2013)

**Tabla 1:** Composición química de la pera (adaptado de (Moreiras y Col, 2013))

Componente	Por cada 100 g de porción comestible	Componente	Por 100 g de porción comestible
Energía(kcal)	49	Potasio (mg)	130
Proteínas (g)	0,4	Fósforo (mg)	17,5
Lípidos totales (g)	trazas	Selenio (µg)	trazas
Hidratos de carbono(g)	10,6	Tiamina (mg)	0,03
Fibra (g)	2,3	Riboflavina (mg)	0,03
Agua (g)	86,7	Equivalentes niacina (mg)	0,2
Calcio (mg)	12	Vitamina B6 (mg)	0,02
Hierro (mg)	0,2	Folatos (µg)	11
Yodo (µg)	2	Vitamina B12 (µg)	0
Magnesio (mg)	7	Vitamina C (mg)	3
Zinc (mg)	0,14	Vitamina A (µg)	10
Sodio (mg)	2	Vitamina D (mg)	0

Gracias a su composición nutricional, la pera Conferencia se considera una fruta funcional ideal para promover una alimentación saludable. Entre sus principales beneficios nutricionales destacan:

- **Mejora la salud digestiva:** debido a su aporte de fibra insoluble, que favorece el tránsito intestinal.

- **Contribuye a la hidratación y al equilibrio electrolítico:** gracias a su elevado contenido en agua y potasio.
- **Actúa como antioxidante natural:** por la presencia de flavonoides y otros compuestos fenólicos que reducen el riesgo de enfermedades inflamatorias y cardiovasculares.
- **Es una opción saludable para dietas equilibradas:** por su bajo contenido calórico y graso, siendo adecuada para el control de peso y la prevención de enfermedades metabólicas.

### 1.3. CULTIVO

El cultivo del peral fue introducido por griegos y romanos en la Cuenca del Ebro (Infoagro, 2025). Las primeras plantaciones comerciales aparecieron tras la Primera Guerra Mundial, principalmente en los valles de los ríos Jalón y Jiloca, en la provincia de Zaragoza. La gran expansión de este cultivo frutícola se produce en los años 60, con importantes plantaciones en Cataluña, Aragón, Extremadura y Levante.

- **Condiciones ambientales:** el cultivo del peral se concentra dentro de la zona geográfica próxima al valle del Río Ebro que posee un clima Mediterráneo templado con cierto grado de continentalidad, con inviernos suaves, largos veranos y pocas fluctuaciones de temperatura entre la noche y el día, siendo éste, por lo tanto, el clima ideal para el correcto desarrollo del peral. Los suelos más adecuados son los limo-arcillosos y los silíceos sin presencia de cal activa que además sean homogéneos y profundos. No le conviene los suelos muy secos ni muy húmedos ya que se cultiva en regadío y es muy sensible a la humedad estancada en el terreno.

- **Plantación:** la plantación se realiza en invierno con planta a raíz desnuda, leñosa, con más de un metro de altura y bien estructurada. Podrá ser la planta clásica con un solo vástago o preformada que ya trae ramas anticipadas de vivero. El portainjerto más utilizado es el membrillo de tipo Provence BA-29, aunque también se pueden utilizar las selecciones de Angers (membrillero A, Sydo, etc). Los patrones francos suelen dar excesivo vigor e inducen a un menor tamaño de los frutos. La orientación de las líneas será preferentemente norte-sur y en laderas según las curvas de nivel.

- **Riego:** la mayoría de las plantaciones de perales se cultivan en regadío, por manta o riego localizado. El peral necesita para un buen desarrollo y producción una

cantidad de 700 a 800 mm de agua, especialmente sin déficit en los meses de verano, previos a la recolección, suministrado por lluvia o por riego.

#### 1.4. ÍNDICES DE CALIDAD

La pera Conferencia debe cumplir, en el momento de su recolección, una serie de parámetros de calidad que aseguren su correcta conservación, maduración y aceptación en el mercado (Soto, s.f.). Estos son los principales:

- **Dureza**

Para medir la dureza de la fruta se utiliza el penetrómetro. En peras Conferencia el valor óptimo para su recolección y posterior conservación está entre 5,4-6,1 kg.

- **Sólidos solubles**

Se trata del contenido en azúcares solubles y se mide con un refractómetro. Es uno de los indicadores más utilizados para evaluar la calidad gustativa. El valor recomendado para la recolección es de **13 °Bx o más**. La escala Brix se basa en el porcentaje en peso de sacarosa en solución; por ejemplo, 50 °Bx equivale a un 50 % de sacarosa en 100 g de muestra.

- **Calibre mínimo**

El calibre, determinado por el diámetro máximo de la sección ecuatorial, debe ser de 60 mm para Conferencia. Por exigencias de mercado se podrán reducir en 5 mm estos calibres mínimos.

Los valores de los parámetros de calidad que debe cumplir la fruta a la hora de fijar la cosecha para una conservación a medio-largo plazo se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Parámetros recomendados en la recolección de pera Conferencia

<b>Firmeza (kg)</b>	<b>Acidez (g ácido málico/L)</b>	<b>Azúcar (°Bx)</b>	<b>Almidón (escala 1-10)</b>
6-6,5	2-2,2	>12	2-5

- **Índice de almidón**

Es uno de los parámetros de calidad que mejor define la madurez fisiológica de los frutos a la hora de su cosecha y la homogeneidad de las fincas. El almidón es un polisacárido que está presente en las frutas y que, por hidrólisis, se descompone en azúcares simples. Esta hidrólisis viene determinada por enzimas que transforman y

degradan el almidón en glucosa, principalmente, que se incrementan cuando la fruta comienza a madurar.

El nivel de almidón de los frutos se puede identificar fácilmente gracias a que la amilosa (uno de los dos polisacáridos que componen el almidón), en presencia de yodo, forma un compuesto azul estable a bajas temperaturas. Se utiliza una tinción a base de yodo/yoduro conocido como “lugol”. Para ello, se deben partir transversalmente los frutos y teñir mediante un pulverizador o por inmersión de éstos en esta solución de yodo. Una vez se deja secar unos minutos, se observa la cantidad de pulpa teñida que nos indica la cantidad de almidón que contienen los frutos. En el caso de pera Conferencia se considera correcto el inicio de cosecha cuando se tiñe un 40% de su pulpa. A medida que tiene menor superficie teñida, nos indica que está más maduro. En la Figura 1 se puede observar el índice de almidón en pera Conferencia, siendo 6 el correspondiente a un 40 % de la pulpa teñida.



**Figura 1:** Regresión del almidón en pera (Escala de 1 (100 % almidón) a 10 (0 % almidón).

- **Acidez**

Las manzanas y peras contienen también una cantidad más o menos importante de ácidos orgánicos en forma de tales ácidos libres o en forma de ácidos combinados con cationes formando sales. El ácido más importante es el málico, aunque también se encuentran otros como el succínico (sobre todo, en manzanas), láctico, cítrico, etc. La medida de la acidez se realiza mediante neutralización con una base (sosa, potasa) y su resultado puede expresarse de varias formas (porcentaje de ácido málico, miliequivalentes, acidez sulfúrica, etc.). El modo más usual para expresarla es el de gramos de ácido málico por litro de zumo (g ac. mal. /L). Así como los azúcares suelen aumentar durante la maduración de la fruta, y su valor no varía sensiblemente durante

la conservación frigorífica, no sucede lo mismo con los ácidos. Estos van disminuyendo tanto durante la maduración como durante la conservación frigorífica, y en mayor proporción en cámaras convencionales que en las de atmósfera controlada. Tanto la acidez en sí como su relación con el contenido en azúcares son componentes esenciales de la calidad de la fruta, sobre todo, en el caso de las manzanas. Si un fruto se cosecha demasiado pronto es muy ácido, debido a su alto contenido en ácidos y bajo en azúcares. Si se cosecha demasiado tarde quedará soso, debido a su menor contenido en ácidos y más alto en azúcares. Se necesita, pues, una buena relación entre ambos y, además, que los valores absolutos de los dos factores sean altos. En el caso de las peras, el contenido en ácidos no suele tomarse en cuenta por los bajos niveles que alcanza y porque, normalmente, no representa un problema más que en aquellos casos en que es demasiado alto, quedando el fruto excesivamente ácido.

○ **Russetting en peras Conferencia:**

Es un defecto visual frecuente en peras y manzanas que afecta a su valor comercial. Se origina por alteraciones en la epidermis del fruto, especialmente si la cutícula se daña poco después de la floración. Agresiones externas de distinta índole, pueden romper la continuidad de la epidermis y alcanzar las capas epidérmicas o el parénquima del fruto.

Este daño puede estar asociado a:

- Alta humedad o presencia de rocío.
- Heladas próximas a la floración.
- Temperaturas bajas (1–4 °C) en estadio II.
- Uso de agroquímicos agresivos.
- Desequilibrios nutricionales, como carencia de boro o exceso de nitrógeno.
- Infección por *Pseudomonas* o sensibilidad varietal.

## **1.5. RECOLECCIÓN**

Para la variedad Conferencia se fija como fecha de recolección generalizada el lunes 14 de agosto y la duración de la recolección es de aproximadamente una semana, quedando a criterio de cada Central Hortofrutícola el poder adelantar la fecha y la duración de la recolección en alguna de sus parcelas.

En la calidad final del producto es fundamental que la recolección y el transporte se realicen con todas las precauciones para evitar daños mecánicos, que en la posterior conservación pueden aumentar, debido a la incorrecta manipulación de la fruta.

La recolección de los frutos se realiza en el momento adecuado de madurez, ni demasiado verdes ni muy maduros. Si se recogen muy verdes la pulpa permanece dura y con sabor pobre y ácido, aunque tenga más aptitudes para su conservación. Si por el contrario se recolectan de forma tardía, tendrían mejor sabor y textura, pero será más difícil conservarlas adecuadamente, ya que serían muy sensibles a enfermedades.

De forma general se debe tener en consideración el momento de recolección y realizarlo siempre procurando evitar todo tipo de daños. Se recomienda así:

- Determinar el momento exacto de la recolección, en función del tamaño de los frutos, de su color, del color de las semillas, resistencia al arranque y dureza de la carne. Se realizan pruebas aleatorias de penetromía y de azúcares solubles para determinar el momento de rea.

- Evitar cosechas en horas de máxima radiación solar (mediodías).

- Que no trascurren más de 6 horas desde la recolección de los frutos y la entrega en el almacén para el preenfriado.

- Evitar golpes y roturas de pedúnculos.

- Desechar frutos con heridas, insectos, etc. que no sirven para la conservación, destinándolos a industria, zumos, etc.

- Cosechar en ventana de cosecha.

- Antes de entregar la mercancía se pesa quedando registrado.

En referencia a los palots:

- Los palots empleados tienen que estar en perfectas condiciones para utilizarlos y tienen que permitir la correcta aireación del fruto.

- Todos los palots antes de utilizarlos, tienen que estar desinfectados.

- La capacidad de estos palots evitará el exceso de presión sobre las peras del fondo. Las peras, no serán removidas rozadas ni golpeadas desde que se cargan en el palot hasta que este se vacía para envasarlas.

- Cubrir los palots con materiales que eviten que se quemen, sobre todo, en horas que haya más luz y calor, si no se recolecta.

## **1.6. FISIOLÓGÍA POST-COSECHA Y ALTERACIONES**

### **1.6.1. FISIOLÓGÍA**

Las frutas, al ser cosechadas, continúan realizando diversos procesos fisiológicos como la respiración, la maduración (en especies climatéricas) y la senescencia. Estos procesos conllevan una serie de cambios estructurales, bioquímicos y de composición, específicos para cada tipo de fruto. Durante esta etapa también puede producirse pérdida de agua por transpiración, lo que afecta significativamente la calidad del producto si no se controla adecuadamente.

#### **Respiración en las frutas**

La respiración es el proceso mediante el cual las frutas obtienen la energía necesaria para llevar a cabo sus funciones biológicas. Consiste en la oxidación de compuestos de reserva (azúcares y almidones), generando como resultado dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), agua y calor. Este último, conocido como "calor vital", debe gestionarse correctamente para evitar deterioros en la calidad durante el almacenamiento.

Mediante la medición de la tasa de respiración y el calor desprendido, se pueden establecer los requerimientos de enfriamiento, refrigeración y ventilación necesarios para conservar las frutas en condiciones óptimas.

Los factores que influyen en la respiración son:

- Especie y variedad del fruto.
- Grado de madurez en el momento de la cosecha.
- Temperatura de almacenamiento.
- Composición gaseosa del ambiente (niveles de  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}_2$ ).

La velocidad respiratoria es un indicador clave de la vida útil en post-cosecha: cuanto mayor es la tasa respiratoria, menor es la duración del almacenamiento.

#### **El papel del etileno**

El etileno es una hormona vegetal en forma de gas que actúa como regulador del crecimiento y desempeña un papel fundamental en la maduración. Se produce tanto interna como externamente, y puede difundirse a través de los tejidos, afectando atributos como el color, la textura y el sabor.

Los factores que incrementan la producción de etileno son:

- Estado avanzado de madurez.
- Daños físicos durante la manipulación.
- Presencia de enfermedades.
- Exposición a temperaturas elevadas.

**Para minimizar la producción de etileno en post-cosecha se emplean la refrigeración y el uso de atmósferas controladas (menos del 8 % de O<sub>2</sub> y más del 2 % de CO<sub>2</sub>) que permiten mantener bajos niveles de etileno y prolongar la vida útil de los frutos.**

### **Maduración climatérica y no climatérica**

Según su comportamiento respiratorio y su respuesta al etileno, las frutas se clasifican en climatéricas o no climatéricas:

- **Frutas climatéricas:** como las peras, presentan un aumento pronunciado en la respiración y en la producción de etileno durante la maduración. Este proceso puede inducirse incluso después de la cosecha mediante la exposición a etileno exógeno. Los cambios en color, aroma, sabor y textura son evidentes y permiten que estas frutas maduren fuera de la planta.

- **Frutas no climatéricas:** no experimentan un incremento significativo en la tasa respiratoria ni en la producción de etileno. Su maduración no progresa notablemente tras la cosecha, por lo que su calidad depende en gran medida del momento de recolección y las condiciones de conservación.

### **Consideraciones en el manejo post-cosecha**

- **Pérdida de agua:** La transpiración provoca pérdida de peso y firmeza. Es esencial mantener una humedad relativa elevada (90–95 %) durante el almacenamiento.

- **Temperatura de almacenamiento:** El enfriamiento rápido tras la cosecha reduce la actividad metabólica y prolonga la vida útil.

- **Cámaras de refrigeración con atmósferas controladas:** Ajustar las concentraciones de gases en el ambiente de almacenamiento de las cámaras de refrigeración ayuda a retrasar la maduración y a contrarrestar los efectos del etileno.

**En resumen,** una correcta gestión de los factores fisiológicos y ambientales tras la cosecha es crucial para mantener la calidad de la pera Conferencia y maximizar su vida comercial. El conocimiento de procesos como la respiración, el papel del etileno y

la clasificación climática del fruto permite adoptar estrategias eficaces de conservación.

### 1.6.2. ALTERACIONES PATOLÓGICAS

Las alteraciones patológicas son degradaciones del tejido vegetal causadas por agentes biológicos, principalmente microorganismos (MAPA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021). A medida que avanza el tiempo de almacenamiento, pueden desarrollarse diversas enfermedades en la pera Conferencia, siendo las más comunes las podredumbres fúngicas. En fruta de pepita, se han identificado varias patologías post-cosecha, entre las que destacan:

- **Podredumbre azul (*Penicillium expansum*):** Es la enfermedad post-cosecha más frecuente y perjudicial tanto en manzanas como en peras, a nivel nacional e internacional. Se manifiesta como una podredumbre blanda, acuosa y de color marrón claro. El tejido afectado se separa fácilmente del sano. El hongo penetra a través de heridas, desarrollando un micelio blanco que luego forma una esporulación azul característica (Figura 2). También puede afectar el pedúnculo del fruto. Es notable por su capacidad de desarrollarse incluso a temperaturas de -1 °C, fructificar en condiciones de alta humedad y en ausencia de luz, lo que lo convierte en un patógeno de alto riesgo durante el almacenamiento.
- **Podredumbre gris (*Botrytis cinerea*):** Es la segunda enfermedad en importancia en frutas de pepita en España. Aparece en campo hacia finales de junio y se presenta inicialmente como una decoloración que evoluciona hacia una mancha marrón. Su avance es rápido, la textura del tejido afectado es blanda, y puede presentar lenticelas aureoladas. En condiciones de alta humedad, forma una masa algodonosa blanca que se torna gris con la exposición a la luz (Figura 2). Los frutos contaminados pueden propagar la infección por simple contacto con frutas sanas. La pulpa afectada adquiere un sabor ácido. A 20 °C, la podredumbre puede invadir completamente el fruto en 8 a 10 días.
- **Podredumbre por *Alternaria* (*Alternaria alternata*):** Se manifiesta como manchas circulares de color marrón oscuro, firmes y secas. Su desarrollo es lento y suele aparecer en las últimas fases del almacenamiento, generalmente asociada a daños por frío o niveles elevados de CO<sub>2</sub>. Se previene mediante tratamientos fungicidas aplicados en el estadio de caída de pétalos.

La prevención y el control de estas enfermedades requieren una combinación de buenas prácticas agrícolas, manejo cuidadoso durante la recolección y el uso de condiciones de almacenamiento adecuadas, como atmósferas controladas y tratamientos poscosecha específicos.



**Figura 2.** Podredumbre azul (*Penicillium expansum*) (izquierda) y podredumbre gris (*Botrytis cinerea*)(derecha) en peras

### 1.6.3. ALTERACIONES FISIOLÓGICAS

Las alteraciones fisiológicas son degradaciones tisulares no causadas por microorganismos ni por daños mecánicos. En las frutas de pepita se han identificado distintas fisiopatías post-cosecha (MAPA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021), entre ellas:

- **Russet, russeting o roña superficial fisiológica:** Se origina principalmente por la alta humedad ambiental, especialmente en zonas cercanas al río Ebro. El fenómeno, de carácter irreversible, provoca un endurecimiento y agrietamiento de la cutícula, lo que genera una apariencia rugosa y acorchada en la piel. Aunque en la mayoría de los frutos se considera un defecto comercial, en la variedad Conferencia este aspecto se valora positivamente, ya que se asocia a una mayor resistencia frente al estrés ambiental. El periodo más crítico se extiende desde la floración hasta 25–35 días después, coincidiendo con la fase de división celular, durante la cual se forma la cutícula definitiva del fruto (Figura 3).



**Figura 3:** Russet, russenning o roña superficial fisiológica en pera Conferencia.

- **Corazón pardo:** Es un trastorno fisiológico que aparece tras periodos de conservación de entre 2 y 4 meses. Se caracteriza por el oscurecimiento progresivo de los tejidos internos, desde el centro del fruto hacia la periferia, acompañado a veces por cavidades secas. Su aparición se relaciona con una madurez fisiológica avanzada, retrasos en el enfriamiento post-cosecha y niveles excesivos de CO<sub>2</sub> (>1,5 %). Como medidas preventivas se recomienda evitar la sobre-maduración en campo y acelerar la entrada del producto en cámara frigorífica (Figuras 4 y 5).

- **Escaldado por senescencia:** Se manifiesta por manchas oscuras localizadas alrededor del pedúnculo y del corazón del fruto, con deterioro de la epidermis y de la pulpa hasta 1–3 mm de profundidad. Para evitarlo, es fundamental respetar los tiempos de recolección y conservación, mantener la cadena de frío y utilizar atmósferas controladas. Las variedades más sensibles son 'Williams' y, en menor medida, 'Conferencia' (Figura 6).

- **Escaldado superficial:** Se presenta como un pardeamiento difuso en la piel sin afectar la pulpa. Está asociado a la auto-oxidación del compuesto  $\alpha$ -farneseno, especialmente en frutos inmaduros con baja capacidad antioxidante. Aparece tras exposiciones prolongadas a temperaturas cercanas a 0 °C y tiende a empeorar una vez el fruto sale de la cámara. Afecta la comerciabilidad del producto (Figura 7).

Estas fisiopatías pueden comprometer significativamente la calidad del fruto, por lo que es esencial una adecuada planificación de la cosecha, del manejo post-cosecha y de la conservación para minimizar su aparición.



**Figura 4:** Visualización y evolución del problema del corazón pardo en pera Conferencia.



**Figura 5:** Corazón pardo con presencia de cavernas de gran tamaño en pera.



**Figura 6:** Escaldado por senescencia



**Figura 7:** Escaldado superficial.

## 1.7. CONSERVACIÓN POST-COSECHA

Cuando los frutos llegan a la central, y tras el control de calidad en recepción, las peras Conferencia, generalmente, reciben un tratamiento con una combinación (o no) de fungicidas y recubrimientos alimentarios mediante un sistema de ducha o drencher. Este sistema también contribuye a disminuir la temperatura de los frutos. Esta etapa se debe realizar con la mayor rapidez posible para garantizar que la fruta está en la cámara de enfriamiento en un plazo máximo de 6–8 horas desde su recolección.

Además, es altamente recomendable que su enfriamiento sea lo más rápido posible. Como norma general, se establece que hay que alcanzar una temperatura en el corazón del fruto de 0–1 °C, aproximadamente, en 48 horas. A este proceso de enfriamiento inicial y rápido de los frutos se le denomina preenfriamiento. Tras el preenfriamiento se procederá a la conservación frigorífica de los frutos bien en aire atmosférico o en atmósfera controlada.

Estos aspectos se describen a continuación:

### 1.7.1. TRATAMIENTO EN DRENCHER

El drencher ha sustituido a los sistemas de baño o inmersión, ya que estos últimos presentan más problemas mecánicos y someten a la fruta a una presión hidráulica innecesaria, lo cual puede favorecer la entrada de agua cargada de esporas a través del tubo calicino, que no siempre está completamente soldado.

En los tratamientos post-recolección mediante drencher es necesario emplear distintos productos, entre ellos fungicidas y antiescaldantes formulados como recubrimientos alimentarios. A continuación, se detallan algunos de los productos más utilizados, junto con su denominación comercial:

- **Naturcover nºregistro 31.00637/V:** Antiescaldante comercializado por DECCO IBÉRICA. Se recomienda su uso en peras destinadas a conservación refrigerada, donde pueden producirse alteraciones por estrés térmico, como la escaldadura superficial. La dosis recomendada mediante duchas o balsas es de 0,2–1 % (0,2–1 L/hl), dependiendo del cultivo y su estado. Es incompatible con surfactantes y oxidantes fuertes como cloro, hipocloritos, peróxidos y peroxiacéticos (Decco Ibérica, 2023).
- **DECCOSAN® FH:** Coadyuvante tecnológico con acción desinfectante. Formulado con ácido peracético al 5 %, es un agente antimicrobiano muy eficaz contra una amplia gama de microorganismos. Rompe las membranas celulares de los

patógenos y limita su desarrollo. Se aplica mediante duchas (pulverización en línea) o balsas, en dosis del 0,5 % (500 cm<sup>3</sup> en 100 L de agua), seguido de un lavado posterior. El producto **DECCOSAN® FH** no cuenta con un número de registro en el *Registro Oficial de Productos Fitosanitarios* (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España), ya que su uso no está regulado como fungicida tradicional. Se trata de un **coadyuvante tecnológico** con acción desinfectante, formulado a base de ácido peracético, autorizado como **biocida** y destinado al tratamiento post-cosecha de frutas y hortalizas. Su uso está regulado bajo normativas de higiene alimentaria y no requiere registro fitosanitario convencional (Decco Ibérica, 2023)

- **SCHOLAR® 230 SC nºregistro ES-00029**: Fungicida de contacto de amplio espectro, formulado con fludioxonil (230 g/L). Está destinado al tratamiento post-cosecha de frutas de carozo, pomáceas, cítricos, granados y arándanos para controlar patógenos fúngicos durante el almacenamiento y/o transporte. Se aplica en dosis de 200–250 cm<sup>3</sup>/100 L en mezcla con agua mediante ducha, antes de la conservación refrigerada, procurando una cobertura uniforme (Syngenta España, 2023).

### 1.7.2. PREENFRIAMIENTO Y CONSERVACIÓN EN REFRIGERACIÓN

El preenfriamiento es un paso esencial para preservar la calidad del fruto y prolongar su vida útil durante el almacenamiento. Este proceso consiste en reducir rápidamente la temperatura del producto después de la recolección, lo que permite ralentizar su actividad metabólica y disminuir la tasa de respiración, factores determinantes en el inicio de la senescencia (Soto, s.f.).

Un retraso en el inicio del enfriamiento de solo un día puede suponer una reducción de hasta 20 días en la capacidad de conservación del fruto. Un enfriamiento deficiente favorece la transpiración, lo que conlleva pérdida de agua, merma de peso y deterioro de la calidad comercial. La fruta mantiene una alta tasa respiratoria si no se enfría a tiempo, lo que acelera el envejecimiento, incrementa el riesgo de desórdenes fisiológicos y reduce su valor comercial.

- **Sistemas de Preenfriamiento**

Las centrales hortofrutícolas pueden aplicar distintos sistemas de prerrefrigeración para reducir rápidamente la temperatura de los frutos tras su recolección. Los principales métodos son:

- Cámara convencional (el más común): proporciona un enfriamiento lento y progresivo.
- Túnel de aire forzado: permite un enfriamiento rápido mediante la circulación de corrientes de aire frío a alta velocidad.
- *Hidrocooling*: utiliza agua fría por inmersión o rociado para reducir la temperatura del fruto.

El sistema más utilizado es el de **cámara convencional**, debido a que muchas centrales no disponen de instalaciones especializadas como túneles de aire forzado o sistemas de hidros enfriamiento. Para mejorar su eficiencia, se recomienda lo siguiente:

**Organización del producto:**

- No mezclar diferentes especies ni variedades.
- No superar el 50 % de la capacidad frigorífica total de la cámara.

**Colocación de los envases:**

- Disponer los palots transversalmente respecto a la cámara para favorecer la circulación del aire.
- Alinear los envases siguiendo el sentido del flujo del aire.

**Condiciones de preenfriamiento:**

- Mantener una humedad relativa alta (> 94 %) para evitar pérdidas de agua.
- Limitar la duración del preenfriamiento a un máximo de 2 días.
- Evitar mezclar fruta recién recolectada con fruta ya enfriada.
- Asegurarse de que la temperatura en el corazón del fruto alcance los 4 °C.

En el caso de que el producto se vaya a conservar en atmósfera controlada (AC) se recomienda no mezclar lotes con diferentes grados de madurez.

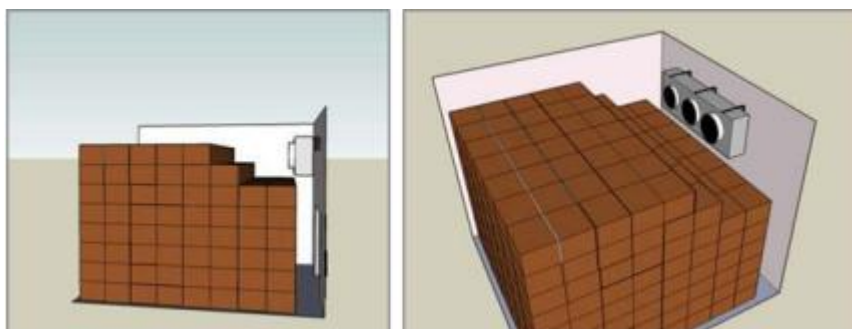
○ **Apilado**

Una correcta disposición de los palots dentro de la cámara frigorífica es clave para asegurar una circulación de aire adecuada y lograr un enfriamiento uniforme de toda la fruta (Figura 8).

Las recomendaciones para un apilado eficiente son:

- Dejar espacios entre palots que permitan una buena ventilación lateral y vertical.
- Evitar bloqueos que dificulten la distribución homogénea del aire frío y de los gases en el caso de conservación en atmósfera controlada.
- Respetar la alineación en el sentido del flujo de aire, para facilitar su paso a través de los envases.
- No apilar hasta el techo: dejar una separación adecuada para que el aire circule también por la parte superior.

Una disposición adecuada mejora la eficiencia del enfriamiento, reduce diferencias térmicas dentro de la cámara y minimiza el riesgo de deterioro en los frutos.

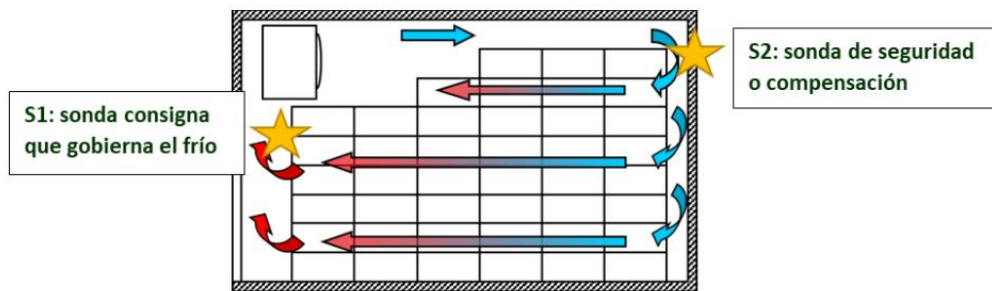


**Figura 8:** Distribución de palots en las cámaras de refrigeración

○ **Situación de las sondas** (Figura 9)

La ubicación adecuada de las sondas que regulan el sistema de refrigeración es esencial para garantizar una temperatura homogénea y efectiva en el corazón del fruto. Estas sondas deben instalarse en zonas representativas dentro de la cámara frigorífica.

- Sonda principal (S1): Controla la refrigeración general y mantiene la temperatura objetivo entre  $-0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el interior del fruto.
- Sonda de seguridad (S2): Se programa con una temperatura  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  inferior a la de S1, actuando como respaldo en caso de fallo o desviación.
- Termostato de seguridad (Ts): Configurado a  $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  por debajo de S1, sirve como límite adicional para evitar descensos bruscos de temperatura.



**Figura 9:** Situación de las sondas en las cámaras de refrigeración

○ **Configuración de consignas de cámara**

Para asegurar las condiciones óptimas de conservación durante el preenfriamiento y el almacenamiento, se deben establecer los siguientes parámetros en las cámaras:

- Humedad relativa: Superior al 94 %, para prevenir la deshidratación del fruto.
- Funcionamiento del humidificador: Activación recomendada durante 3 horas al día.
- Ventilación: Baja velocidad, con refrigerantes de salto térmico reducido.
- Reductores de velocidad: Permiten ajustar la ventilación según las necesidades de enfriamiento.
- Control de estratificación: Imprescindible para evitar diferencias térmicas dentro de la cámara que comprometan la calidad del producto.

**1.7.3. CONSERVACIÓN EN ATMÓSFERA CONTROLADA (AC)**

La Atmósfera Controlada (AC) es una técnica avanzada de conservación post-cosecha que combina bajas temperaturas con una modificación controlada de los gases presentes en el ambiente de almacenamiento. Esta tecnología permite prolongar la vida útil de frutas y hortalizas, manteniendo su calidad organoléptica (sabor, aroma, textura) y reduciendo las pérdidas comerciales. Los frutos se almacenan en cámaras herméticas en las que se ajustan de forma precisa las concentraciones de oxígeno (O<sub>2</sub>), dióxido de

carbono (CO<sub>2</sub>) y nitrógeno (N<sub>2</sub>), en función de las necesidades fisiológicas específicas del producto (MAPA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021).

### **Principios fisiológicos de la AC:**

- Reducción del oxígeno(O<sub>2</sub>): Al disminuir la concentración de oxígeno, se reduce la tasa respiratoria del fruto al afectar la eficiencia de las enzimas implicadas en el metabolismo. No obstante, debe mantenerse un nivel mínimo seguro, ya que, si el O<sub>2</sub> baja excesivamente, se desencadena una respiración anaerobia (fermentación) que genera alcohol etílico que puede causar necrosis celular y descomposición del fruto.
- Aumento del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>): El incremento de CO<sub>2</sub> inhibe parcialmente la glucólisis y ralentiza la maduración. Además, a niveles adecuados, ayuda a controlar el desarrollo de microorganismos. Sin embargo, debe ajustarse cuidadosamente para evitar fisiopatías.
- Uso del nitrógeno (N<sub>2</sub>): El nitrógeno se emplea como gas de desplazamiento para reducir el contenido de oxígeno y estabilizar la atmósfera, sin afectar directamente al metabolismo del fruto.

### **Condiciones óptimas para peras en AC**

- Oxígeno (O<sub>2</sub>): 2–2,5 %
- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>): 1–1,5 %
- Temperatura: Cercana a 0 °C (refrigeración constante)
- Tiempo de conservación: Hasta 5–7 meses

### **Parámetros de control en cámaras de AC**

Para un funcionamiento eficiente del sistema, es necesario llevar a cabo un seguimiento riguroso de los siguientes aspectos:

- Parámetros diarios:
  - Temperatura
  - Concentraciones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>
  - Humedad relativa (HR)
- Revisión de equipos:
  - Verificar funcionamiento de sistemas de desescarche, evaporadores, absorbedores de CO<sub>2</sub> y humidificadores.

- Control de calidad del producto:
  - Inspección visual y sensorial de frutos para detectar síntomas de deterioro interno o externo.
- Verificación mensual:
  - Comprobación de gases con analizadores externos para asegurar la fiabilidad de las lecturas del sistema.
- Prevención de contaminantes:
  - Realizar muestreos periódicos (1–3 veces por campaña) para controlar la presencia de hongos o patógenos en las cámaras.

En general, los **beneficios de la Atmósfera Controlada** son:

- Prolonga significativamente la vida útil del fruto.
- Reduce el índice de pérdidas post-cosecha.
- Mantiene las características sensoriales y nutricionales del producto.
- Mejora la planificación logística y la comercialización en mercados lejanos.

Los valores recomendados para diferentes variedades de pera se recogen en la Tabla 3 del documento

**Tabla 3:** Condiciones de Atmósfera Controlada para distintas variedades de pera (MAPAGOB)

Variedad	Temperatura (°C)	Oxígeno (%)	Anhídrido Carbónico (%)
Anjou	-0,5/-0	2	2
Blanquilla	-1/0,5	3	2
B. Luisa	-1/0	3	2
Conferencia	-1/0	4	1
D. Comicio	-0,5/0	3	3
G. Leclerc	0	3	2
Limonera	-1/-0,5	4	3
M. Hardy	-1/0	3	4
M.R. Barlett	-1/0,5	5	3
P. Crassana	-1/0	3	5
Williams	-1/0	3	3

#### 1.7.4. INNOVACIONES EN LA CONSERVACIÓN DE LA FRUTA

##### ○ **ULO (Tecnología de oxígeno Ultrabajo)**

La tecnología de oxígeno ultrabajo (ULO) representa el último logro en la conservación a largo plazo de la fruta. Para preservar la alta calidad de la fruta, se utiliza la tecnología de aire con bajo contenido en oxígeno en cámaras especialmente cerradas. El ULO es una variante de la atmósfera controlada donde se reduce aún más el nivel de oxígeno presente en el ambiente de almacenamiento. Esto se logra reduciendo el oxígeno a niveles muy bajos, generalmente entre 1% y 5%, lo que ralentiza significativamente los procesos de maduración y deterioro de los productos (Ilerfred, 2024).

##### **Características:**

- Niveles muy bajos de oxígeno (1%-5%).
- Adecuado para productos que son muy sensibles al oxígeno.
- Puede requerir un control y monitoreo precisos debido a los niveles extremadamente bajos de oxígeno.
- El régimen ULO en cámaras frigoríficas permite que las peras conserven sus propiedades durante un largo periodo de tiempo sin ninguna intervención química, lo que afecta a la calidad de la fruta y a sus propiedades nutricionales (como el contenido vitamínico de la fruta).

##### ○ **X-ULO (Extreme Ultra Low Oxygen):**

Es una técnica de gran interés para el control del escaldado superficial en pera. El ULO extremo o X-ULO se puede considerar como un intermedio entre la técnica de ULO en peras y la atmósfera dinámica ACD. Sus intereses comerciales comparados a la ACD son evidentes por el hecho que esta técnica se puede aplicar en pequeñas centrales, con cámaras menos exigentes en cuanto a la estanqueidad y sin inversiones importantes tanto en equipamiento como en formación de persona (Ilerfred, 2024)l.

##### **Características:**

- Niveles extremadamente bajos de oxígeno (del orden del 1,2%) y concentraciones de CO<sub>2</sub> bajas, si es posible inferiores al 1% especialmente para las variedades de peras sensibles a daños internos.
- Adecuado para productos muy sensibles al oxígeno y que requieren una vida útil prolongada.

- Requiere un control y monitoreo aún más precisos debido a los niveles extremadamente bajos de oxígeno.

- o **DCA (Atmósfera Controlada Dinámica)**

Esta técnica permite que el almacenamiento bajo condiciones de DCA permite conservar el nivel de oxígeno más bajo tolerado por la fruta, también llamado nivel de oxígeno más bajo (0,5-0,7%) Y CO<sub>2</sub> (<0,5%) las concentraciones de gas cambian en función de la respuesta fisiológica de la fruta. Manteniendo el nivel de oxígeno lo más cerca posible del punto de compensación anaeróbico (ACP) (Ilerfred, 2024).

**Características:**

- Si el sistema detecta un estrés fisiológico de la fruta, aumenta el nivel de oxígeno hasta que la respuesta del fruto vuelva al umbral óptimo, por encima del umbral de fermentación.

- Ajuste continuo de los niveles de gases.

- Utilización de sensores y sistemas de control para monitorear y regular la composición de los gases.

- Permite adaptarse a las necesidades específicas de los productos durante todo el período de almacenamiento.

- La tecnología DCA requiere un control preciso de las concentraciones de gases y monitorizar la respuesta metabólica de la fruta, para asegurar que el proceso de fermentación de la fruta (respiración anaeróbica) no se inicie. La respuesta metabólica de la fruta es monitoreada por un sensor y las concentraciones de gas en DCA se regulan de acuerdo con la señal proporcionada por ese sensor

- o **Beneficios:**

La maduración de los frutos mantenidos a estos niveles de oxígeno puede retrasarse de manera más efectiva que almacenándolos bajo una AC clásica. Por lo que, los procesos de oxidación y senescencia también disminuyen.

De la misma forma que con la ACD, la técnica de almacenamiento en x-ULO se ha visto que es también muy eficaz para controlar el escaldado superficial en peras. X-ULO proporciona un control casi total del escaldado superficial.

En resumen, la atmósfera controlada, junto con sus variantes ULO, X-ULO y atmósfera controlada dinámica, son técnicas avanzadas de conservación de alimentos

que permiten prolongar la vida útil de los productos perecederos al controlar y ajustar los niveles de gases en el ambiente de almacenamiento.

## **1.8. LA DENOMINACION DE ORIGEN (DOP) “PERAS DE RINCON DE SOTO”**

Las peras objeto de este Trabajo Fin de Grado se amparan bajo la Denominación de Origen Protegida (D.O.P.) "Peras de Rincón de Soto". La pera de Rincón de Soto fue la primera fruta en obtener el distintivo de Denominación de Origen Protegida en Europa en 2002. El Reglamento de esta DOP está recogido en la Orden 6/2011, de 17 de enero de 2011, de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural de la Comunidad Autónoma de La Rioja (Consejería de Agricultura, 2011).

La D.O.P. ampara pera de mesa de las variedades Blanquilla y Conferencia, clasificadas en categorías "Extra" e "I". Estas peras se distinguen por su alta calidad, características organolépticas específicas (como un elevado contenido de azúcares, buena firmeza y un marcado russetting natural) y por un sistema de recolección que preserva el pedúnculo intacto.

A continuación, se resumen algunos aspectos reglamentarios de esta DOP.

**A).- NOMBRE DEL PRODUCTO** Denominación de Origen Protegida (D.O.P.) “PERAS DE RINCÓN DE SOTO”.

### **B).- DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO**

**B.1.- DEFINICIÓN:** La pera protegida por la Denominación de Origen “Peras de Rincón de Soto” son frutos de la especie *Pyrus communis* L., procedentes de las variedades **Blanquilla y Conferencia**, de las categorías “Extra” y “I”, destinadas a ser entregadas al consumidor como pera de mesa en estado fresco.

**B.2.- VARIEDADES:** Las variedades acogidas a la Denominación son **Blanquilla y Conferencia**.

La variedad más característica es **Conferencia** y sus características generales son:

**Origen:** Obtenida por M. Rivers de libre polinización de A. León Leclerc de Laval en Sawbridgeworth (Inglaterra) en 1.860. Introducida en 1.885.

**Árbol:** De vigor medio y porte erguido que llega a ser abierto con la edad. Dominancia apical poco acusada del eje que tiende a anularse fácilmente. Ramificación

un poco anárquica. Entrada en producción relativamente rápida y producción buena a muy buena y bastante regular. Se adapta mejor a formas libres que obligadas.

**Floración:** De época tardía y de media entidad con cierta tendencia a la vecería, aunque menor que en otras variedades de peral. Buenos polinizadores son: Decana del Comicio, General Leclerc, Limonera, Mantecosa Bosc, Passa Crassana y Williams y sus mutaciones rojas.

**Fruto:** De calibre medio a grueso según cultivo y años, piriforme alargado de contornos bastante regulares, a veces algo asimétrico. La piel es gruesa, de color verde amarillento con más o menos russeting según climas. La pulpa es blanco amarillenta, fundente, jugosa, azucarada y de excelente calidad gustativa.

**Conservación:** Se conserva mal en frutero, pero en frío normal llega hasta febrero con buena calidad y en atmósfera controlada hasta abril. Presenta buena aptitud al transporte y manipulación.

**B.3.- CARACTERÍSTICAS DIFERENCIALES:** Las peras producidas en la zona geográfica protegida tienen características que las hacen ser diferentes al resto: En primer lugar, la altitud del valle y la cercanía de ríos colindantes, influyen que durante la mañana se genere una niebla que termina desapareciendo repentinamente en unas pocas horas, dejando al descubierto un sol radiante. La evaporación de la humedad depositada por la niebla en la superficie de la Pera Conferencia, por la persistente presencia del sol, hacen posible la aparición de **Russetting de forma natural**. Esta aparición natural del **Russetting**, es un parámetro muy valorado en esta zona.

Por otro lado, las técnicas empleadas tanto en las etapas de producción como de almacenamiento, conservación y expedición, junto con el clima y edafología de la zona, hacen también que esta pera sea distinta a la de otras zonas cercanas, que generalmente son más pequeñas, con base más redondeada, más amarillenta de color y menos dulce de sabor que la pera de la zona geográfica protegida que es **más grande, de forma alargada, más dulce y su piel tiene color mas verdoso**, adquiriendo mayor valor en el mercado. Asimismo, el **pedúnculo** de las peras se mantiene **visible** gracias al sistema de recolección empleado (Figura 10).



*Figura 10: Pera Conferencia característica de la DOP “Peras Rincón de Soto”*

**B.3.1. Características físico-químicas:** La dulzura de la pera Blanquilla y Conferencia que se han producido en la Zona Geográfica Protegida, es **extraordinariamente alta**. Además, esta dulzura va acompañada de la dureza suficiente que facilita la manipulación y conservación. Por tanto, las peras deberían reunir en el momento de su expedición los siguientes parámetros:

**Dureza:** valor máximo de 6,12 kg/cm<sup>2</sup>

**Sólidos solubles:** será como mínimo de **13° Brix**.

**Calibre mínimo:** El calibre determinado por el diámetro máximo de la sección ecuatorial, será de **60 mm**. Por exigencias de mercado se podrán reducir en 5 mm estos calibres mínimos.

### **B.3.2. Características organolépticas:**

La pera **Conferencia**, es de consistencia leñosa tiene un excelente acidez y dulzor; elevado, intenso y equilibrado. Con alta jugosidad, y alto contenido en azúcares, condiciona la calidad gustativa del fruto

### **B.3.3. Características Físicas:**

En lo que se refiere a sus características físicas, las peras protegidas por la Denominación “Peras de Rincón de Soto”, deben pertenecer a las **categorías “Extra” y “I”**. Las peras tendrán la forma, el desarrollo y la coloración típica de la variedad y

exentas de defectos, con excepción de ligeras alteraciones de la epidermis, siempre que las mismas no afecten a la calidad ni al aspecto general del fruto y/o a la presentación del envase. No se admiten las peras que tengan en su pulpa gránulos pétreos (litiasis) o concreciones pétreas.

**C).- ZONA GEOGRÁFICA** Los municipios de Albelda, Alberite, Alcanadre, Aldeanueva de Ebro, Alfaro, Agoncillo, Arrubal, Ausejo, Azofra, Calahorra, Cenicero, Entrena, Fuenmayor, Hormilla, Hormilleja, Huércanos Lardero, Logroño, Murillo, Nalda, Nájera, Navarrete, Pradejón, Rincón de Soto, San Asensio, Torremontalbo, Uruñuela y Villamediana de Iregua, repartidos por todo el valle del Ebro, delimitarán la zona de producción, conservación, acondicionamiento y envasado, acogida por la Denominación de Origen Protegida.

**C.1.- SITUACIÓN DE LA ZONA.** La Rioja está influenciada por la topografía del terreno, originando un fuerte gradiente pluviométrico y térmico. La zona geográfica posee una edafología y un clima característico y común que es especialmente favorable para la producción de peras, que, junto con el fuerte arraigo de la tradición agrícola de este cultivo, delimitan un conjunto único e indivisible.

**C.2.- MUNICIPIOS QUE LA COMPONEN.** La Comunidad Autónoma de La Rioja encierra a 174 municipios que se agrupan en seis comarcas agrarias; Rioja Alta, Sierra de Rioja Alta, Rioja Media, Sierra de Rioja Media, Rioja Baja y Sierra de Rioja Baja.

La zona geográfica delimitada está compuesta por nueve municipios de la Comarca de Rioja Alta: Azofra, Cenicero, Hormilla, Hormilleja, Huércanos, Nájera, San Asensio, Torremontalbo, Uruñuela, catorce municipios de la Comarca de Rioja Media: Albelda, Alberite, Alcanadre, Agoncillo, Arrubal, Ausejo, Entrena, Fuenmayor, Lardero, Logroño, Murillo, Nalda, Navarrete, Villamediana de Iregua y cinco de la comarca de Rioja Baja: Aldeanueva de Ebro, Alfaro Calahorra, Pradejón y Rincón de Soto, siendo este último el que da nombre a la Denominación.

Esta delimitación de la **Zona**, no solo se realiza atendiendo a criterios político administrativos sino también a criterios técnicos y agronómicos:

- **El clima mediterráneo templado**, es común a toda la zona y el idóneo para el cultivo del peral, que requiere veranos largos e inviernos cortos, se necesitan aportes hídricos en forma de riego, se localiza en la zona protegida el **66,75%** de la **superficie total de regadío** de nuestra comunidad, destinada al cultivo de peral.

- Su **situación geográfica**, concretamente la altitud y cercanía al valle, provocan la aparición natural del russetting y permiten el desarrollo ideal del ciclo de la Pera de Rincón de Soto.

- La **fertilidad** de los suelos aluviales próximos al valle otorgan mayor dulzura, calibre y dureza al fruto.

- Las **técnicas de cultivo** y el **método de envasado** común empleado desde antaño en la zona, adaptándolas a las normas de Seguridad Alimentaria actuales, son las que permiten conservar intactas las características específicas del producto. - Son en estos municipios donde se localizan el 77% de la superficie total destinada al cultivo del peral. Cultivo que durante los últimos años ha sufrido un incremento de superficie del 1.23 %, a diferencia del mercado descenso en el cultivo de manzana y melocotón.

**C.3.- SUPERFICIE.** La extensión total de la zona geográfica delimitada es de 968 km<sup>2</sup>.

#### **D). - ELEMENTOS QUE PRUEBAN QUE EL PRODUCTO ES ORIGINARIO DE LA ZONA**

**D.1.- PROCEDENCIA DE LAS MATERIA PRIMAS.** Las Peras de Rincón de Soto, proceden de las plantaciones y centrales hortofrutícolas que, situadas en la zona geográfica protegida, se encuentran inscritas en el Registro correspondiente al cumplir con las condiciones especificadas en el presente Pliego de Condiciones. Todas las personas físicas o jurídicas titulares de bienes inscritos en el Registro (instalaciones y/o productores), además del autocontrol realizado por el propio Consejo Regulador estarán sometidos a un **control externo** realizado por la Consejería competente en materia de calidad agroalimentaria o una Entidad Externa de Control y/o Certificación acreditada de conformidad con la Norma Europea **EN 45.011** o la **Guía ISO/IEC65**, con objeto de verificar de forma imparcial que las Peras que ostentan la Denominación, cumplen los requisitos del presente Pliego de Condiciones. Cada explotación o Central Hortofrutícola, solicitará inscripción en el **Plan de Control** y su registro al Consejo Regulador, en los impresos dispuestos por él mismo, acompañados de los datos, documentos y comprobantes especificados en el manual de calidad y procedimientos. Una vez la auditoría registro de la Explotación o Central Hortofrutícola ha resultado **APTA**, el responsable deberá **inscribirla en el registro correspondiente**. Las Explotaciones o Centrales Hortofrutícolas que sean calificadas como **NO APTAS**, no podrán volver a solicitar auditoría de registro hasta que solucionen dicha no conformidad suspendiendo el proceso de evaluación. Las parcelas o Centrales Hortofrutícolas ya

inscritas en el Plan de Control, se controlarán periódicamente, evaluando que todos los requisitos de inscripción siguen siendo correctos. El Consejo Regulador de la Denominación de Origen Protegida “Peras de Rincón de Soto” el actualizará el registro permanentemente, con una accesibilidad inmediata a los datos de manera que se puedan cruzar y tener conocimiento de estos, y de tener al corriente de cualquier modificación a la Consejería competente en materia de calidad agroalimentaria o Entidad Externa de Control y/o Certificación. Dicho registro constará de tantas secciones como sean necesarias para una correcta gestión del mismo. Serán requisitos para obtener la inscripción en el Registro de la denominación:

- 1.- El cumplimiento de la normativa general de carácter técnico-sanitario.
- 2.- Cumplimiento de establecido en el presente pliego de condiciones por parte de las parcelas o centrales hortofrutícolas que soliciten su inscripción en el registro.
- 3.- Que los perales tengan más de cuatro años.
- 4.- Seguir el control y asesoramiento técnico del Consejo Regulador, el cual velará y constatará a nivel interno que se cumple el pliego de condiciones.
- 5.- Que las técnicas de cultivo aplicadas sean las adecuadas para desarrollo óptimo de los frutos.
- 6.- Que la recolección se realice en el momento adecuado, asegurando de este modo, el desarrollo y grado de madurez tal, que permita a los frutos soportar su posterior manipulación y transporte respondiendo en el lugar de destino a las exigencias comerciales establecidas para los mismos. La recolección se realizará siempre en las mejores condiciones y con el mayor cuidado posible, evitando lesiones en los frutos.
- 7.- Que las Centrales Hortofrutícolas realicen toda la manipulación del fruto con sumo cuidado, evitando en todo momento su posible deterioro, eliminando antes de su expedición todas las peras defectuosas o que no cumplan los parámetros de calidad especificados.
- 8.- Tanto las parcelas como las Centrales Hortofrutícolas inscritas en el Registro del Consejo Regulador para la promoción de la Pera de Rincón de Soto, poseerán un “Libro de Reclamaciones”, en el que se registrarán las reclamaciones realizadas por los clientes, la forma de solucionarlas y el tiempo estimado para su resolución.

**D.2.- TRAZABILIDAD DEL PRODUCTO.** La trazabilidad del producto está garantizada por su identificación en cada una de las etapas de producción y comercialización. Para conseguirlo, los técnicos del Consejo Regulador, además de

**realizar el control de las producciones en campo y determinar la fecha exacta de la recolección**, garantizan el propio autocontrol realizado por los operadores inscritos incluida el área de acondicionamiento, asegurando de este modo, el control en toda la cadena, obteniendo datos fiables a la hora de otorgar la calificación y así asegurar la trazabilidad de los productos amparados. Del mismo modo, cuando el producto amparado sale de la Central Hortofrutícola para su posterior comercialización, se elaborará el cuaderno de salida correspondiente y se controlarán las etiquetas de la denominación. Las etiquetas que acompañarán a las **“Peras de Rincón de Soto”** serán etiquetas numeradas, controlando que el gasto de etiquetas no exceda la producción amparable para cada operador, evitando de este modo, que se puedan etiquetar con el logotipo de la denominación, peras no acogidas a la Denominación de Origen Protegida. En caso de que se produzca alguna incidencia, se retirarán las etiquetas quedando inmovilizadas y a disposición del Consejo Regulador, quien procederá a su destrucción. El número de etiquetas inmovilizadas se anotará en el Registro correspondiente de “Control de Etiquetado”.

**D.3.- PROCEDIMIENTO DE CONTROL.** Todos los inscritos en el Plan de Control, tendrán la obligación de permitir la entrada en sus establecimientos, a los inspectores para que realicen cuantas auditorías, comprobaciones y toma de muestras consideren necesarias. Tras inscribirse en el Registro, serán los técnicos del Consejo Regulador los encargados de asegurar el correcto funcionamiento interno de la Denominación, mediante autocontroles de todo el proceso productivo y la Consejería competente en materia de calidad agroalimentaria, o la Entidad Externa de Control y/o Certificación, el/la encargada de asegurar la imparcialidad de estos autocontroles mediante inspecciones y/o auditorías establecidas. Las actividades del “Plan de Control” de la Consejería competente en materia de calidad agroalimentaria, o de la Entidad Externa de Control y/o Certificación, alcanzarán: 1.- Auditoría documental del sistema. 7 2.- Inspecciones de áreas productivas, zonas de pesaje y centrales hortofrutícolas, realizando visitas a campo con objeto de verificar el cumplimiento y grado de implantación de los requisitos del presente pliego de condiciones. 3.- Toma de muestras. Los inspectores procederán a la toma de muestras de los productos bajo control para su posterior análisis. 4.- Emisión del informe, con base en las conclusiones extraídas de la auditoría del sistema documental, las inspecciones y los resultados de los análisis y mediciones. Se hará mención a las no conformidades habidas en la producción en contra de los requisitos del presente del pliego de condiciones.

## **E).- OBTENCIÓN DEL PRODUCTO**

A partir de este punto se desarrollan todas las prácticas que se deberán realizar para asegurar de este modo, las características peculiares de la “Pera de Rincón de Soto”. El planteamiento elemental se fundamenta, en un correcto diseño de la plantación, basado en criterios adecuados y en el equilibrio y correcta aplicación de las técnicas de cultivo que se realizan.

### **E.1.- LABORES PREPARATORIAS DEL TERRENO Y TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO.**

Las labores preparatorias serán las necesarias en función del estado en que se encuentre el suelo, del cultivo precedente, de las condiciones climatológicas, del pH y el equilibrio entre nutrientes del suelo y la época de plantación, asegurando de este modo un correcto desarrollo del fruto y una correcta adaptación a las necesidades del sistema de riego que se requiera emplear en cada caso.

**El sistema de mantenimiento** será el adecuado para que el cultivo aproveche al máximo las aportaciones de agua (en forma de riego o de lluvia) y los nutrientes, mejorando las características físicas del suelo, su estructura, permeabilidad y aireación.

### **E.2.- TÉCNICAS DE CULTIVO.**

- El diseño y marco de plantación se adaptará al patrón empleado.
- La edad mínima de los árboles frutales, para que su producción pueda entrar en la Denominación, será de cuatro años.
- Los aclareos, se realizarán de forma manual sin emplear productos químicos.
- La poda será manual y deberá adaptarse al tipo de suelo, al sistema de formación y a la combinación porta injerto/variedad.
- Se aprovechará convenientemente el agua de riego, para lo cual, la dosis se ajustará a las necesidades del cultivo de forma que sean mínimas las pérdidas por percolación, evaporación o escorrentía.
- Se evitarán también las condiciones extremas de humedad, que originarán consecuencias negativas en los árboles.
- Nunca se aportará riego durante momentos previos a la recolección, excepto en condiciones climatológicas adversas previa autorización del Consejo Regulador.

- El control de plagas y enfermedades, será el adecuado en base a los criterios de máxima eficacia.
- No se aplicarán productos fitosanitarios en los días próximos a la recolección.
- Los portainjertos que se utilizarán serán en función de la variedad y del nivel de fertilidad del suelo.

### **E.3.- RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE.**

Los frutos se recolectarán en el momento adecuado de madurez, ni demasiado verdes ni demasiado maduros. Si se recogieran muy verdes la pulpa permanecería dura y con sabor pobre y ácido, aunque tuvieran más aptitudes para su conservación. Si por el contrario se recolectaran de forma tardía, tendrían mejor sabor y textura, pero su conservación sería mucho más complicada ya que serían muy sensibles a enfermedades.

- Será necesario determinar el momento exacto de la recolección, en función del tamaño de los frutos, de su color, del color de las semillas, resistencia al arranque y dureza de la carne. Para determinar esta fecha se realizan pruebas aleatorias de penetromía y de azúcares solubles.

- Antes de entregar la mercancía se pesa quedando registrado.

- El transporte se realizará con rapidez (no transcurrirán más de 6 horas desde la recolección de la pera hasta su entrega en almacén) y en buenas condiciones.

### **E.4.- PALOTS.**

Los palots empleados se encontrarán siempre en perfectas condiciones de uso y permitirán la correcta aireación del fruto.

- Todos los palots antes de su utilización, deberán ser desinfectados con una formulación de baja o nula toxicidad.

- La capacidad de estos palots evitará el exceso de presión sobre las peras del fondo.

- Las peras, desde que se cargan en el palot hasta que este se vacía para envasar al por menor, no serán ni removidas ni zarandeadas, ni rozadas, ni golpeadas, evitando así su deterioro.

- Cualquier otro tipo de envase para la recolección, deberá estar previamente aprobado por el Consejo Regulador, previo informe técnico al respecto.

### **E.5.- RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.**

- Todas las centrales hortofrutícolas tienen que disponer de sistemas que garanticen la descarga separada de las peras amparables por la denominación de las del resto, evitando de este modo su mezcla durante su posterior manipulación.

- Todas las centrales hortofrutícolas poseerán, un lugar espacioso, fresco y bien ventilado, para que las peras recién llegadas bajen progresivamente su temperatura.

- Los palots llenos, una vez depositados en el almacén se marcarán con los datos del agricultor que aseguren la trazabilidad del producto, permaneciendo estos datos en el palot hasta el envasado.

- Posteriormente, se realizarán diversos escandallos donde se irán eliminando las peras defectuosas o que no cumplan los parámetros de calidad especificados.

- Todas estas operaciones se realizarán, con sumo cuidado y delicadeza, evitando en todo momento el deterioro del producto.

### **E.6.- CONSERVACIÓN EN CÁMARAS.**

- La producción que se comercialice sin conservar, pasará simple e inmediatamente a cámaras de frío hasta el momento de su expedición.

- La producción que se destina a la conservación, podrá ser comercializada posteriormente fuera de temporada.

- Antes de cada temporada se desinfectarán convenientemente todas las cámaras, junto con los palots, con productos de toxicología baja para el hombre y la fauna terrestre y acuícola. - Las cámaras de conservación, estarán limpias, estancas y asegurarán en todo momento que el producto no esté en contacto con las paredes.

- Cuando las cámaras se llenen del todo, se dejará espacio suficiente para asegurar una correcta circulación del aire.

- La temperatura media de conservación y la humedad relativa será la adecuada para mantener las características iniciales del producto durante todo el proceso de conservación.

- Si las peras se almacenan en cámaras de atmósfera controlada, para mantener una buena calidad del producto, nunca se abrirán y cerrarán manteniéndolas en regulación, más de tres veces debiendo poseer los valores de Temperatura, Humedad, Oxígeno y Dióxido de Carbono más adecuados en cada momento.

- Las peras, antes de entrar en las cámaras de atmósfera controlada, se ducharán con productos químicos procediendo a su descontaminación y evitando posibles mermas.

- Los productos químicos empleados para el control preventivo de pudriciones durante la conservación en cámara de atmósfera controlada serán de gran poder de penetración, de toxicología baja.

- Para que los frutos absorban adecuadamente los productos fúngicos no se realizará enfriamiento previo (conviene que los frutos se duchen a temperatura ambiente).

- El duchado será tal, que asegure el contacto del producto con la superficie de todas las peras, saliendo todos los frutos perfectamente desinfectados.

#### **E.7.- FASES DEL PROCESO DE ENVASADO Y/O CONSERVACIÓN.**

- El envasado de la pera se realizará con sumo cuidado, eliminado aquellos frutos que hayan sufrido algún tipo de deterioro durante el proceso de conservación.

- La clasificación podrá ser manual o con calibradora.

- Una vez que las peras han sido seleccionadas y clasificadas se depositarán en envases autorizados previamente por el Consejo Regulador siendo necesario en cualquier caso un acomodo que asegure la inmovilización del fruto, evitando de este modo, posibles daños en su transporte y distribución

- El contenido de cada envase será uniforme: contener peras de la misma variedad, calidad, coloración y estado de madurez.

- Los materiales que se utilicen en el interior de los envases habrán de ser nuevos, limpios y de una materia que no cause a los productos, alteraciones externas o internas. Las tintas o colas empleadas en la impresión o etiquetado, serán no tóxicas.

- Si los frutos una vez envasados no se expiden inmediatamente, se introducirán de nuevo en cámaras frigoríficas hasta el momento de su expedición definitiva.

- Todos los procesos de producción, recepción, elaboración, envasado y certificación del producto final estarán controlados por el Consejo Regulador y por la Consejería competente en materia de calidad agroalimentaria del Gobierno de La Rioja o la Entidad Externa de Control y/o Certificación.

Finalmente se detalla el **ETIQUETADO**:

Cualquier tipo de envase en que se expidan las peras, irá provisto del logotipo de la Denominación de Origen Protegida Peras de Rincón de Soto (), que será colocado en el propio almacén o Central Hortofrutícola acondicionadora inscrita y siempre de la forma que no permita una nueva utilización de la misma.



**Figura 11.** Logotipo de la Denominación de Origen Protegida Peras de Rincón de Soto

## 2. ANÁLISIS DEL SECTOR HORTOFRUTÍCOLA Y DE LAS TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN

### 2.1 SITUACIÓN A NIVEL MUNDIAL

La (Figura 12) muestra los principales países productores de peras a nivel mundial, evaluando variables como la **producción total (toneladas)**, **producción per cápita**, **superficie cultivada** y **rendimiento por hectárea**. A partir de esta información, se pueden extraer las siguientes conclusiones (ATLASBIG, 2025):

#### China

- Producción: 18.979.144 toneladas.
- Superficie cultivada: 986.479 ha (la mayor del mundo).
- Rendimiento: 19.238 kg/ha.

#### Estados Unidos

- Producción: 636.390 t (muy inferior a China).
- Rendimiento: 37.709,8 kg/ha (muy alto).

#### Argentina, Turquía y Sudáfrica: productores importantes del hemisferio sur













- Argentina y Sudáfrica presentan buenos rendimientos (25.562 kg/ha y 38.411 kg/ha respectivamente).

#### Bélgica y Países Bajos: Especialización en variedades como la Conference

- Bélgica tiene el mejor rendimiento de la tabla (34.084,4 kg/ha).
- Países Bajos también destaca con 33.762,7 kg/ha.

#### España: Producción media, margen de mejora en rendimiento

- Producción: 316.270 toneladas.
- Rendimiento: 15.797,7 kg/ha (bajo en comparación con otros países europeos).

País	Producción (toneladas)	Producción por persona (Kg)	Superficie (Hectárea)	Rendimiento (Kg / Hectárea)
 República Popular China	18.978.144	13,616	986.479	19.238,3
 Estados Unidos de América	636.390	1,942	16.876	37.709,8
 Argentina	634.000	14,249	24.802	25.562,3
 Turquía	530.349	6,563	25.155	21.083,2
 Sudáfrica	459.532	7,961	11.964	38.411,1
 Bélgica	355.680	31,154	10.450	34.036,4
 Países Bajos	340.000	19,709	10.070	33.763,7
 España	316.270	6,778	20.020	15.797,7
 India	276.000	0,207	42.000	6.571,4
 Italia	273.450	4,525	26.790	10.207,2
 Portugal	225.360	21,899	11.160	20.193,5
 Chile	218.049,1	12,407	6.241	34.935,6

*Figura 12 Situación a nivel mundial*

### **EN RESUMEN:**

- **China** domina en volumen.
- **EE. UU., Sudáfrica, Países Bajos y Bélgica** son líderes en productividad.
- **España** se encuentra en una posición intermedia, siendo competitivo en volumen, pero con necesidad de mejorar rendimiento.
- Países como **Chile y Argentina** son claves por su papel exportador desde el hemisferio sur.
- La variedad **Pera Conferencia** es predominante en el norte de Europa, especialmente en **Bélgica y Países Bajos**.

## **2.2 SITUACIÓN A NIVEL EUROPEO Y NACIONAL**

En La **Tabla 4** se detalla la producción de peras en la Unión Europea en miles de toneladas para las campañas 2022/23 y 2023/24, comparándolas con la media de los últimos cinco años (MAPA, ANÁLISIS DE CAMPAÑA, 2023).

La producción total de la UE en la campaña 2022/23 fue de 2.063 mil toneladas. En 2023/24, la producción se redujo a 1.797 mil toneladas, lo que supone un descenso del 13% respecto a la campaña anterior y un 18% menos en comparación con la media de los últimos cinco años (2.204 mil t).

Los países con mayor producción fueron Italia, Bélgica, España. Francia, Países Bajos y Portugal.

- Italia, tradicionalmente el mayor productor, ha sufrido un descenso drástico del 51%, pasando de 519 mil toneladas en 2022/23 a solo 256 mil toneladas en 2023/24. Su producción es la misma que la media de cinco años, lo que indica que ha tenido una caída significativa.

- Bélgica y España han aumentado su producción en comparación con el año anterior (+10% y +16% respectivamente), aunque en el caso español sigue siendo un 7% menor que la media de los últimos cinco años.

- Francia, Países Bajos y Portugal han visto reducciones del 10%, 3% y 10%, respectivamente, en comparación con el año anterior.

La variedad pera **Conferencia** es una de las más importantes en países como Bélgica, Países Bajos y España, donde representa una gran parte de la producción.

- Bélgica, con un aumento del 10%, se mantiene como uno de los principales productores de esta variedad.
- Países Bajos ha registrado una leve caída del 3%, lo que podría afectar la disponibilidad en el mercado europeo.
- España, aunque ha aumentado su producción en comparación con el año anterior, sigue por debajo de la media de los últimos cinco años, lo que indica cierta inestabilidad en la cosecha.

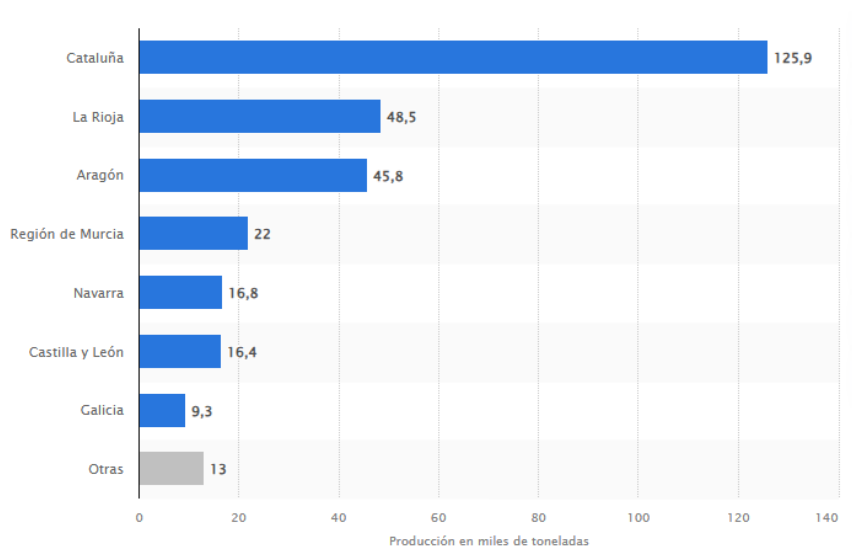
**Tabla 4:** Producción de pera en la Unión Europea (miles t). Fuente: Informe de Campaña 2023/2024 de Fruta de Pepita.

Prod <sup>o</sup> UE (miles t)	PERA				
	2022/23	2023/24	Media 5	Variación 2023/2024	
				vs 2022/2023	vs Media 5
Francia	143	128	122	-10%	5%
Bélgica	346	381	359	10%	6%
Países Bajos	351	341	373	-3%	-9%
Italia	519	256	519	-51%	-51%
Portugal	132	119	170	-10%	-30%
España	248	288	310	16%	-7%
Resto	324	283	351	-13%	-19%
<b>Total UE</b>	<b>2.063</b>	<b>1.797</b>	<b>2.204</b>	<b>-13%</b>	<b>-18%</b>

## 2.3 PRODUCCIÓN EN ESPAÑA

En la (Figura 13) se muestra la producción de peras en España por comunidades autónomas, medida en **miles de toneladas**. La producción de peras en España durante la campaña 2023/2024 se distribuye de la siguiente manera entre las principales comunidades autónomas (Statista, 2025):

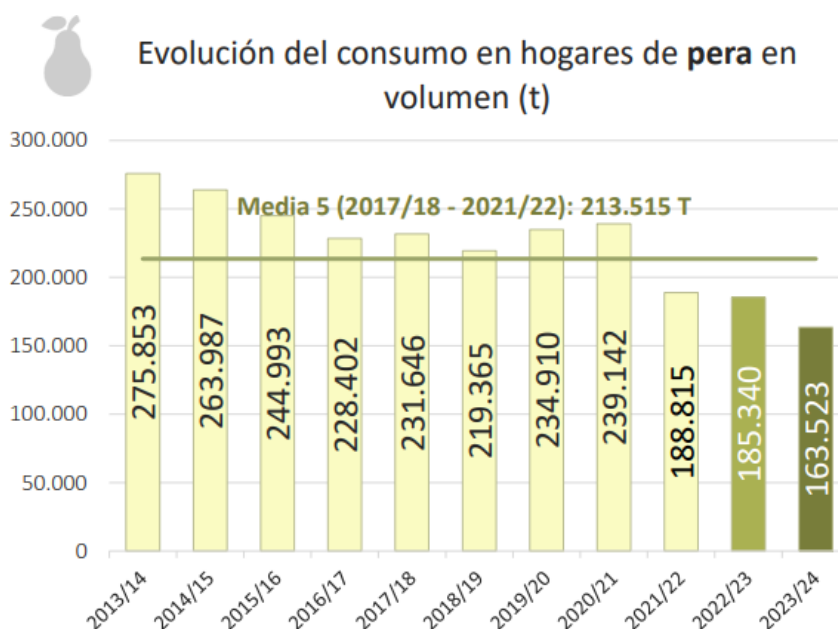
- **Cataluña:** Se consolidó como la principal región productora, aportando aproximadamente el **42,3%** de la producción nacional, lo que equivale a unas **126000 toneladas**.
- **La Rioja:** Aportó cerca de **49.000 toneladas**, lo que supone alrededor del **10%** de la producción española.
- **Aragón:** Con una producción estimada de alrededor de **46.000 toneladas**, representando aproximadamente el 18000% del total nacional.
- **Región de Murcia:** Su producción fue aproximadamente de **22.000 toneladas** representando.
- **Navarra:** Con una producción aproximada de **17000 toneladas**, contribuyendo con cerca del **8%** al total nacional.
- **Otras comunidades:** El resto de la producción se distribuyó entre diversas comunidades autónomas, sumando en conjunto alrededor de **36.700 toneladas**, lo que equivale al **12%** del total nacional.



**Figura 13:** Producción por Comunidades Autónomas. Fuente: Statista.

## 2.4 CONSUMO DE PERAS

El consumo de peras en los hogares se detalla en la (**Figura 14**) que muestra una tendencia a la baja. En 2013/14 el consumo de peras en hogares era de **275.853 t**. A lo largo de los años, el consumo ha ido disminuyendo de manera constante situándose la media de consumo en los últimos cinco años (2017/18 - 2021/22) en **213.515 t**, En los últimos años se ha producido un descenso acelerado ya que en 2021/22 el consumo ya había bajado a 188.815 t., en 2022/23, continuó la caída hasta 185.340 t y en 2023/24, el consumo ha caído a 163.523 toneladas, la cifra más baja registrada (MAPA, ANÁLISIS DE CAMPAÑA, 2023).

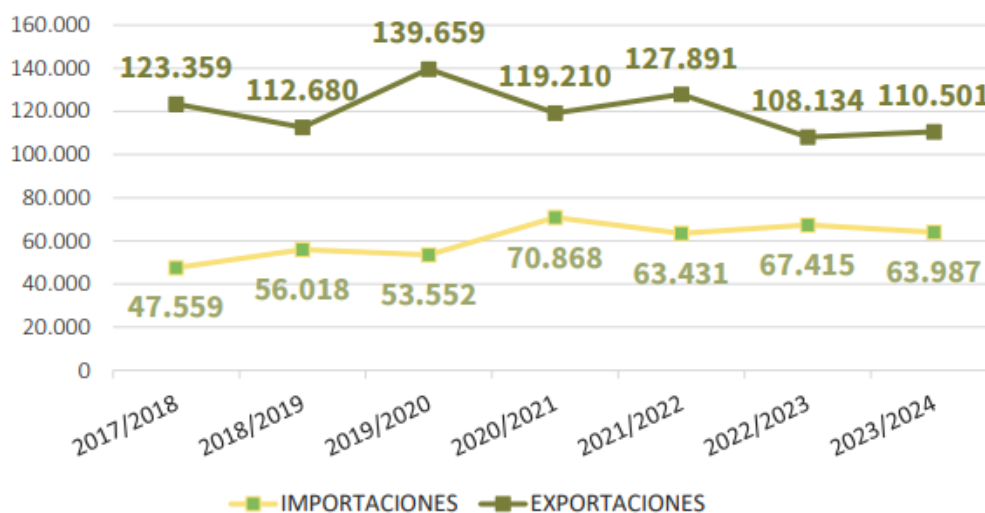


**Figura 14:** Evolución del consumo en hogares de pera Fuente: Informe de Campaña 2023/2024 de Fruta de Pepita.

## 2.5 COMERCIALIZACIÓN

España es un país netamente exportador de pera y cuanto mayor es la producción nacional se produce un incremento en las exportaciones. En la campaña 23/24, las exportaciones ascendieron respecto a la anterior (+2% vs 2022/23), pero por debajo de la media (-9%). Las importaciones disminuyeron en volumen, pero no así en su valor, experimentando un incremento en el precio. En la (**Figura 15**) se muestra la

**evolución del comercio exterior de peras** en España, expresado en **toneladas**, desde la campaña **2017/18 hasta la 2023/24** (MAPA, ANÁLISIS DE CAMPAÑA, 2023).



**Figura 15:** Evolución del comercio exterior de pera en España (en t) (Mapa)

Las **exportaciones** han fluctuado a lo largo de los años, con un pico en 2019/20 (139.659 t) y una caída en 2022/23 (108.134 t). En la campaña 2023/24 se recuperaron levemente hasta 110.501 t.

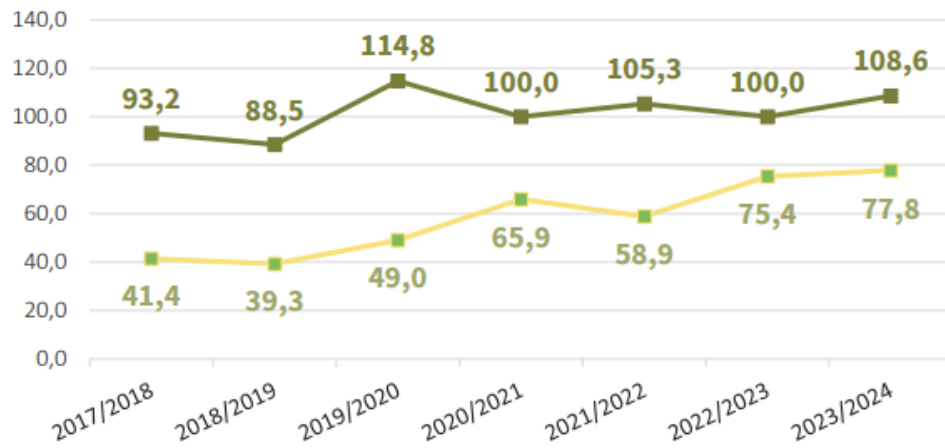
Las **Importaciones** han mostrado una tendencia al alza desde 2017/18, pasando de 47.559 t a un máximo de 70.868 t en 2020/21. En los últimos años, las importaciones han disminuido ligeramente, situándose en 63.987 t en 2023/24.

En la (**Figura 16**) se muestra la **evolución del comercio exterior de peras en términos de valor económico** (millones de euros) desde la campaña 2017/18 hasta la 2023/24.

Las **exportaciones** han oscilado a lo largo del tiempo, con un pico en 2019/20 alcanzando los 114,8 millones de euros. Disminuyeron en 2020/21 y 2021/22, estabilizándose alrededor de 100 millones de euros y en 2023/24, han vuelto a subir a 108,6 millones de euros, lo que indica una ligera recuperación.

Las **importaciones** han mostrado una clara tendencia al alza en los últimos años pasando de 41,4 millones de euros en 2017/18 a 77,8 millones en 2023/24, casi duplicándose. El mayor aumento se produjo en 2022/23, cuando las importaciones crecieron de 58,9 a 75,4 millones de euros.

Aunque España sigue exportando más de lo que importa en términos económicos, la diferencia se ha reducido. En 2019/20, las exportaciones superaban ampliamente a las importaciones (114,8 M€ vs. 49,0 M€) mientras que en 2023/24, la brecha fue menor (108,6 M€ vs. 77,8 M€), indicando que el país depende cada vez más de las importaciones



**Figura 16 :** Evolución del comercio exterior de pera (en millones de euros) en España (Mapa)

### 3. EMPLAZAMIENTO

#### 3.1 SITUACIÓN DEL POLÍGONO Y DE LA PARCELA

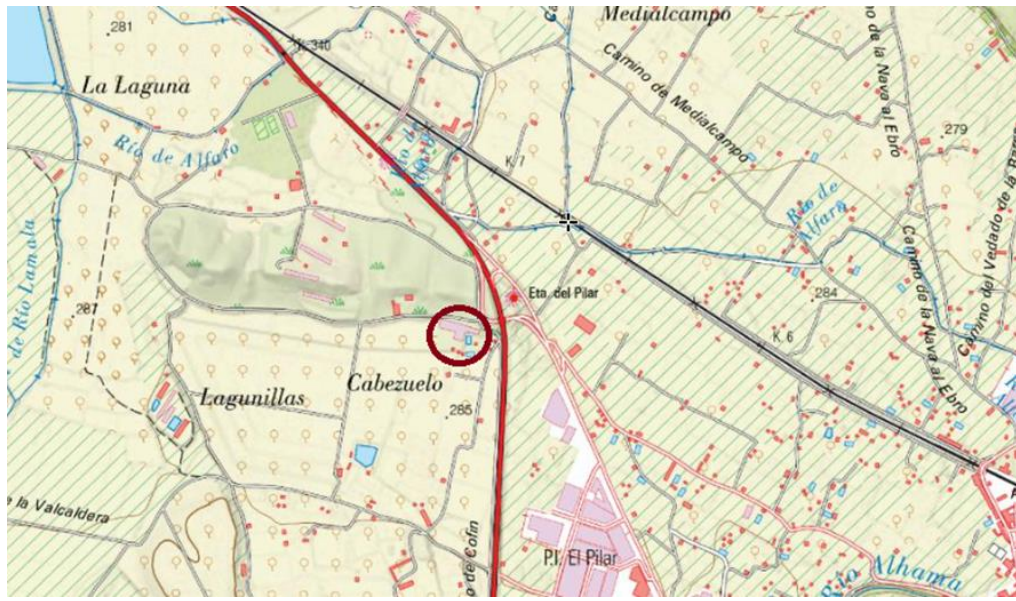
Las instalaciones actuales de la industria se localizan en el polígono industrial “Cabezuelo” (Alfaro, La Rioja) que cuenta con 3,3 ha distribuidos en una parcela (*Figura 17*).

Alfaro es municipio de la comarca de Rioja Baja conocido por su herencia agrícola, sobresaliendo en el cultivo de árboles frutales. Entre ellos, el cultivo de la pera Conferencia tiene un papel importante, siendo una de las principales de la zona y un producto esencial en el comercio agrícola, tanto a nivel nacional como internacional.

Los datos más destacados de la localización de la industria en el polígono “CABEZUELO” son los siguientes, de acuerdo con la información oficial del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, SIGPAC, s.f.):

- Polígono catastral: 65,69
- Parcela:79
- Recinto: 3
- Pendiente: 7,2%
- Referencia catastral: 26011A065000790000RI
- Provincia:26
- Municipio:11
- Coordenadas UTM:
- X: 601.524
- Y: 4.671.340
- Huso UTM: 30
- Altitud: 287 m
- Clasificación del terreno: Urbano, Rústico
- Uso característico: Agrario
- Superficie: 0,6943 ha + 2,42 ha

La localización de la parcela donde se sitúa la nave se detalla en la (*Figura 18*) (Fuente: Visor del Instituto Geográfico Nacional).



**Figura 17:** Emplazamiento del polígono industrial Cabezuelo en Alfaro (La Rioja, España)



**Figura 18.** Emplazamiento de la parcela

### 3.2 INFRAESTRUCTURAS DEL POLÍGONO

El polígono cuenta con las siguientes infraestructuras y servicios:

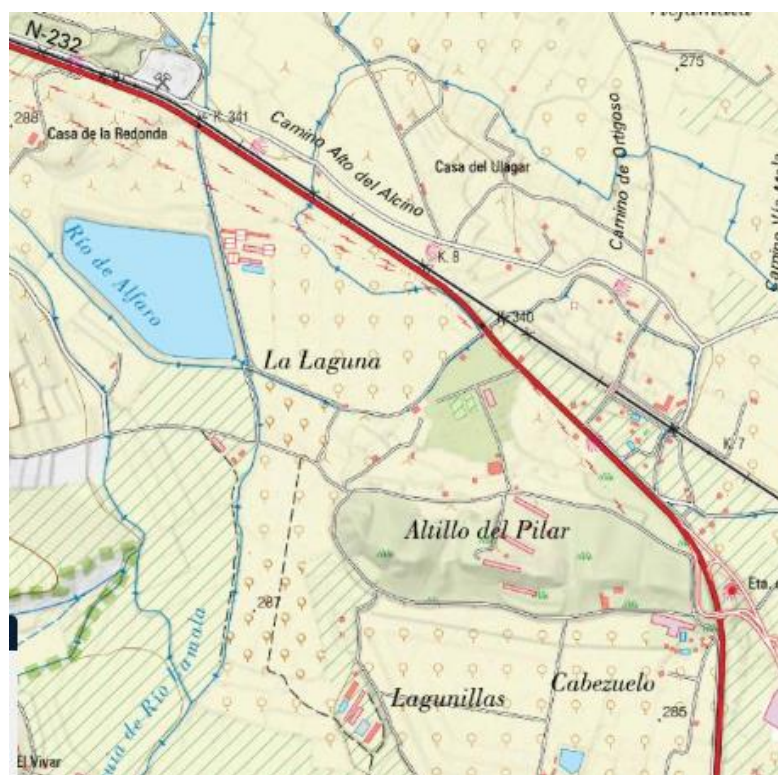
- **Red viaria:** Calles asfaltadas con señalización adecuada para el tránsito de vehículos pesados.

- **Suministros básicos:** Disponibilidad de agua potable, electricidad y telecomunicaciones.
- **Accesos:** Conexión directa con la Carretera Nacional 232, facilitando el transporte de mercancías.
- **Servicios auxiliares:** Presencia de talleres mecánicos, empresas de transporte y logística, y servicios de mantenimiento industrial.

Estas infraestructuras hacen del Polígono Industrial Cabezuelo un enclave estratégico para empresas del sector agroalimentario y logístico en la región de La Rioja.

### 3.3 COMUNICACIONES

Esta localidad es atravesada por la carretera nacional N-232, que une Zaragoza con Logroño, y está situada a pocos kilómetros de ciudades destacadas como Calahorra (20 km), Tudela (24 km), Logroño (70 km) o Zaragoza (85 km) (Figura 19). Estas ciudades funcionan como puntos clave para la venta y distribución de productos agrícolas, donde la pera Conferencia tiene un rol destacado por su calidad y demanda en el mercado (MAPA, SIGPAC, s.f.)



**Figura 19:** Situación del polígono Cabezuelo con sus comunicaciones (Fuente: SIPAG)

### **3.4 AMPLIACIONES DE LA INDUSTRIA**

Con el objetivo de adaptarse al crecimiento de la producción y a las exigencias del mercado, la Sociedad Agraria de Transformación (SAT) Cabezuelo de Alfaro plantea la ampliación de sus instalaciones de almacenamiento frigorífico, así como la mejora de la línea de envasado de pera Conferencia.

Actualmente, la industria agraria dispone de una nave con una superficie útil de 1.543,05 m<sup>2</sup>, distribuida en distintas áreas funcionales: oficinas, aseos, vestuarios, zona de recepción de productos, expedición, almacén, zona de manipulación y cuatro cámaras frigoríficas de atmósfera controlada.

Hasta el momento, la capacidad total de almacenamiento era de 1.000 t, distribuidas en tres cámaras de atmósfera controlada con una capacidad unitaria de 250 t (750 t en total), y una cámara de refrigeración estándar con capacidad para 250 t.

En cuanto a la producción agrícola, la SAT contaba inicialmente con 30 hectáreas de frutales, con una cosecha media anual de 1.000 t de peras. Esta superficie ha sido ampliada hasta alcanzar las 60 hectáreas, lo que ha permitido duplicar la producción hasta los 2.000 t anuales. Como consecuencia del incremento productivo y de la creciente demanda por parte de los mercados próximos, se ha hecho necesario ampliar la capacidad de almacenamiento de la industria para dar respuesta a estas nuevas necesidades.

La ampliación contempla el diseño e instalación de cuatro nuevas cámaras: dos cámaras de atmósfera controlada con una capacidad unitaria de 225 t (450 t en total), una cámara de refrigeración estándar de 225 t, y una cámara de maduración también con una capacidad de 225 t. Con esta actuación, la capacidad total de almacenamiento frigorífico pasará de 1.000 a 1.900 t.

Esta mejora en las infraestructuras permitirá conservar adecuadamente la totalidad de la cosecha, facilitando una gestión más eficiente de la fruta y regulando su puesta en el mercado en función de la demanda. De este modo, se busca maximizar la rentabilidad de la producción y contribuir a la mejora de las condiciones económicas tanto de la propia SAT como de la Organización de Productores de Frutas y Hortalizas (OPFH) a la que pertenece, repercutiendo positivamente en las rentas de los agricultores asociados. La inversión realizada cumple, por tanto, una doble finalidad: económica y social, fortaleciendo el tejido productivo local y asegurando la sostenibilidad de la actividad agraria en la zona.

## **Resumen:**

### **Capacidad antes de la ampliación:**

- Tres cámaras de refrigeración con atmósfera controlada con capacidad de almacenamiento de 250 t cada una, es decir 750 t de capacidad de almacenamiento total.
- Una cámara de refrigeración estándar con una capacidad de almacenamiento de 250 t

*Capacidad total de almacenamiento de peras antes: 1.000 t*

### **Capacidad después de la ampliación:**

- Dos nuevas cámaras de atmósfera controlada con capacidad de almacenamiento de 225 t cada una, es decir, 450 t.
- Una nueva cámara de refrigeración estándar con una capacidad de almacenamiento de 225 t.
- Una nueva cámara para maduración con una capacidad de 225 t.

*Capacidad total de almacenamiento después de la ampliación: 1.900 t*

Además de esta actuación, se ha previsto la **ampliación del proceso productivo** mediante la implantación de una **nueva línea de envasado**, orientada a mejorar la presentación del producto y adaptarse a las exigencias del mercado en cuanto a formatos y comodidad para el consumidor. Esta nueva línea complementará los medios técnicos actualmente disponibles, que incluyen:

- Lavadora de frutas de 5,5 CV.
- Báscula empotrada en el suelo de 1,5 x 1 m con capacidad de 3.000 kg.
- Carretilla elevadora eléctrica con capacidad de 1,6 toneladas.
- Palots de madera de 105 x 115 x 72 cm.
- 3.000 cajas de plástico normalizadas.
- Compresor de aire y grapadora neumática.
- 7 carretillas manuales para cajas.

- Máquinas de calibrado, líneas de envasado y expedición.

La implementación de esta nueva línea de envasado permitirá optimizar el proceso de manipulación y comercialización, mejorando tanto la eficiencia operativa como la calidad final del producto.

## 4. PROCESO PRODUCTIVO

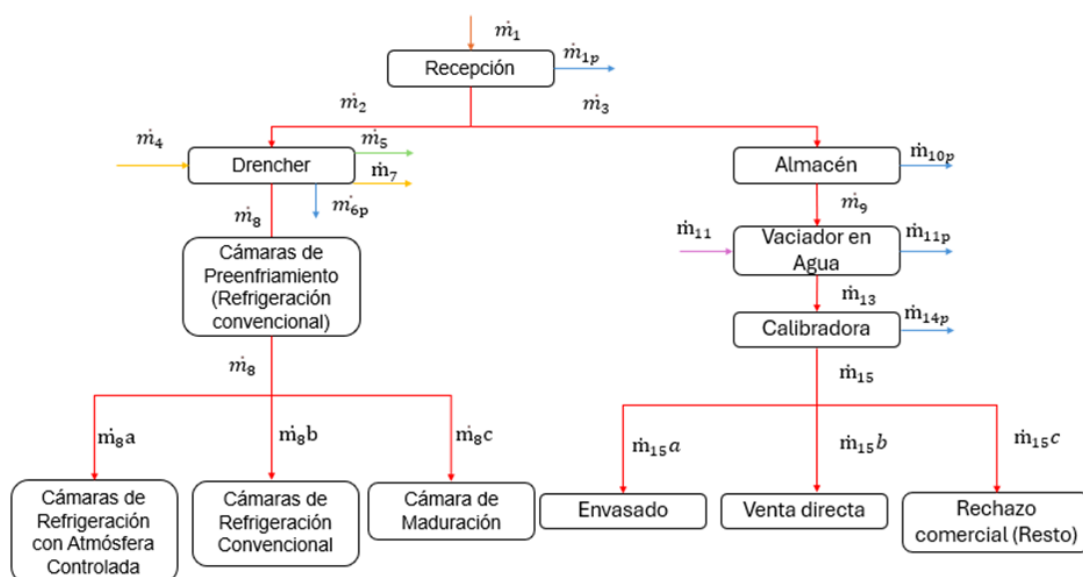
El principal requerimiento de la central frutícola es poder conservar y vender pera Conferencia provenientes de los socios y clientes agricultores.

La cantidad de fruta que se conserva en las cámaras frigoríficas se estima a partir de los datos medios de las últimas campañas de recolección de la empresa. No obstante, el reciente aumento de las hectáreas de fruta en producción cuya recolección irá destinada a la empresa ha hecho que la capacidad de manejo y almacenamiento deba ser aumentada al doble de lo habitual.

Se maneja una entrada diaria de 133.400 kg/día ( $\approx 133,4$  t/día) de peras Conferencia. La fruta se clasifica en dos grandes destinos:

- El 60% se almacena para permitir ventas escalonadas a lo largo del año, asegurando continuidad de oferta y mejores precios en mercado. Es decir, 79.760 kg/día se destinan a conservación para lo cual se someten a tratamiento en drencher.
- El 40% restante es destinado a envasado para cubrir la demanda inmediata del mercado nacional e internacional de fruta fresca. Esto supone 53.173 kg/día que son destinados a envasado directo, para lo cual pasan directamente al vaciador de agua.

A continuación, se describe el flujo que sigue el producto desde su entrada a la central hortofrutícola hasta su expedición al mercado y cuyo esquema se muestra en la Figura 20.



**Figura 20:** Esquema del proceso productivo de la pera conferencia

## **4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS FASES DEL PROCESO PRODUCTIVO**

### **4.1.1. ENTRADA DE LA FRUTA A LA NAVE: PESAJE Y RECEPCIÓN**

La recepción de los frutos en central debe ser lo más cuidadosa posible y realizarse el mismo día de la cosecha. Idealmente, si la recolección se hace por la mañana, los frutos recolectados deberán llegar a la central antes del mediodía, y los frutos recolectados por la tarde deberán hacerlo antes de la noche para evitar el mínimo tiempo desde su cosecha hasta su puesta en frío. Los tratamientos post-cosecha y puesta en frío deben realizarse máximo 6-8 horas desde la recolección.

La fruta que ha sido recolectada en el campo con un calibre mínimo y calidad adecuada se recepcionará en la industria en palots, siendo éste el único formato admitido para su entrada a la industria.

El peso del palot de madera ligera vacío es de aproximadamente 29 kg y sus dimensiones 105 x 115 x 72 cm con una capacidad media de 290 kg de pera cada uno. Los palots, proporcionados a los agricultores, serán transportados por camiones la entrada de la nave, se descargarán de los remolques mediante las carretillas elevadoras y se pesarán en una báscula que hay en la zona de recepción. Tras ello, se procederá a la inspección visual en recepción de la fruta verificando la ausencia de daños físicos o defectos de calidad aparentes.

El pesaje se realiza inmediatamente tras la descarga, en la zona de recepción, y es el primer paso para registrar oficialmente la entrada de fruta. A continuación, se lleva a cabo el escandallo, un control de calidad que consiste en la toma de muestras de los palots para evaluar el estado de madurez de los frutos. Esta información es clave para decidir el destino post-cosecha de cada partida, incluyendo el tratamiento, el tipo de almacenamiento (en frío, con o sin atmósfera controlada) y la previsión aproximada de conservación.

No obstante, podemos encontrarnos con distintas problemáticas en la recepción de las peras que requieren de especial atención:

Frutos que llegan a primera hora a central: deben identificarse y segregarse, a ser posible, ya que se entiende que se recolectaron el día anterior y han pasado toda la noche en campo o en algún almacén no refrigerado (por lo que ya no han sido sometidos a un enfriamiento adecuado). Se debería penalizar al agricultor por este tipo de prácticas, ya que estos frutos tienen un potencial post-cosecha muy inferior al óptimo.

Procedencias lejanas con trayectos de transporte largos y no refrigerados: Identificar y hacer un seguimiento más exhaustivo de los mismos. El retraso en la puesta

en frío incrementa la creación de receptores de etileno y la tasa respiratoria de los frutos por lo cual se recomienda enfriar antes del transporte. Solo en trayectos inferiores a 8 horas el transporte podría ser no refrigerado. Una vez llega a la central el producto debe enfriarse lo antes posible.

Falta de identificación de la fruta: toda la fruta debería estar correctamente identificada por partidas o lotes al llegar a la central, con el objetivo de garantizar una trazabilidad lo más específica posible. En caso de que la fruta no esté identificada, se deberían aplicar medidas como la retención provisional del lote hasta verificar su procedencia, el registro de la incidencia y la comunicación inmediata al proveedor o agricultor para corregir la situación. Además, sería recomendable implantar controles más rigurosos de entrada, exigir etiquetados visibles y realizar formaciones específicas a los proveedores sobre la importancia de cumplir con los procedimientos de trazabilidad. Si estas situaciones se repiten, se debería contemplar la posibilidad de aplicar sanciones o penalizaciones.

Para ello, se efectuará una toma de muestras (en función del tamaño del lote) en el que se determinará:

**Calibre mínimo:** El calibre mínimo determinado por el diámetro máximo de la sección ecuatorial, será de 60 mm para pera Conferencia. Por exigencias de mercado se podrán reducir en 5 mm estos calibres mínimos.

**Dureza:** valor comprendido entre 5,44-6,12 kg

Sólidos solubles totales: contenido en sólidos solubles (azúcares) será como mínimo de 13 °Brix.

**Acidez titulable:** contenido en ácidos orgánicos expresado como el ácido mayoritario (g ácido málico/L).

**Índice de almidón:** 2-10

**Coloración externa e interna**

Teniendo en cuenta estos parámetros, en especial los sólidos solubles, el índice de almidón y la dureza de la pulpa se decidirá si la fruta se procesa y comercializa a corto plazo o si se destina a la conservación en cámara frigorífica (Tabla 5). Independientemente del destino todos los productos se mantendrán en cámaras de almacenamiento en refrigeración hasta el momento de su expedición.

**Tabla 5:** *Parámetros recomendados en la recepción para determinar el destino de conservación en peras Conferencia*

Destino	Firmeza (kg)	Acidez (g ac. málico)/L)	Azúcares(°Brix)	Almidón (escala 1-10)
<b>Media-larga conservación</b>	6-6,5	2-2,2	> 12	2-5
<b>Corta conservación</b>	<5,5	2-2,2	>12	6-7
<b>Frío normal/venta rápida</b>	<4,5	2-2,2	>12	8-10

Dado que parte de la evaluación de calidad implica métodos destructivos (penetrómetro, °Brix, etc.), se estima un rechazo técnico del 2 % sobre la entrada.

La fruta descartada se considera residuo orgánico, no apto para consumo humano ni animal sin control de residuos fitosanitarios. Su destino más adecuado es el compostaje agrícola controlado o la entrega a gestores autorizados, en coherencia con la economía circular.

Una vez se admitan las peras, éstas se transportarán al drencher para su lavado y tratamientos con fungicidas y antiescaldantes, seguidamente se transporta la fruta con caretilas elevadoras de 1,6 t por el interior de la nave hasta las cámaras de atmósfera controlada.

#### **4.1.2. LAVADO Y TRATAMIENTO EN DRENCHER**

Las peras destinadas a la conservación en cámaras frigoríficas pasan por el drencher, un sistema que aplica tratamientos fungicidas y recubrimientos antioxidantes para prevenir el escaldado superficial y las podredumbres durante el almacenamiento.

El drencher está compuesto por zonas de alimentación, ducha de tratamiento y escurrido, donde los palots son sometidos a una pulverización uniforme del caldo preparado con los productos recomendados por el fabricante.

##### **Preparación del tratamiento**

El caldo se elabora en el orden recomendado por el fabricante:

El caldo de tratamiento se elabora siguiendo el orden recomendado por el fabricante:

- Antiespumante.
- Fungicida (p. ej., Scholar® 230 SC, fludioxonil 230 g/L, nº registro ES 00029).
- Recubrimiento antioxidante/antiescaldante (Naturcover®, nº registro 31.00637/V).
- Opcionalmente, desinfectante (DECCOSAN® FH, ácido peracético 5 %) como coadyuvante tecnológico.

**Condiciones de aplicación:**

- Temperatura del caldo: 20 °C.
- Mezcla homogénea, sin precipitados ni ruptura de emulsión.
- Escurrido obligatorio antes del paso a cámaras.

Tras el tratamiento, se deja escurrir la fruta completamente antes de su traslado a las cámaras de refrigeración.

La fruta destinada a la venta directa no pasa por este proceso y se deriva directamente al vaciado en agua, selección, calibrado y envasado.

Los residuos líquidos generados durante el tratamiento se recogen y gestionan mediante gestores autorizados, garantizando el cumplimiento de la normativa ambiental y los principios de sostenibilidad.

**4.1.3. PREENFRIAMIENTO**

Aunque la empresa no dispone de cámaras específicas de preenfriamiento, se utiliza la infraestructura de refrigeración convencional como pulmón de enfriamiento inicial.

Una vez tratada, la fruta se somete a una etapa de preenfriamiento utilizando las cámaras de refrigeración convencional como pulmón térmico.

El objetivo de esta fase es reducir la temperatura de la pulpa hasta aproximadamente 0–1 °C en un plazo de 24 a 48 horas, antes de su almacenamiento definitivo.

Tras el preenfriamiento, la fruta se distribuye según su destino a los diferentes tipos de cámaras: cámaras de refrigeración con atmósfera controlada, cámaras de refrigeración convencional y cámara de maduración.

Esta estrategia permite mantener la calidad del producto, reducir el riesgo de alteraciones fisiológicas y optimizar el uso de las instalaciones existentes sin requerir cámaras específicas adicionales.

#### **4.1.4. CONSERVACIÓN**

Una vez escurridos los palots tras el tratamiento en drencher y después del preenfriamiento en cámara de refrigeración convencional, la fruta se distribuye según la estrategia de conservación:

- Una parte de la fruta permanece en las cámaras de refrigeración convencional.
- Otra se traslada a las cámaras de refrigeración con atmósfera controlada (ULO).
- Una fracción menor se destina a la cámara de maduración.

##### **Cámaras de Refrigeración con Atmósfera Controlada (ULO)**

- Condiciones:
- Temperatura: 0–1 °C.
- Oxígeno: 1–1,5 %.
- CO<sub>2</sub>: 1–2 %.
- Permanencia: hasta 8 meses.

**Objetivo:** prolongar la vida útil de la fruta ralentizando la respiración y retrasando la maduración, reduciendo además la incidencia de escaldado superficial y podredumbres.

**Técnica ULO:** la atmósfera se crea y mantiene mediante sistemas de control automatizados que permiten reducir progresivamente el nivel de O<sub>2</sub> hasta valores ultra bajos (1–1,5 %), al tiempo que se regula el CO<sub>2</sub>.

**Equipamiento asociado:** reductores de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, analizadores de gases, válvulas de seguridad, controles de temperatura y humedad relativa.

**Destino final:** fruta destinada a conservación de larga duración, que se va liberando de manera escalonada al mercado a lo largo de la campaña comercial.

### **Cámaras de Refrigeración Convencional**

- Condiciones:
- Temperatura: 0–1 °C.
- Humedad relativa: 90–95 %.
- Sin control de gases.
- Permanencia: 2–3 meses.

**Objetivo:** conservar fruta destinada a ventas a corto y medio plazo, o como producto de transición hasta su expedición.

**Importancia:** son esenciales para mantener disponible un stock de rotación rápida, asegurando flexibilidad comercial.

### **Cámaras de Maduración**

- Condiciones:
- Temperatura: 12–18 °C.
- Humedad relativa: 90–95 %.
- Ocasionalmente se aplica etileno, aunque en la pera Conferencia la maduración suele ser natural.

**Permanencia:** 2–4 días (dependiendo del estado de madurez inicial y de los requisitos del mercado destino)

**Objetivo:** uniformizar ablandamiento, coloración y dulzor, ofreciendo al mercado un producto “listo para consumo”.

### **Llenado de cámaras**

La correcta estiba de palots en las cámaras frigoríficas es fundamental para garantizar un enfriamiento homogéneo y un aprovechamiento óptimo de la ventilación generada por los evaporadores.

- Distancia entre palots: 20 cm.
- Distancia palots–paredes: 30 cm.
- Distancia palots–techo: 50 cm.
- Distancia mínima respecto al evaporador: 1 m.
- Evitar pasillos preferenciales y mezcla de contenedores de distinto tamaño.

De esta manera, se asegura la adecuada circulación del aire y la homogeneización de la temperatura y concentración de gases en toda la cámara, lo que se traduce en una conservación más eficiente y uniforme de la fruta.

#### **4.1.5. CONFECCIÓN: LAVADO, SELECCIÓN, CALIBRADO Y ENVASADO**

Las peras que se van a confeccionar para su venta siguen el siguiente proceso:

**Lavado:** Los palots con fruta se vacían en agua mediante un sistema de descarga específico para fruta flotante, lo que permite manipular las peras con suavidad y reducir daños mecánicos. Este equipo permite el vaciado progresivo de los bins en un tanque de agua, facilitando la transferencia del producto a la línea de selección y calibrado.

**Selección:** Tras el lavado y vaciado de los palots, las peras pasan a la etapa de selección, donde se separan manualmente las piezas con defectos visibles (golpes, podredumbres, deformidades o alteraciones de coloración). Este proceso se realiza sobre una mesa de inspección con cinta transportadora, que permite el desplazamiento y rotación de la fruta bajo condiciones de iluminación adecuadas, facilitando que los operarios examinen toda la superficie del fruto. La selección es un paso obligatorio tanto por normativa de calidad como por los requisitos de los clientes, ya que asegura que solo los frutos aptos avancen hacia el calibrado y posterior envasado.

**Calibrado:** La fruta seleccionada pasa a la máquina CombiSort, un calibrador electrónico de alta precisión que clasifica las peras según su diámetro, peso, forma y color.

- El sistema combina sensores ópticos y de visión artificial que permiten identificar defectos externos y medir parámetros como el °Brix o la firmeza.
- Capacidad de procesado: hasta 5 frutos por segundo y vía, lo que permite superar las 180 toneladas en 10 horas de trabajo.
- Precisión: clasificación individual de cada pieza para asignarla a la categoría y calibre adecuados.

Este calibrado automatizado garantiza homogeneidad en la calidad de la fruta enviada al mercado.

**Envasado:** Tras el calibrado, las peras se dirigen a las líneas de envasado, donde se preparan en diferentes formatos comerciales: cajas de cartón con alveolos, o envases tipo *flow-pack* (cestas).

La envolvedora horizontal BF 325 H permite un envasado automático y de alta velocidad, alcanzando hasta 120–220 packs por minuto según el formato. Esta máquina asegura la protección de la fruta frente a contaminaciones externas y proporciona una presentación homogénea y atractiva para el consumidor.

### **Salida a expedición**

Los envases terminados se paletizan y almacenan temporalmente en la zona de expedición antes de su transporte a los distintos puntos de venta.

## 5. BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA

### 5.1 BALANCE DE MATERIA

#### 5.1.1 FLUJO DIARIO DE ENTRADA DE PERAS CONFERENCIA

La sociedad agraria de transformación (SAT) de Cabezuelo de Alfaro disponía de 30 hectáreas de frutales con una cosecha de 1.000 t de peras aproximadamente y se han ampliado sus cultivos a 60 hectáreas con una cosecha de 2.000 t de peras anuales. Dicha cantidad se recepcionará durante una campaña de dos semanas. Éste dato servirá como referencia para la realización del balance de materia del proceso, ya que marcará la capacidad necesaria de almacenamiento de las cámaras frigoríficas que se van a diseñar, ampliando la capacidad existente. El flujo másico diario de entrada de pera se calcula mediante la **Ecuación (5.1)**, que relaciona la masa total de la campaña con la duración del periodo de recolección.

$$m_{\text{entrada}} = \frac{2.000.000 \text{ kg/campaña}}{15 \text{ días/campaña}} = 133333 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \quad (\text{Ecuación 5.1})$$

A partir de este valor, se determina el número de palots necesarios por jornada mediante la **Ecuación (5.2)**, dividiendo el flujo másico diario entre la capacidad media de carga de cada palot (290 kg):

$$n^{\circ} \text{ palots} = \frac{133333 \text{ kg/día}}{290 \frac{\text{kg}}{\text{palot}}} \approx 460 \frac{\text{palots}}{\text{día}} \quad (\text{Ecuación 5.2})$$

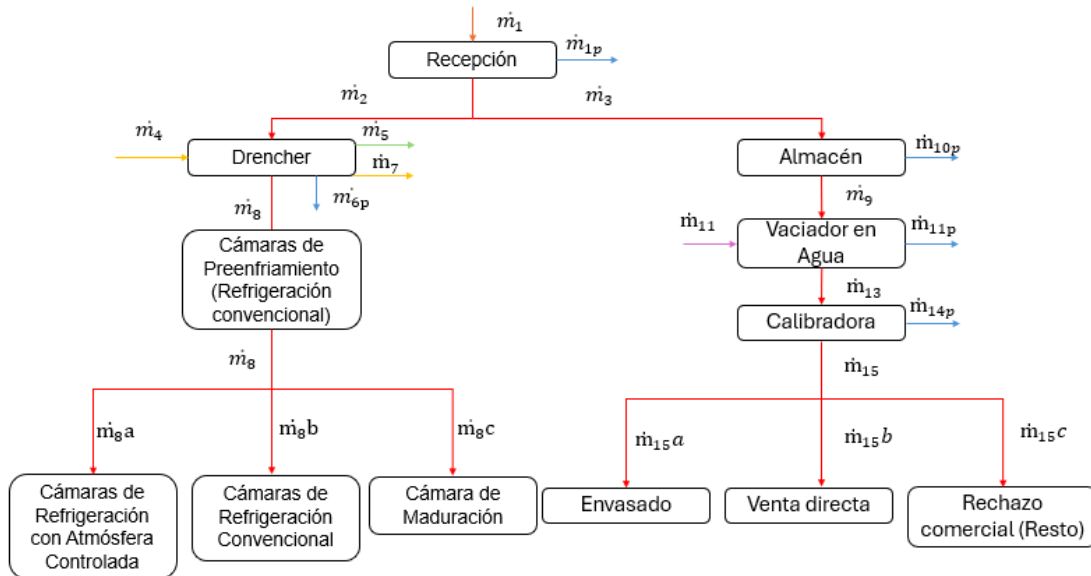
De esta manera, el flujo másico de entrada adoptado como base de cálculo para desarrollar los balances de materia en la industria, mostrado en la **Ecuación (5.3)**, es:

$$\dot{m}_1 = 460 \frac{\text{palot}}{\text{día}} * 290 \frac{\text{kg}}{\text{palot}} = 133.400 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \quad (\text{Ecuación 5.3})$$

O lo que es lo mismo, considerando que la jornada laboral será de 10 horas el flujo horario equivalente se obtiene mediante la **Ecuación (5.4)**:

$$\dot{m}_1 = 13340 \frac{kg}{h} = 133.400 \frac{kg}{día} \quad (\text{Ecuación 5.4}).$$

Este dato se tomará como base de cálculo para realizar el balance de materia al proceso que se describe a continuación. En la (Figura 21) se recoge un esquema del proceso que siguen las peras desde su recepción hasta su expedición o almacenamiento según corresponda.



**Figura 21.** Esquema del proceso productivo de la pera conferencia.

Para definir el valor de las diversas corrientes de flujo, se ha considerado la ecuación de balance de materia global (**Ecuación 5.5**):

$$E-S+G-C=A \quad (\text{Ecuación 5.5})$$

donde, E: masa que entra a través de los límites del sistema; S: masa que sale a través de los límites del sistema; G: masa generada dentro del sistema; C: masa consumida dentro del sistema y A: masa acumulada dentro del sistema.

Se considera que todas las etapas que se realizan en la agroindustria están en estado estacionario, por lo que no se produce acumulación de materia en ellas ( $A=0$ ). Además, en las etapas consideradas no se produce reacción química y por tanto no se genera ni se consume materia. Dado que el sistema trabaja en régimen estacionario,

sin generación ni consumo de masa, el balance se simplifica como indica la **Ecuación (5.6)**:

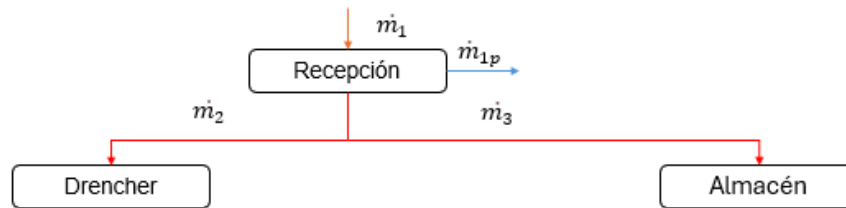
$$E-S=0 \text{ (Ecuación 5.6)}$$

A continuación, se aplicarán estas ecuaciones particularizadas a cada etapa.

### **ETAPA DE RECEPCIÓN**

A partir de la recepción, la fruta se clasifica en dos rutas principales según su destino postcosecha. Una parte (40 %) se dirige directamente al almacén, donde permanece temporalmente antes de pasar al vaciador de agua para su calibrado, selección, envasado y posterior venta; esta línea no requiere tratamiento con fitosanitarios. El resto del producto (60 %) se somete al tratamiento en el drencher, donde se aplica la solución fitosanitaria. Tras dicho proceso, los palots se trasladan nuevamente al almacén, que actúa como punto de acopio y distribución hacia las distintas cámaras frigoríficas de conservación (atmósfera controlada, refrigeración convencional o maduración), según el destino asignado. Durante la manipulación y el tránsito del producto pueden producirse pérdidas menores ( $\approx 2\%$ ), asociadas a golpes o deterioros, que se consideran dentro de la corriente de rechazo ( $\dot{m}_{p1}$ ).

En la (Figura 22) se representa el flujo de producto durante el proceso de recepción.



**Figura 22.** Diagrama de flujo de la Recepción de fruta.

Aplicando el balance de materia global (**Ecuación 5.7**) a la etapa de recepción, éste quedaría:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_3 + \dot{m}_{1p} \text{ (Ecuación 5.7)}$$

$\dot{m}_1$ : flujo másico total de entrada de entrada de pera conferencia a recepción ( $\frac{kg}{día}$ )

$\dot{m}_2$ : flujo másico de pera conferencia al drencher ( $\frac{kg}{día}$ )

$\dot{m}_3$ : flujo másico de fruta al almacén ( $\frac{kg}{día}$ )

$\dot{m}_{1p}$ : flujo másico de las pérdidas de fruta en la recepción ( $\frac{kg}{día}$ )

donde, el flujo de peras que pasa al drencher se calcula en la **Ecuación (5.8)**, considerando las pérdidas del 2 %:

$$\dot{m}_2 = 0,6 * (\dot{m}_1 - \dot{m}_{1p}) \text{ Ecuación (5.8)}$$

$$\dot{m}_2 = 0,6 * (133.400 - 2.670) = 78.440 \frac{kg}{día}$$

Mientras que la corriente que se dirige al almacén se obtiene de la **Ecuación (5.9)**:

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_1 - \dot{m}_2 - \dot{m}_{1p} \text{ Ecuación (5.9):}$$

$$\dot{m}_3 = 133.400 - 78.440 - 2.670 = 52.290 \frac{kg}{día}$$

Las pérdidas por manipulación o rechazo en la recepción se determinan mediante la **Ecuación (5.10)**

$$\dot{m}_{1p} = \dot{m}_1 * 0,02$$

$$\dot{m}_{1p} = 133.400 * 0,02 = 2.670 \frac{kg}{día} \text{ Ecuación (5.10)}$$

## LAVADO DE PERA EN DRENCHER

En la empresa se encuentra actualmente instalado un sistema de ducha continua tipo drencher, destinado al tratamiento postcosecha de frutas paletizadas. El primer paso consiste en analizar si el sistema actual puede asumir el nuevo volumen de trabajo, considerando tanto el tiempo de tratamiento como la masa de producto involucrada.

Para el dimensionado y el balance de materia se adopta una pérdida estimada del 2% sobre la masa de fruta que entra en el drencher, asociada principalmente a la eliminación de suciedad, restos vegetales y pequeñas mermas derivadas de la manipulación y el escurrido. Dicha pérdida se considera merma de producto no recuperable para su comercialización y se gestiona como residuo orgánico, conforme a los principios de sostenibilidad y gestión responsable de subproductos agroindustriales.

- **Requisitos operativos necesarios**

El ritmo de tratamiento de palots se calcula teniendo en cuenta el flujo másico de pera que ha de tratarse cada hora y la capacidad de cada palots (**Ecuación 5.11**):

$$\text{Ritmo de tratamiento palots} = \frac{78440 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{290 \frac{\text{kg}}{\text{palot}}} = 270,5 \frac{\text{palot}}{\text{día}} \quad (\text{Ecuación 5.11})$$

Dado que la jornada laboral es de 10 horas, el ritmo por hora es:

$$\frac{270,5 \frac{\text{palot}}{\text{día}}}{10 \frac{\text{h}}{\text{día}}} = 27 \frac{\text{palot}}{\text{h}}$$

- **Características del sistema existente**

El equipo cuenta con las siguientes especificaciones técnicas:

- Capacidad nominal: 40 palots/hora

$$40 \frac{\text{palot}}{\text{hora}} * 10 \frac{\text{h}}{\text{día}} = 400 \frac{\text{palot}}{\text{día}}$$

- Composición del sistema:
  - Zona de entrada: 2 m
  - Zona de ducha (tratamiento): 4 m
  - Zona de descanso: 4 m
- Capacidad simultánea: 6 palots en línea (3 en ducha + 3 en descanso)
- Tiempo de exposición al tratamiento: regulable entre 1 y 2 minutos por palot
- Sistema de avance por cadenas con reductor de 3 CV
- Riego del producto con 2 bombas centrífugas y boquillas superiores y laterales
- Control de parada automática al final de la línea.

- **Capacidad técnica del equipo instalado**

La máquina tiene una capacidad máxima de 400 palots/día, lo que equivale a:

$$400 \frac{\text{palots}}{\text{día}} * 290 \frac{\text{kg}}{\text{palot}} = 116.000 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Carga diaria prevista:

$$27 \frac{\text{palots}}{\text{hora}} * 10 \frac{\text{h}}{\text{día}} * 290 \frac{\text{kg}}{\text{palot}} = 78.300 \frac{\text{kg}}{\text{palot}}$$

Por tanto, el tratamiento de 78.300 kg/día representa:

$$\frac{78.300}{116.000} * 100 = 67,5\%$$

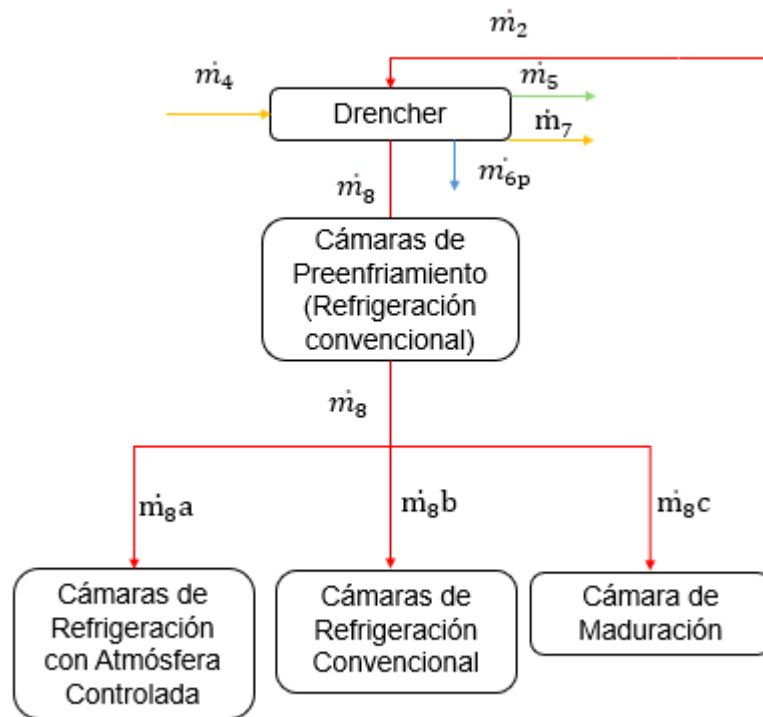
Esto indica que el sistema opera al 67,5 % de su capacidad máxima, lo que permite afirmar que el drencher dispone de la capacidad suficiente para procesar los 78.440 kg/día de peras previstas en este proyecto, tanto en términos de ritmo de trabajo como de volumen tratado.

No se requieren modificaciones en esta etapa del proceso, ya que el equipo trabaja de forma holgada dentro de sus límites operativos.

- **Consideraciones sobre el agua de proceso**

El sistema utiliza 1500 L de agua por jornada, que no se recircula. Al finalizar el día, esta agua se desecha por completo y se prepara una nueva mezcla para la siguiente jornada. Por tanto, el sistema garantiza condiciones higiénico-sanitarias adecuadas y evita la acumulación de residuos orgánicos o microbiológicos.

En la (Figura 23) se muestra el flujo de producto durante su paso por el drencher y su posterior conservación.



**Figura 23.** Esquema del proceso productivo de la pera Conferencia: Lavado en drencher y distribución a sus respectivas cámaras.

El balance de materia correspondiente al proceso en el drencher se establece en la **Ecuación (5.12)**:

$$\dot{m}_2 + \dot{m}_4 = \dot{m}_5 + \dot{m}_{6p} + \dot{m}_7 + \dot{m}_8 \quad (\text{Ecuación 5.12})$$

donde cada término representa, respectivamente, la masa de entrada de fruta y agua, las pérdidas y las salidas del sistema.

$\dot{m}_2$ : Flujo másico de entrada de peras en drencher  $\left(\frac{kg}{día}\right)$

$\dot{m}_4$ : Flujo másico de entrada de agua + fitosanitarios  $\left(\frac{kg}{día}\right)$

$\dot{m}_5$ : Flujo másico de agua desechada al final de la jornada laboral  $\left(\frac{kg}{día}\right)$

$\dot{m}_{6p}$ : Flujo másico de pérdidas por limpieza fruta (2 % de  $\dot{m}_2$ )  $\left(\frac{kg}{día}\right)$

$\dot{m}_7$ : Flujo másico de arrastre de solución líquida adherida a la fruta  $\left(\frac{kg}{día}\right)$

$\dot{m}_8$ : Flujo másico de fruta útil que continúa en el proceso  $\left(\frac{kg}{día}\right)$

### **Cálculo de la composición de la mezcla de agua más fitosanitarios ( $\dot{m}_4$ ).**

La mezcla se prepara una vez al inicio de la jornada, garantizando una concentración homogénea en la cuba de 1.500 litros.

$$m_{agua} = 1500 \text{ L/día} * \rho_{agua} \left(\frac{1 \text{ kg}}{L}\right) = 1500 \text{ kg/día}$$

$$\dot{Q}_{4,naturcover} = \frac{0,2 \text{ L}}{100 \text{ L de agua}} * 1500 \frac{\text{L}}{\text{día}} = 3 \frac{\text{L}}{\text{día}}$$

Con una densidad de 1,101 kg/L, habría que añadir:

$$\dot{m}_{4,naturcover} = \dot{Q}_{4,naturcover} * \rho_{naturcover} = 3 * 1,010 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 3 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$\dot{Q}_{4,Deccosan Fh} = 500 \frac{\text{cm}^3}{100 \text{ L de agua}} * 1500 \frac{\text{L}}{\text{día}} = 7500 \frac{\text{cm}^3}{\text{día}} = 7,5 \frac{\text{dm}^3}{\text{día}}$$

Con una densidad de 1,1194 kg/L, habría que añadir:

$$\dot{m}_{4,Deccosan Fh} = \dot{Q}_{4,Deccosan Fh} * \rho_{Deccosan Fh} = 7,5 * 1,1194 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 8,40 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$\dot{Q}_{4,SCHOLAR® 230 SC} = 250 \frac{\text{cm}^3}{100 \text{ L de agua}} * 1500 \frac{\text{L}}{\text{día}} = 3750 \frac{\text{cm}^3}{\text{día}} = 3,75 \frac{\text{dm}^3}{\text{día}}$$

Con una densidad de 1,13 kg/L, habría que añadir:

$$\dot{m}_{4,SCHOLAR® 230 SC} = Q_{4SCHOLAR® 230 SC} * \rho_{SCHOLAR® 230 SC} = 3,75 * 1,13 \frac{kg}{dm^3} = 4,24 \frac{kg}{día}$$

La masa total de la mezcla de agua y fitosanitarios se calcula mediante la **Ecuación (5.13)**:

$$\dot{m}_4 = \dot{m}_{4,agua} + \dot{m}_{4,fitosanitarios} \text{ (Ecuación 5.13)}$$

$$\dot{m}_4 = 1500 + 15,6 = 1515,6 \frac{kg}{día}$$

La composición porcentual de la mezcla se determina con la **Ecuación (5.14)**:

$$\%p/p, i = \left( \frac{m_i}{m_{mezclatotal}} \right) \times 100 \text{ (Ecuación 5.14)}$$

$$\% \frac{p}{p}, Naturcover = \left( \frac{3,03}{1515,67} \right) \times 100 = 0,20\%$$

$$\% \frac{p}{p}, Decossan = \left( \frac{8,40}{1515,67} \right) \times 100 = 0,55\%$$

$$\% \frac{p}{p}, Scholar® 230 SC = \left( \frac{4,24}{1515,67} \right) \times 100 = 0,28\%$$

Estas proporciones se mantienen constantes tanto en el agua de desecho ( $\dot{m}_5$ ) como en el agua adherida a la fruta ( $\dot{m}_7$ ).

En la etapa de lavado, las pérdidas en peso se deben principalmente a la eliminación de suciedad, hojas y otros materiales extraños adheridos a la superficie de la fruta. Se estima que las pérdidas en esta fase representan aproximadamente un 2 % del flujo másico de entrada al drencher, debido tanto a la eliminación de impurezas como a pequeñas mermas por manipulación y escurrido.

Las pérdidas de fruta en el lavado, asociadas a restos vegetales o golpes, se calculan según la **Ecuación (5.15)**:

$$\dot{m}_{6p} = 0,02 * \dot{m}_2 \text{ (Ecuación 5.15)}$$

$$\dot{m}_{6p} = 0,02 * 78440 = 1570 \text{ kg/día}$$

La corriente de salida correspondiente al arrastre de solución líquida adherida a la fruta tras el tratamiento en el drencher está compuesta por agua ( $\approx 1\%$  del peso de la fruta tratada) y por los productos fitosanitarios disueltos. Se considera que la fracción de fitosanitarios en la solución adherida a la fruta es idéntica a la de la mezcla inicial preparada en el depósito, ya que no se producen reacciones químicas ni pérdidas significativas durante el proceso.

$$\dot{m}_4 \text{fitosanitarios} = \dot{m}_7 \text{fitosanitarios} = 15,6 \text{ kg/día}$$

El flujo masico arrastre (agua + fitosanitarios adheridos a la fruta) se obtiene mediante la **Ecuación (5.16)**:

$$\dot{m}_7 = \dot{m}_7 \text{agua} + \dot{m}_7 \text{fitosanitarios} \text{ (Ecuación 5.16)}$$

$$\dot{m}_7 = 78440 * 0,01 + 15,6 = 800 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

El agua desechada al final de la jornada se calcula con la **Ecuación (5.17)**:

$$\dot{m}_5 = \dot{m}_4 - \dot{m}_7 \text{ (Ecuación 5.17)}$$

$$\dot{m}_5 = 1515,6 \frac{\text{kg}}{\text{día}} - 800 \frac{\text{kg}}{\text{día}} = 715,6 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

**Producto útil que sigue a proceso:**

Y la fruta útil que continúa en el proceso se determina en la **Ecuación (5.18)**:

$$\dot{m}_8 = \dot{m}_2 - \dot{m}_{6p} + \dot{m}_7 \text{ (Ecuación 5.18)}$$

$$\dot{m}_8 = 78.440 - 1.570 + 800 = 77.670 \text{ kg/día}$$

### Distribución del producto tratado:

El flujo másico de peras que sale del drencher se divide en función del destino de conservación según el siguiente reparto:

$\dot{m}_{8a}$  : Cámaras de Atmósfera controlada (76 %):

$$\dot{m}_{8a} = 0,76 * \dot{m}_8 \text{ (Ecuación 5.19)}$$

$$\dot{m}_{8a} = 0,76 * 77.670 \frac{kg}{día} = 59.029 \frac{kg}{día}$$

$\dot{m}_{8b}$ : Cámaras de Refrigeración convencional (19 %):

$$\dot{m}_{8b} = 0,19 * \dot{m}_8 \text{ (Ecuación 5.20)}$$

$$\dot{m}_{8b} = 0,19 * \dot{m}_8 = 0,19 * 77.670 \frac{kg}{día} = 14.757 \frac{kg}{día}$$

$\dot{m}_{8c}$ : Cámara de Maduración (5 %)

$$\dot{m}_{8c} = 0,05 * \dot{m}_8 \text{ (Ecuación 5.21)}$$

$$\dot{m}_{8c} = 0,05 * \dot{m}_8 = 0,05 * 77.670 \frac{kg}{día} = 3.883 \frac{kg}{día}$$

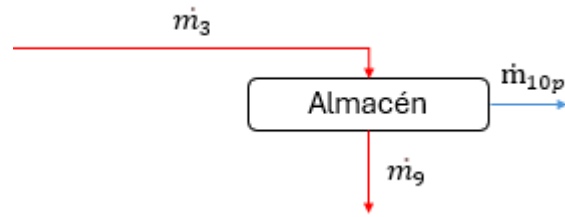
### ALMACÉN

El almacén actúa como una zona intermedia de tránsito y distribución de los palots de fruta dentro del sistema postcosecha. Aunque no constituye una etapa de tratamiento activo, su función logística resulta esencial para conectar las fases de recepción, pretratamiento y conservación del producto.

Las condiciones ambientales en esta área se consideran similares a las del entorno exterior, pudiendo estar parcialmente resguardada, pero sin climatización específica ni control de temperatura o humedad.

Si bien no se trata de una etapa crítica desde el punto de vista del proceso productivo, el tránsito y la manipulación del producto en el almacén pueden originar pérdidas menores de fruta, estimadas en torno al 2%, asociadas principalmente a golpes, deterioros o descartes visuales durante la manipulación y el transporte interno, que se considera en la corriente  $\dot{m}_{10}$ .

En la (Figura 24) se muestra el flujo del producto dentro del Almacén.



**Figura 24.** Representación del flujo de producto en el almacén con pérdidas estimadas (2%)

El balance de materia correspondiente al proceso en el almacén se establece en la **Ecuación (5.22)**:

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_9 + \dot{m}_{10p} \text{ (Ecuación 5. 22)}$$

donde,

$\dot{m}_3$ : Flujo másico de entrada de peras en el almacén  $\left(\frac{kg}{día}\right)$

$\dot{m}_9$ : Flujo másico de salida de peras del almacén  $\left(\frac{kg}{día}\right)$

$\dot{m}_{10p}$ : Flujo másico de pérdidas de peras conferencia en el almacén  $\left(\frac{kg}{día}\right)$

Las pérdidas durante el tránsito o manipulación se calculan con la **Ecuación (5.23)**:

$$\dot{m}_{10p} = \dot{m}_3 * 0,02 \text{ (Ecuación 5. 23)}$$

$$\dot{m}_{10p} = 52.292 * 0,02 = 1.046 \frac{kg}{día}$$

El flujo de salida resultante hacia el vaciador se obtiene en la **Ecuación (5.24)**:

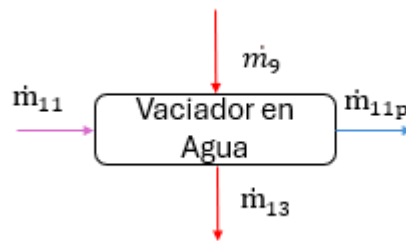
$$\dot{m}_9 = \dot{m}_3 - \dot{m}_{10p} \text{ (Ecuación 5. 24)}$$

$$\dot{m}_9 = 52.292 - 1.046 = 51.246 \frac{kg}{día}$$

## VACIADOR DE PALOTS EN AGUA

El vaciador de agua permite la descarga controlada de las peras desde los palots, sumergiéndolos en un tanque de agua que amortigua su caída y evita daños mecánicos. Este equipo funciona en circuito cerrado, lo que permite recircular el agua utilizada y minimizar su consumo. Sin embargo, para mantener la higiene y el volumen operativo del sistema, se realiza una reposición diaria de agua.

En la (Figura 25) se muestra el flujo de producto durante esta etapa, y en la Tabla 6 se describen los flujos másicos implicados.



*Figura 25. Representación del flujo de producto en el vaciador en agua.*

### Balance de materia en el vaciador de agua

El balance de materia correspondiente al proceso en el vaciador de agua se establece en la **Ecuación (5.25)**:

$$\dot{m}_g + \dot{m}_{11} = \dot{m}_{13} + \dot{m}_{11p} \text{ (Ecuación 5.25)}$$

donde,

$\dot{m}_g$ : Flujo másico de entrada de peras ( $\frac{kg}{día}$ )

$\dot{m}_{11}$ : Flujo másico de entrada de agua (reposición diaria) ( $\frac{kg}{día}$ )

$\dot{m}_{11a}$ : Flujo másico de agua adherida a la fruta (1,5 % de  $\dot{m}_g$ ) ( $\frac{kg}{día}$ )

$\dot{m}_{11p}$ : Flujo másico de pérdidas por evaporación y derrames (5 % del volumen del sistema) ( $\frac{kg}{día}$ )

$\dot{m}_{13}$ : Peras + agua adherida que continúa hacia calibradora ( $\frac{kg}{día}$ )

Salida de peras con un 1,5% de adhesión de agua a peras, se estima con la **Ecuación (5.26)**:

$$\dot{m}_{11a} = 0,015 * \dot{m}_9 \text{ (Ecuación 5.26)}$$

$$\dot{m}_{11a} = 0,015 * 51.246 \frac{Kg}{día} = 768,7 \frac{kg}{día}$$

La salida total (peras + agua adherida) se expresa en la **Ecuación (5.27)**:

$$\dot{m}_{13} = \dot{m}_9 + \dot{m}_{11a} \text{ (Ecuación 5.27)}$$

$$\dot{m}_{13} = 51.246 + 768,7 = 52.014,7 \frac{kg}{día}$$

**Balance de agua:** El vaciador de agua cuenta con un sistema de funcionamiento en circuito cerrado, que parte de un volumen inicial de 4.000 litros de agua en su depósito. Esta cantidad se mantiene durante la jornada laboral gracias a un sistema de recirculación continua, que permite reutilizar el agua en cada ciclo de vaciado de fruta.

Sin embargo, a lo largo del día se producen pérdidas inevitables de agua debidas a dos factores principales:

Adherencia de agua a las peras tratadas, estimada en un 1,5 % del peso total de la fruta procesada. Esta fracción de agua se transfiere fuera del sistema junto con la fruta.

Evaporación y derrames, especialmente en zonas de agitación o transferencia, representando un 5 % del volumen total del depósito.

Como consecuencia, aunque el volumen inicial del sistema es de 4.000 L, se debe realizar una reposición diaria de agua equivalente a la suma de estas pérdidas para mantener constante el volumen operativo y asegurar la eficiencia del proceso.

#### **Cálculos detallados:**

Capacidad del sistema Volumen de la cuba = 4.000L = 4.000 kg

Pérdidas por evaporada o derramada:

$$\dot{m}_{11p} = 0,05 * 4.000 = 200 \frac{kg}{día}$$

Finalmente, la reposición diaria de agua necesaria para mantener el volumen operativo del sistema se determina mediante la **Ecuación (5.28)**:

$$\dot{m}_{11} = \dot{m}_{11a} + \dot{m}_{11p} \text{ (Ecuación 5.28)}$$

$$\dot{m}_{11} = 768,7 \frac{\text{kg}}{\text{día}} + 200 \frac{\text{kg}}{\text{día}} = 968,7 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Esta agua debe añadirse al inicio o durante la jornada para mantener constante el volumen operativo del tanque (4.000 kg).

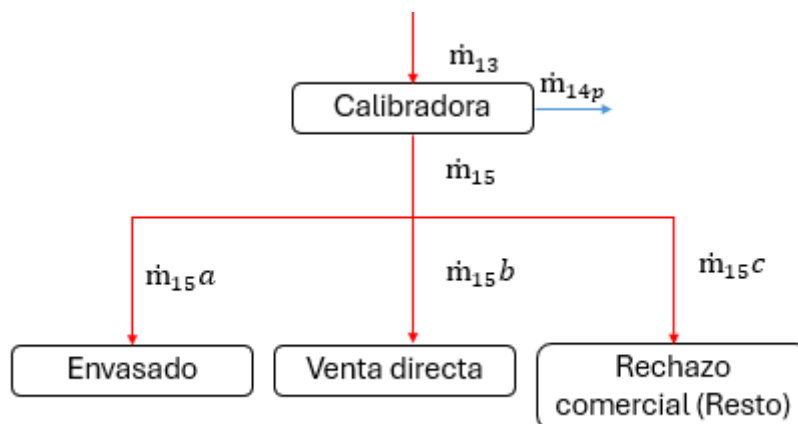
## CALIBRACIÓN

La calibradora Combisort es un equipo automatizado de clasificación que opera mediante sensores ópticos, de peso y/o volumen, y está diseñado para manipular fruta de forma precisa y cuidadosa. En este caso, se emplea para la clasificación de peras Conferencia según calibre, forma y peso individual.

El sistema cuenta con transportadores basculantes y celdas de carga, permitiendo una clasificación continua y eficiente con mínimo daño mecánico al fruto. Los parámetros se programan desde un software que permite ajustar el número de clases comerciales y configurar los criterios de rechazo.

El equipo permite además la detección de piezas con defectos visibles que pueden redirigirse automáticamente a líneas de descarte o de procesamiento secundario.

En la (Figura 26) se muestra el flujo del producto a través de la calibradora, a la que llega el producto desde el vaciador en agua, distribuyéndose después del calibrado en envasado, venta directa o rechazo comercial.



**Figura 26:** Representación del flujo de producto en la Calibradora.

El balance de materia correspondiente al proceso de calibrado se establece en la **Ecuación (5.29)**:

$$\dot{m}_{13} = \dot{m}_{14p} + \dot{m}_{15} \quad (\text{Ecuación 5.29})$$

donde,

$\dot{m}_{13}$ : Entrada de peras desde el vaciador en agua ( $\frac{kg}{día}$ )

$\dot{m}_{14p}$ : Rechazo en calibradora (10 %) ( $\frac{kg}{día}$ )

$\dot{m}_{15}$ : Fruta apta para comercialización o almacenamiento ( $\frac{kg}{día}$ )

Las peras defectuosas que no pasan el proceso de calibrado. Se ha supuesto que el 10% de las peras son defectuosas, por lo tanto, las pérdidas por rechazo en calibradora se determinan con la **Ecuación (5.30)**:

$$\dot{m}_{14p} = \dot{m}_{13} * 0,10 (\text{Ecuación 5.30})$$

$$\dot{m}_{14p} = 52.014,7 \frac{Kg}{día} * 0,10 = 5.201,5 \frac{kg}{día}$$

La fruta clasificada como apta para para comercialización o almacenamiento se obtiene mediante la **Ecuación (5.31)**:

$$\dot{m}_{15} = \dot{m}_{13} - \dot{m}_{14p} (\text{Ecuación 5.31})$$

$$\dot{m}_{15} = 52.014,7 - 5.201,5 = 46.813,2 \frac{kg}{día}$$

### **Distribución del producto comercializable**

El producto clasificado como apto para comercialización o almacenamiento ( $\dot{m}_{15}$ ) se distribuye en tres subcorrientes:

$\dot{m}_{15a}$ : Envasado

$\dot{m}_{15b}$ : Venta directa

$\dot{m}_{15c}$ : Rechazo comercial

$$\dot{m}_{15a} = \dot{m}_{15} * 0,80 \text{ (Ecuación 5.32)}$$

$$\dot{m}_{15a} = 46813,2 * 0,80 = 37450,56 \text{ kg/día de fruta a envasado}$$

$$\dot{m}_{15b} = \dot{m}_{15} * 0,18 \text{ (Ecuación 5.33)}$$

$$\dot{m}_{15b} = 46813,2 * 0,18 = 8426,38 \text{ kg/día de fruta a venta directa}$$

$$\dot{m}_{15c} = \dot{m}_{15} * 0,02 \text{ (Ecuación 5.34)}$$

$$\dot{m}_{15c} = 46813,2 * 0,02 = 936,26 \text{ kg/día de fruta que se rechaza}$$

**Tabla 6. Resumen del balance de materia.**

Flujo	Masa (kg/día)
$\dot{m}_1$ : Flujo de entrada de peras en la recepción	13.3400
$\dot{m}_2$ : Flujo de entrada de peras drencher	78.840
$\dot{m}_3$ : Flujo de entrada de peras en almacén	52.292
$\dot{m}_4$ : Flujo de entrada de agua + fitosanitarios drencher	1.515,6
$\dot{m}_5$ : Agua desechada al final de la jornada laboral drencher	723
$\dot{m}_6$ : Pérdidas por limpieza fruta (2 % de $\dot{m}_2$ ) drencher	1.570
$\dot{m}_7$ : Arrastre de solución líquida adherida a la fruta drencher	792,65
$\dot{m}_8$ : Fruta útil que continúa en el proceso drencher	77.670
$\dot{m}_{8a}$ : Cámaras de Atmosfera controlada (76 %)	59.029
$\dot{m}_{8b}$ : Cámaras de Refrigeración convencional (19 %)	14.757
$\dot{m}_{8c}$ : Cámara de Maduración (5 %)	3.883
$\dot{m}_9$ : Entrada de peras en almacén	5.1246
$\dot{m}_{10}$ : Rechazo en almacén (2%)	1.046
$\dot{m}_{11}$ : Entrada de agua (reposición diaria) en el vaciador en agua	968,7
$\dot{m}_{11a}$ : Agua adherida a la fruta (1,5 % de $\dot{m}_9$ ) en el vaciador en agua	768,7
$\dot{m}_{11p}$ : Pérdidas por evaporación y derrames (5 % del volumen del sistema) en el vaciador de agua	200
$\dot{m}_{12}$ : Agua recirculada que permanece en el sistema en el vaciador de agua	3.031
$\dot{m}_{13}$ : Peras + agua adherida que continúa hacia calibradora	52.014,7
$\dot{m}_{14}$ : Rechazo en calibradora (10 %) = 5.201,5 kg/día	52.01,15
$\dot{m}_{15}$ : Fruta apta para comercialización o almacenamiento	46.813,2
$\dot{m}_{15a}$ : Envasado	37.450,6
$\dot{m}_{15b}$ : Venta directa	8.426,38
$\dot{m}_{15c}$ : Rechazo comercial	936,26

## 5.2 BALANCE DE ENERGÍA

### 5.2.1 CÁMARAS DE CONSERVACIÓN. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

En este apartado se analiza si la capacidad de las cámaras frigoríficas existentes, junto con la ampliación prevista en el proyecto, resulta suficiente para albergar la totalidad de la fruta destinada a conservación durante la campaña de recolección de pera Conferencia. El objetivo principal es comprobar la adecuación entre la producción estimada, el flujo diario de entrada de fruta y la capacidad útil de las cámaras frigoríficas, garantizando que el sistema disponga del margen necesario para operar de forma eficiente y segura durante los periodos punta de cosecha.

#### 5.2.1.1 DATOS DE EXPLOTACIÓN

La producción objeto de estudio corresponde a la variedad Pera Conferencia, caracterizada por su elevada sensibilidad a las condiciones de almacenamiento y su buena aptitud para conservación en atmósfera controlada.

Durante la campaña, que tiene una duración media de dos semanas ( $\approx 15$  días), la fruta se recepciona de manera continua a un ritmo aproximado de 77586 kg/día (77,6 t/día), cifra que incluye únicamente la fruta neta destinada a conservación (ya descontadas las mermas del proceso de manipulación y tratamiento).

El dimensionamiento de las cámaras frigoríficas se apoya en el concepto de densidad de estiba ( $\rho_{estiba}$ ), que relaciona la masa máxima almacenable con el volumen útil de cámara. Según Costa & Llorens (2004), el rango adecuado para fruta fresca se sitúa entre 170 y 220  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , valores que aseguran una buena circulación de aire y evitan puntos de anoxia o deshidratación localizada.

- Producto: Pera Conferencia
- Campaña: 2 semanas ( $\approx 15$  días)
- Flujo másico neto a conservación: 77586 kg/día

La densidad estiba de almacenamiento aconsejable ( $\rho_{estiba}$ ), según (Costa & Llorens, 2004) para fruta varía entre 170 y 220  $\text{kg}/\text{m}^3$ , calculada a partir de la (**Ecuación 5.35.**)

$$\rho_{estiba} = \frac{\text{Masa Máxima Almacenable}}{\text{Volúmen cámara}} \quad (\text{Ecuación 5.35})$$

donde,

$\rho_{estiba}$ : kg/m<sup>3</sup>

Masa Máxima Almacenable: kg

Volumen cámara: m<sup>3</sup>

En las nuevas cámaras frigoríficas de 225 t de capacidad nominal, el volumen útil interior es de aproximadamente 955 m<sup>3</sup>.

Para garantizar que la densidad de estiba no supere los valores recomendados, la masa realmente almacenada (útil) se limita a unos 210.000 kg (210 t), obteniéndose:

$$\rho_{estiba} = \frac{210000}{955} = 220 \frac{kg}{m^3}$$

Por tanto, aunque la capacidad nominal de diseño de cada cámara sea 225 t, la capacidad útil de carga se reduce a 210 t para mantener una correcta ventilación, permitir el paso del aire entre palots, y garantizar la uniformidad térmica en todo el volumen de fruta.

En condiciones normales de operación, dejando los pasillos y espacios de ventilación requeridos, la carga efectiva se reduce a aproximadamente 160–180 t de fruta por cámara, equivalente a entre 540 y 600 palots ( $\approx$  290 kg por unidad).

De este modo, el diseño asegura una adecuada circulación del aire, evitando zonas de anoxia y manteniendo la uniformidad térmica en todo el volumen de la cámara.

Este criterio se aplica a todas las cámaras nuevas incluidas en el proyecto de ampliación —tanto a las cámaras de refrigeración con atmósfera controlada (ULO) como a las cámaras de refrigeración convencional y a la cámara de maduración—, mientras que las cámaras existentes mantienen densidades equivalentes dentro del rango seguro.

#### **a) Capacidad de cámaras frigoríficas antes y después de la ampliación.**

Previo al proyecto de ampliación, la instalación contaba con tres cámaras de refrigeración con atmósfera controlada (ULO) de 250 t cada una y una cámara de refrigeración convencional de 250 t, totalizando 1.000 t de capacidad frigorífica.

Tras la ampliación, se añaden dos nuevas cámaras de refrigeración con atmósfera controlada (ULO) de 225 t cada una, una nueva cámara de refrigeración convencional de 225 t y una cámara de maduración de 225 t, alcanzando una capacidad total de 1.900 t.

Esta expansión permite absorber no solo el incremento de producción, sino también disponer de margen operativo para gestionar diferentes estrategias de conservación según el destino comercial de la fruta (larga, media o corta duración).

Antes de la ampliación:

- 3 cámaras de refrigeración con atmósfera controlada (ULO)  $\times$  250 t = 750 t
- 1 cámara de refrigeración convencional = 250 t
- Total: 1.000 t

Después de la ampliación:

- 2 cámaras de refrigeración con atmósfera controlada (ULO)  $\times$  225 t = 450 t
- 1 cámara de refrigeración convencional = 225 t
- 1 cámara maduración = 225 t

Total: 1900 t

**b) Producto almacenado en las cámaras frigoríficas y fases del proceso.**

Las cámaras frigoríficas están destinadas al almacenamiento de pera Conferencia, una variedad de fruta de pepita que requiere condiciones precisas de temperatura, humedad y composición gaseosa para mantener su calidad postcosecha.

El proceso de conservación comienza con una etapa previa de preenfriamiento en cámaras convencionales, cuyo objetivo es reducir rápidamente la temperatura de la fruta desde unos 30 °C hasta valores próximos a 0 °C, evitando pérdidas de calidad y preparando el producto para su almacenamiento definitivo.

Esta etapa es fundamental, ya que permite minimizar la respiración, disminuir la producción de etileno y retrasar los procesos de maduración y senescencia de la fruta.

Durante el preenfriamiento, el flujo diario de fruta alcanza aproximadamente 77,6 t/día, correspondiente al 100 % del volumen neto destinado a conservación.

Las condiciones de operación recomendadas son:

- Temperatura: 0–1 °C
- Humedad relativa: 90–95 %
- Tiempo de permanencia: 24–48 horas

La capacidad total disponible en cámaras de refrigeración convencional (475 t) permite cubrir holgadamente la carga diaria de preenfriamiento:

Con permanencia de 24 h → ≈ 78 t

Con permanencia de 48 h → ≈ 157 t

De este modo, la fruta entra en las cámaras de conservación a una temperatura óptima, evitando choques térmicos y pérdidas de calidad.

Posteriormente, la fruta se distribuye entre las distintas cámaras frigoríficas, en función de su destino final y estrategia de conservación:

### **Cámaras de refrigeración atmósfera controlada (AC / ULO):**

Diseñadas para el almacenamiento prolongado (6–8 meses). Mantienen temperaturas próximas a 0 °C y una atmósfera modificada con niveles controlados de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, lo que reduce la respiración y prolonga la vida útil de la fruta, conservando su firmeza, color y acidez.

### **Cámaras de refrigeración convencional:**

Destinadas a lotes de rotación rápida o media duración, con un periodo de conservación de unas 2 semanas. Mantienen la fruta a 0 °C / –1 °C, asegurando la frescura del producto hasta su distribución o venta.

### **Cámara de maduración:**

Empleada para acondicionar parte de la producción antes de su comercialización, permitiendo una maduración controlada y homogénea del fruto.

Estas cámaras operan a 20 °C y permiten completar la maduración en 2–4 días, adaptando la fruta a las necesidades del mercado sin comprometer su calidad.

De este modo, la instalación frigorífica integra tres líneas complementarias de almacenamiento y distribución:

- Larga duración: cámaras de atmósfera controlada (ULO).
- Corta duración: cámaras de refrigeración convencional.
- Acondicionamiento final: cámara de maduración.

Todas ellas están precedidas por la etapa de preenfriamiento inicial, imprescindible para preservar la calidad de la pera desde la recolección hasta su comercialización.

### c) Distribución por tipo de cámara

Tras el preenfriamiento, la fruta se redistribuye según la estrategia de conservación establecida. La distribución de las peras por tipo de cámara se resume en la Tabla 7.

**Tabla 7** Distribución diaria y total de pera Conferencia en cámaras de conservación

Tipo de cámara	Fruta neta diaria (kg/día)	Fruta total campaña (kg)
Atmósfera controlada (ULO)	59029	885435
Refrigeración convencional	14757	221335
Cámara de maduración	3883	58245
<b>Total, conservación</b>	<b>77670</b>	<b>1165035</b>

Esta distribución responde a criterios comerciales y logísticos: la mayor parte del producto ( $\approx 76\%$ ) se destina a almacenamiento prolongado en atmósfera controlada, mientras que el resto se divide entre refrigeración convencional (19 %) y maduración controlada (5 %) para cubrir los diferentes plazos de suministro y demanda de mercado.

La Tabla 8 muestra la distribución diaria de fruta en las cámaras de refrigeración convencional utilizadas para el preenfriamiento, así como el número de palots y el inventario estimado para permanencias de 24 y 48 horas. Estas cámaras operan a temperaturas de 0–1 °C y 90–95 % HR, garantizando que la fruta entre en las cámaras de conservación a temperatura óptima tras 24–48 h de permanencia.

**Tabla 8** Distribución de fruta en cámaras de Preenfriamiento (cámaras convencionales)

Tipo de Cámara	Capacidad nominal de diseño	Entrada diaria (kg/día)	Palots/día (≈290 kg)	Inventario 24 h	Inventario 48 h
Cámara Refrigeración Convencional 1	250 t	40917	141	40,9 t	81,8 t
Cámara de Refrigeración Convencional 2	225 t	36753	127	36,8 t	73,5 t
Total	475 t	77670	268	77,7 t	155,3 t

La Tabla 9 muestra la cantidad de fruta que entra diariamente en las cámaras de atmósfera controlada (ULO), así como su distribución proporcional a la capacidad de cada cámara. Estas cámaras mantienen una atmósfera controlada para conservar la fruta hasta 6–8 meses, con temperaturas próximas a 0 °C y un estricto control de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>.

**Tabla 9** Distribución de fruta en cámaras de refrigeración con atmósfera controlada (ULO)

Tipo de Cámara	Capacidad nominal de diseño	Recepción diaria (kg/día)	Palots/día (≈ 290 kg)
Cámara de Refrigeración con Atmósfera Controlada (ULO)1	250 t	12297	42
Cámara de Refrigeración con Atmósfera Controlada (ULO) 2	250 t	12297	42
Cámara de Refrigeración con Atmósfera Controlada (ULO)3	250 t	12297	42
Cámara de Refrigeración con Atmósfera Controlada (ULO) 4 AMPLIACION	225 t	11069	38
Cámara de Refrigeración con Atmósfera Controlada (ULO) 5 AMPLIACION	225 t	11069	38
Total, ULO	1200 t	59029	203

La Tabla 10 muestra la cantidad de fruta que entra diariamente en las cámaras de refrigeración convencional, así como su distribución proporcional a cada cámara. Estas cámaras mantienen la fruta a 0 °C / -1 °C durante un periodo aproximado de 2–3 meses, antes de su distribución o venta.

**Tabla 10** Distribución de fruta en cámaras de refrigeración convencional (uso final)

Tipo de Cámara	Capacidad nominal de diseño	Recepción diaria (kg/día)	Palots/día (≈ 290 kg)
Cámara Refrigeración Convencional 1	250 t	7757	27
Cámara Refrigeración Convencional 2	225 t	7000	24
<b>Total</b>	<b>475 t</b>	<b>14757</b>	<b>51</b>

La Tabla 11 muestra la cantidad de fruta que pasa diariamente a la cámara de maduración, donde se acondiciona antes de su salida al mercado. Esta cámara trabaja a 20 °C y permite una maduración homogénea en 2–4 días, adaptando la fruta a la demanda comercial.

**Tabla 11** Recepción de fruta en la cámara de maduración

Tipo de Cámara	Capacidad nominal de diseño	Recepción diaria (kg/día)	Palots/día (≈ 290 kg)
Cámara de Maduración	225 t	3883	13

La Tabla 12 muestra la capacidad total y el margen operativo disponible en cada tipo de cámara tras la ampliación.

**Tabla 12** Análisis de capacidad disponible en cada tipo de cámara

Tipo de cámara	Capacidad total de diseño (t)	Fruta campaña (t)	Margen (t)	Resultado
Cámaras para Preenfriamiento (Cámaras de refrigeración convencional)	475	157	+318	Suficiente
Cámaras de refrigeración con Atmósfera controlada (ULO)	1 200	885	+315	Suficiente
Cámaras de Refrigeración convencional (uso final)	475	221	+254	Suficiente
Maduración	225	59	+166	Suficiente

Las cámaras de 225 t corresponden a la capacidad nominal de diseño. No obstante, atendiendo al volumen útil de 955 m<sup>3</sup> y a la densidad de estiba máxima recomendada ( $\leq 220 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ), la masa útil de almacenamiento se limita a aproximadamente 210 t por cámara, garantizando una correcta ventilación y homogeneidad térmica. En condiciones normales de operación —dejando los pasillos y espacios de ventilación requeridos—, la carga efectiva real se sitúa entre 160 y 180 t de fruta, equivalente a unas 540–600 unidades de palots ( $\approx 290 \text{ kg}$  cada uno).

Esta corrección no modifica las conclusiones del análisis, ya que, incluso considerando la capacidad efectiva, el sistema frigorífico mantiene márgenes de operación amplios y suficientes frente a la demanda máxima prevista durante la campaña de recolección.

### **Conclusiones del análisis**

- El sistema frigorífico ampliado permite conservar la totalidad de la producción sin recurrir a almacenamiento externo.
- El preenfriamiento previo en cámaras convencionales garantiza que toda la fruta entre en las cámaras de conservación a temperatura óptima, preservando su calidad y reduciendo pérdidas.
- En todas las cámaras existe un margen operativo holgado, que permite absorber picos de entrada, retrasos o modificaciones en la estrategia comercial.
- La planificación de los flujos de producto es coherente con los objetivos de conservación:
  - Atmósfera controlada (76 %): conservación prolongada de 6–8 meses.
  - Refrigeración convencional (19 %): conservación intermedia de 2–3 meses.
  - Maduración controlada (5 %): acondicionamiento rápido de 2–4 días.

En conclusión, el conjunto de cámaras frigoríficas, tras la ampliación, cumple los requerimientos de campaña, asegurando una gestión eficiente y optimizada de la conservación de la pera Conferencia.

## 5.2.1.2 DATOS TÉCNICOS

### a) CONFIGURACIÓN GENERAL

El bloque frigorífico de la industria está compuesto, tras la ampliación realizada, por un total de 8 cámaras con diferentes funciones de conservación, distribuidas de la siguiente manera:

- Cámaras de atmósfera controlada (ULO): 3 unidades de 250 t y 2 unidades de 225 t, que suman una capacidad total de 1.200 t.
- Cámaras de refrigeración convencional: 1 unidad de 250 t y 1 unidad de 225 t, con capacidad conjunta de 475 t.
- Cámara de maduración: 1 unidad de 225 t, destinada a la preparación rápida de fruta lista para consumo.

Cada cámara se ha dimensionado para optimizar la densidad de estiba de los palots, garantizando al mismo tiempo una correcta circulación del aire y la accesibilidad de las carretillas elevadoras. Las dimensiones de las cámaras se sitúan en torno a los 12,00 × 11,05 × 7,20 m, lo que proporciona un volumen aproximado de 955 m<sup>3</sup> por unidad.

#### **El criterio de diseño ha considerado dos aspectos fundamentales:**

1. Circulación de carretillas elevadoras: se mantiene un pasillo libre de al menos 3 m desde la entrada hasta la primera línea de palots, incluso cuando la cámara se encuentra a plena carga.
2. Circulación homogénea del aire de refrigeración: siguiendo las recomendaciones de Costa & Llorens (2004), se han aplicado las siguientes directrices:
  - Dejar un mínimo de 50 cm entre la parte superior de la estiba y el techo, para facilitar el retorno del aire impulsado por los evaporadores.
  - Mantener 25 cm libres en el fondo de la cámara, permitiendo el recorrido completo del aire frío desde el evaporador hasta el fondo y su retorno.
  - Limitar a 20 cm los laterales de la cámara, evitando corrientes verticales que puedan deshidratar la fruta próxima a las paredes.
  - Separar las filas de palots al menos 5 cm, para favorecer la circulación de aire entre ellos.

La unidad de carga considerada es el palot comercial estándar (105 × 115 × 72 cm), con una capacidad aproximada de 290 kg de fruta. Atendiendo a las dimensiones de la cámara y a las recomendaciones de carga máxima (12 alturas de palots como límite), se puede alcanzar una capacidad de ≈ 500 palots por cámara, lo que equivale a unas 145 t de fruta por cámara si se aprovechara completamente el volumen interior.

En la práctica, sin embargo, para mantener la densidad de estiba dentro de los valores recomendados ( $\leq 220 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ), la masa útil máxima almacenable se limita a ≈ 210 t por cámara. En condiciones normales de operación —dejando pasillos y espacios de ventilación—, la carga efectiva real se reduce a 160–180 t de fruta, lo que equivale a entre 540 y 600 palots (≈ 290 kg cada uno).

De este modo, el diseño garantiza una adecuada circulación del aire, evitando zonas de anoxia y manteniendo la uniformidad térmica en todo el volumen de la cámara.

En consecuencia, las cámaras se han dimensionado en valores comerciales de 225–250 t, coherentes con su volumen útil y el funcionamiento real.

De esta manera, la distribución final de capacidades queda garantizada:

- Atmósfera controlada (ULO): 1.200 t.
- Refrigeración convencional: 475 t.
- Maduración: 225 t.

Estas cifras aseguran no solo el almacenamiento seguro de la fruta, sino también un margen operativo suficiente frente a las necesidades de campaña, permitiendo absorber picos de entrada, retrasos en la rotación y variaciones en la estrategia comercial.

## b) DIMENSIONES Y VOLÚMENES DE LAS CÁMARAS DE CONSERVACIÓN

*Tabla 13 Dimensiones de las cámaras de refrigeración convencional y de refrigeración con atmósfera controlada disponibles antes de la ampliación*

<b>Dimensiones</b>	11,05x16,05x7,14 m
<b>Superficie útil</b>	177,35 m <sup>2</sup>
<b>Superficie útil total (4 cámaras)</b>	709,41 m <sup>2</sup>
<b>Volumen útil</b>	1266,30 m <sup>3</sup>
<b>Distribución interior</b>	Palots con 36 cajas y 3 alturas 300 unidades
<b>Capacidad de palots</b>	300 unidades
<b>Capacidad de almacenamiento</b>	250 t
<b>Entrada diaria de genero</b>	25 t
<b>Sistema de refrigeración</b>	directo
<b>Desescarche</b>	Lluvia de agua
<b>T° conservación</b>	0°C/-1,5°C
<b>T° entrada genero prevista</b>	30°C
<b>T° exterior prevista</b>	35°C

*Tabla 14 Características de las nuevas cámaras de refrigeración convencional, refrigeración con atmósfera controlada y de maduración.*

<b>DIMENSIONES</b>	12x11,05x7,20 m
<b>LONGITUD (m)</b>	12 m
<b>ANCHURA (m)</b>	11,05 m
<b>ALTURA (m)</b>	7,20 m
<b>Temperatura interior</b>	0/-1°C
<b>Temperatura exterior</b>	35°C
<b>Volumen total (m<sup>3</sup>)</b>	955 m <sup>3</sup>
<b>Superficie</b>	132,6 m <sup>2</sup>
<b>Producto almacenado</b>	Peras
<b>Capacidad (t)</b>	225 t
<b>Entrada diaria de peras</b>	100 Tm al conjunto de 8 cámaras
<b>Sistema de refrigeración</b>	Directo
<b>Desescarche</b>	Lluvia de agua
<b>Temperatura entrada peras</b>	32°C

## c) SUPERFICIES Y DISTRIBUCIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LAS CÁMARAS Y DIMENSIÓN DEL PASILLO

*Tabla 15 Superficie de la ampliación del pasillo de las 4 cámaras*

<b>ZONA O DEPENDENCIA</b>	<b>SUPERFICIE EN M<sup>2</sup></b>
<b>LONGITUD (m)</b>	25,10 m
<b>ANCHURA (m)</b>	5 m
<b>PASILLO DISTRIBUCIÓN CÁMARAS</b>	125,5 m <sup>2</sup>
<b>4 CÁMARAS FRIGORÍFICAS DE 132,6 m<sup>2</sup></b>	530,4 m <sup>2</sup>
<b>TOTAL, UTIL PLANTA BAJA</b>	655,90 m <sup>2</sup>

d) **SUPERFICIES Y DISTRIBUCIÓN DE LA NAVE**

*Tabla 16 Superficies de la sala de máquinas y el pasillo nave*

<b>DIMENSIONES SALA DE MÁQUINAS(SOBREPLANTA)</b>	
Longitud (m)	57,9 m
Anchura (m)	5 m
Superficie total (m <sup>2</sup> )	289,5 m <sup>2</sup>
<b>DIMENSIONES TOTAL PASILLO</b>	
Longitud (m)	57,9 m
Anchura (m)	5 m
Superficie total (m <sup>2</sup> )	289,5 m <sup>2</sup>
ZONA O DEPENDENCIA	SUPERFICIE EN m <sup>2</sup>
PASILLO DISTRIBUCIÓN 8 CÁMARAS	289,5 m <sup>2</sup>
8 CÁMARAS FRIGORÍFICAS (4 antiguas + 4 nuevas)	1239,81
TOTAL, UTIL PLANTA BAJA	1529,26 m <sup>2</sup>
SOBREPLANTAPASILLO DISTRIBUIDOR	289,5 m <sup>2</sup>
TOTAL, SUPERFICIE ÚTIL	1818,76 m <sup>2</sup>

**Configuración constructiva**

La maquinaria frigorífica se emplazará sobre la sobreplanta ubicada encima del pasillo distribuidor de acceso a las cámaras.

Cada cámara contará con una puerta de acceso corredera (2,00 × 3,00 m), dotada de ventanillo de inspección estanco que permite la observación interior tanto desde la planta como desde la sobreplanta.

El suelo incorpora una barrera de vapor de poliisocianurato de 5 cm de espesor.

Las paredes y techos están formados por paneles prefabricados desmontables con aislamiento de poliisocianurato (PIR) de espesor variable, según el cálculo térmico posterior.

d) **CONDICIONES CLIMÁTICAS DE DISEÑO – CLIMA EN ALFARO**

Para dimensionar y calcular la instalación frigorífica correctamente es necesario hacer un estudio climático previo de la zona de la Rioja Baja en la que está situada la nave. Los parámetros a estudiar será la temperatura de la zona de la Rioja Baja, así como la humedad relativa del ambiente para calcular los parámetros de diseño útiles para realizar los cálculos referentes a la instalación frigorífica (Tabla 17) (IDAE, 2025).

**Tabla 17** Datos climáticos de diseño para el dimensionamiento frigorífico – Estación meteorológica de Alfaro (La Rioja) (IDAE, 2025)

Mes	Temperatura Media Más alta (°C)	Temperatura Media Más Baja(°C)	T_Min (°C)	T_Max (°C)	Precipitación (mm)	Humedad (%)
Enero	7,3	5,8	-3,6	19,4	41	77
Febrero	10	6,6	-2,3	19,2	32	71
Marzo	13,1	9,9	-0,5	26,7	36	64
Abril	15,6	12,2	-0,8	30,3	53	60
Mayo	19,7	16,6	3,6	34,1	51	57
Junio	24,6	21,1	10,1	40,7	39	52
Julio	25,9	23,4	10	41,2	21	49
Agosto	26	23,6	12,1	40,6	27	50
Septiembre	21,6	20,3	8,7	34,7	35	56
Octubre	19,5	14,9	3,6	32,1	51	65
Noviembre	12,2	8,8	0,5	21,3	52	74
Diciembre	8,1	6,4	-3,6	18,5	37	76

Alfaro muestra una humedad relativa media anual de 62,58%. La temperatura exterior considerada para el diseño de la instalación de acuerdo con el método propuesto por (López Gómez, 1994), viene dada por la **Ecuación 5.36**.

$$T_{\text{cálculo}} = 0,4 * T_{mn} + 0,6 * T_{max} \text{ (Ecuación 5.36)}$$

Donde:

- $T_{mn}$ : temperatura media del mes más cálido
- $T_{max}$ : temperatura máxima del mes más cálido.

Sustituyendo los valores para el mes de julio, el más cálido en la zona:

$$T_{\text{cálculo}} = 0,4 \times 25,9 + 0,6 \times 41,2 = 35,08^{\circ}\text{C}$$

Por tanto, se adopta como temperatura exterior de diseño el valor de 35,1 °C, que será empleado en los cálculos térmicos y de aislamiento de los recintos frigoríficos.

#### e) SELECCIÓN DEL ESPESOR DEL AISLAMIENTO DE LAS CÁMARAS FRIGORÍFICAS

Como material aislante se ha elegido espuma rígida de poliisocianurato (PIR) que forman los paneles sándwich. Paneles sándwich destinados a la construcción de cámaras frigoríficas, cámaras de conservación, sectorización y almacenamientos. Fabricado con dos chapas de acero prelacado y núcleo aislante de alta densidad de

poliisocianurato (PIR). Además, el nervado y espesor del acero se fabrican a medida según la longitud máxima. Se puede instalar en paredes o en techos, tanto en vertical como en horizontal (Panelbuilding, 2024).

Es el panel ideal para controlar ambientes en diferentes temperaturas de conservación, congelación o ultracongelación.

### **Propiedades de los Paneles Sándwich PIR**

- **Montaje sencillo.** Permite realizar el trabajo en el menor tiempo posible, incrementando la eficacia de los proyectos en los que se incluyen.
- **Peso mínimo.** Su ligereza facilita su instalación y reduce los gastos de montaje.
- **Estabilidad.** Presenta una gran resistencia a los cambios climatológicos, sin sufrir ningún tipo de deformación en condiciones meteorológicas adversas.
- **Estructura compacta.** Permite conservarlos en condiciones óptimas durante más tiempo.
- **Resistencia térmica.** Su comportamiento frente al fuego es muy superior al de otras espumas.
- 

### **Ventajas del Uso de Paneles PIR**

- El aislamiento PIR presenta una **excelente conductividad térmica** y una gran relación entre resistencia y peso.
- Este tipo de panel resulta muy liviano y se adapta con facilidad a la mayoría de los materiales.
- Son una opción muy popular como material aislante en diferentes tipos de construcciones. Ofrecen máxima estanqueidad y preservan en buen estado los materiales que se almacenen en el interior de la edificación. Además, se pueden manipular fácilmente y su corte, montaje y ensamblaje también resulta muy sencillo.
- 

### **Diferencias entre Paneles PIR y PUR.**

- La espuma de poliisocianurato (PIR) cuenta con unas excelentes cualidades, la proporción de polioli e isocianato que presenta es 100:150. Mientras que el PUR

se compone de polioliol y diisocinato. Aunque ambos materiales parecen similares, hay algunas diferencias.

- El PIR presenta un mejor comportamiento frente al fuego, ya que forma un escudo que impide su penetración a las capas interiores durante más tiempo, no propaga la llama ni gotea. Concretamente, según algunos estudios, este material permanece estable hasta los 120°C, mientras que el PUR lo hará hasta un máximo de 80°C.
- También presenta una elevada resistencia a la humedad, ya que no absorbe el agua y es un 10% más eficaz como material aislante que el PUR. Por último, cuenta con una elevada tolerancia a los productos químicos, evitando la aparición de hongos y bacterias en su interior.

Para determinar el espesor óptimo del aislamiento en las cámaras frigoríficas de conservación de fruta, se considera que la pérdida de calor admisible a través de los cerramientos debe mantenerse en el rango de 7–10 kcal/h·m<sup>2</sup>, según (MELGAREJO, 2000).

En este estudio se adopta un valor medio de 9 kcal/m<sup>2</sup> (equivalente a 7,75 kcal/h·m<sup>2</sup>) como referencia para las condiciones más desfavorables.

La transmisión de calor a través de las superficies aisladas se estima mediante la **Ecuación 5.37**:

$$Q = U * A * \Delta T \text{ (Ecuación 5.37)}$$

donde:

$U$  es el coeficiente global de transmisión de calor en kcal/h m<sup>2</sup> °C o W/m<sup>2</sup> °C.

$A$  Area de transferencia de calor es la superficie de la pared o cerramiento en m<sup>2</sup>.

$\Delta T_c$  es la diferencia de temperaturas entre la exterior de proyecto para cada orientación y la interior de trabajo en °C.

El incremento térmico se obtiene como la **Ecuación 38**:

$$\Delta T_{\text{Calculo}} = T_{\text{media exterior}} - T_{\text{media interior}} \text{ (Ecuación 5.38)}$$

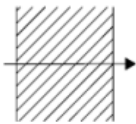
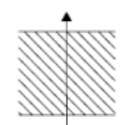
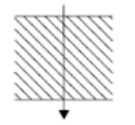
La temperatura media exterior de cada cerramiento depende de su orientación, calculada a partir de la temperatura exterior de diseño (35,1 °C) previamente determinada.

En la Tabla 18 se recogen las temperaturas de diseño adoptadas para cada orientación del cerramiento, calculadas aplicando los coeficientes correctores correspondientes:

**Tabla 18** Temperatura de diseño de las paredes

Orientación	T <sup>a</sup> de diseño (°C)	T <sup>a</sup> de diseño (°C)
N	0,6*T <sub>c</sub>	21
S	T <sub>c</sub>	35,08
E	0,8*T <sub>c</sub>	28,064
O	0,9*T <sub>c</sub>	31,572
Suelo	$\frac{T_c + 15}{2}$	25,04
Cubierta	T <sub>c</sub> +12	47,08

Para el cálculo de las resistencias térmicas que ofrecen los cerramientos en contacto con el aire exterior, acudiremos (MINISTERIO, s.f.) al Documento Básico HE Ahorro de energía Apéndice E: “Cálculo de los parámetros característicos de la demanda” (Figuras 27,28 y 29).

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R <sub>se</sub>	R <sub>si</sub>
<b>Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal &gt;60° y flujo horizontal</b> 	0,04	0,13
<b>Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (techo)</b> 	0,04	0,10
<b>Cerramientos horizontales y flujo descendente (suelo)</b> 	0,04	0,17

**Figura 27:** Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior [m<sup>2</sup> K/ W].

Resistencias térmicas superficiales en $m^2 h ^\circ C/Kcal$						
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Situación del cerramiento					
	De separación con espacio Exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
	1/hi	1/he	1/hi+1/he	1/hi	1/he	1/hi+1/he
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal	0.15	0.05	0.2	0.15	0.15	0.3
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $<60^\circ$ y flujo ascendente	0.12	0.05	0.16	0.12	0.12	0.23
Cerramientos horizontales y flujo descendente	0.2	0.05	0.24	0.2	0.2	0.4

Figura 28: Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores [ $m^2K/W$ ].

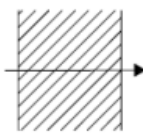
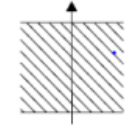
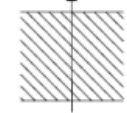
Posición de la <i>partición interior</i> y sentido del flujo de calor	$R_{se}$	$R_{si}$
<b>Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal <math>&gt;60^\circ</math> y flujo horizontal</b> 	0,13	0,13
<b>Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal <math>\leq 60^\circ</math> y flujo ascendente (Techo)</b> 	0,10	0,10
<b>Particiones interiores horizontales y flujo descendente (Suelo)</b> 	0,17	0,17

Figura 29: Resistencias térmicas superficiales en  $m^2h^\circ C/Kcal$  [ $m^2K/W$ ].

A partir de las expresiones anteriores se determina el espesor óptimo del aislamiento térmico ( $e_{ai}$ ) para cada tipo de cerramiento en las cámaras de refrigeración convencional, las cámaras de refrigeración con atmósfera controlada (ULO) y la cámara de maduración.

El cálculo se ha realizado empleando la conductividad térmica del material aislante (espuma rígida de poliisocianurato PIR, Panel aislante de poliisocianurato  $k=0,0175 \frac{kcal}{hm^{\circ}C}$ ), pérdida de calor por conservación  $Q/A=9 kcal/m^2$  como referencia para las condiciones más desfavorables y los coeficientes de convección superficial definidos en el CTE – DB HE, Apéndice E, para las distintas orientaciones y flujos de calor.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{int}} + \frac{e_{ais}}{k_{ais}} + \frac{1}{h_{ext}} \text{ (Ecuación 5.39)}$$

$$\Delta T = T_{diseño} - T_{trabajo} \text{ (Ecuación 5.40)}$$

### **PAREDES EXTERIORES**

En el cálculo del aislamiento de las fachadas exteriores se han adoptado las resistencias térmicas superficiales recomendadas en el CTE – DB HE, Apéndice E, para cerramientos verticales con flujo horizontal (caso de una cámara frigorífica con aire interior frío y aire exterior más cálido).

$$\frac{1}{h_{int}} = 0,15 \frac{m^2}{kcal}$$

$$\frac{1}{h_{ext}} = 0,05 \frac{m^2}{kcal}$$

Según dichas tablas, para este tipo de cerramiento se toma:

### **PARED NORTE**

Panel aislante de poliisocianurato  $k=0,0175 \frac{kcal}{hm^{\circ}C}$

Para las cámaras de refrigeración convencional y de refrigeración con atmósfera controlada:

$$\Delta T = T_{diseño} - T_{trabajo}$$

$$\Delta T = 21 - 0 = 21 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\frac{Q}{A} = 9 \text{ kcal/m}$$

$$k_{\text{aislante}} = 0,0175 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$$

$$U = \frac{Q}{A * \Delta T} = \frac{9}{21} = 0,43$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{\text{int}}} + \frac{e_{\text{ais}}}{k_{\text{ais}}} + \frac{1}{h_{\text{ext}}}$$

$$e_{\text{ais}} = 0,037\text{m} = 3,7 \text{ cm}$$

Para la cámara de maduración:

$$\Delta T = T_{\text{diseño}} - T_{\text{trabajo}}$$

$$\Delta T = 21 - 20 = 1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\frac{Q}{A} = 9 \frac{\text{kcal}}{\text{m}}$$

$$k_{\text{aislante}} = 0,0175 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$$

$$U = \frac{Q}{A * \Delta T} = \frac{9}{1} = 9$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{\text{int}}} + \frac{e_{\text{ais}}}{k_{\text{ais}}} + \frac{1}{h_{\text{ext}}}$$

$$e_{\text{ais}} = -0,00156 \text{ m} = -0,156 \text{ cm}$$

El resultado daría un espesor negativo teórico ( $e = -0,0016 \text{ m}$ ), lo que indica que no se requiere aislamiento adicional.

### **PARED ESTE:**

Para la fachada este se mantiene el mismo criterio (cerramiento vertical, flujo horizontal), por tanto, se usan los mismos valores de contorno del CTE: Para las cámaras de refrigeración convencional y de refrigeración con atmósfera controlada:  $\Delta T = T_{\text{diseño}} - T_{\text{trabajo}}$

$$\Delta T = 28,064 - 0 = 28,064 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\frac{Q}{A} = 9 \frac{\text{kcal}}{\text{m}}$$

$$k_{\text{aislante}} = 0,0175 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$$

$$U = \frac{Q}{A * \Delta T} = \frac{9}{28,064} = 0,32 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2\text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{\text{int}}} + \frac{e_{\text{ais}}}{k_{\text{ais}}} + \frac{1}{h_{\text{ext}}}$$

$$e_{\text{ais}} = \mathbf{0,0512 \text{ m} = 5,12 \text{ cm}}$$

Para la cámara de maduración:

$$\Delta T = T_{\text{diseño}} - T_{\text{trabajo}}$$

$$\Delta T_c = 28,064 - 20 = 8,064 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\frac{Q}{A} = 9 \frac{\text{kcal}}{\text{m}}$$

$$k_{\text{aislante}} = 0,0175 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$$

$$U = \frac{Q}{A * \Delta T} = \frac{9}{8,064} = 1,12 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2\text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{\text{int}}} + \frac{e_{\text{ais}}}{k_{\text{ais}}} + \frac{1}{h_{\text{ext}}}$$

$$e_{\text{ais}} = \mathbf{0,0121 \text{ m} = 1,21 \text{ cm}}$$

### **PARED SUR**

Es la más exigente porque trabaja con la temperatura exterior de diseño completa.

Para las cámaras de refrigeración convencional y de refrigeración con atmósfera controlada:

$$\Delta T = T_{\text{diseño}} - T_{\text{trabajo}}$$

$$\Delta T = 35,08 - 0 = 35,08 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\frac{Q}{A} = 9 \frac{\text{kcal}}{\text{m}}$$

$$k_{\text{aislante}} = 0,0175 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$$

$$U = \frac{Q}{A * \Delta T} = \frac{9}{35,08} = 0,26 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2^\circ\text{C}}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{\text{int}}} + \frac{e_{\text{ais}}}{k_{\text{ais}}} + \frac{1}{h_{\text{ext}}}$$

$$e_{\text{ais}} = 0,064 \text{ m} = 6,4 \text{ cm}$$

Para la cámara de maduración:

$$\Delta T = T_{\text{diseño}} - T_{\text{trabajo}}$$

$$\Delta T = 35,08 - 20 = 15,08 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\frac{Q}{A} = 9 \frac{\text{kcal}}{\text{m}}$$

$$k_{\text{aislante}} = 0,0175 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$$

$$U = \frac{Q}{A * \Delta T} = \frac{9}{15,08} = 0,60 \frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^2^\circ\text{C}}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{\text{int}}} + \frac{e_{\text{ais}}}{k_{\text{ais}}} + \frac{1}{h_{\text{ext}}}$$

$$e_{\text{ais}} = 0,0256 \text{ m} = 2,56 \text{ cm}$$

## **PARED OESTE**

Para las cámaras de refrigeración convencional y de refrigeración con atmósfera controlada:

$$\Delta T = T_{\text{diseño}} - T_{\text{trabajo}}$$

$$\Delta T = 31,572 - 0 = 31,572 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\frac{Q}{A} = 9 \frac{\text{kcal}}{\text{m}}$$

$$k_{\text{aislante}} = 0,0175 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$$

$$U = \frac{Q}{A * \Delta T} = \frac{9}{31,572} = 0,29 \frac{kcal}{hm^2 \cdot C}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{int}} + \frac{e_{ais}}{k_{ais}} + \frac{1}{h_{ext}}$$

$$e_{ais} = 0,0256 m = 2,56 cm$$

Para la cámara de maduración:

$$\Delta T = T_{diseño} - T_{trabajo}$$

$$\Delta T = 31,572 - 20 = 11,572 \text{ } ^\circ C$$

$$\frac{Q}{A} = 9 \frac{kcal}{m}$$

$$k_{aislante} = 0,0175 \frac{kcal}{hm \cdot C}$$

$$U = \frac{Q}{A * \Delta T} = \frac{9}{11,572} = 0,78 \frac{kcal}{hm^2 \cdot C}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{int}} + \frac{e_{ais}}{k_{ais}} + \frac{1}{h_{ext}}$$

$$e_{ais} = 0,019 m = 1,9 cm$$

### **PAREDES INTERIORES Y COLINDANTES**

En las particiones entre cámaras, los cerramientos no están en contacto con el exterior, por lo que se aplican los valores del CTE-HE para particiones interiores. Se considera  $f = 0,7$  como coeficiente de corrección para el caso más desfavorable (una cámara en carga y otra en mantenimiento). Tomando el caso más desfavorable que se producen en las paredes, resulta de una temperatura de  $35,08 \text{ } ^\circ C$ .

Tanto para la cámara de maduración como para las cámaras de refrigeración convencional y de refrigeración con atmósfera controlada:

$$\frac{1}{h_{int}} = \frac{1}{h_{ext}} = 0,15 \frac{m^2}{kcal}$$

$$T = 35,08 * 0,7 = 24,556 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\frac{Q}{A} = 9 \frac{kcal}{m}$$

$$k_{aislante} = 0,0175 \frac{kcal}{hm^\circ C}$$

$$U = \frac{Q}{A * \Delta T} = \frac{9}{24,556} = 0,37 \frac{kcal}{hm^2^\circ C}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{int}} + \frac{e_{ais}}{k_{ais}} + \frac{1}{h_{ext}}$$

$$e_{ais} = 0,0362 \text{ m} = 3,62 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{h_{int}} = \frac{1}{h_{ext}} = 0,15 \frac{m^2}{kcal}$$

## SUELO

En este tipo de fachada, el flujo de calor también será vertical. Sin embargo, este flujo ya no va a incidir al exterior. Para el cálculo del aislamiento en el suelo, se puede considerar, según el Reglamento de Seguridad de Instalaciones Frigoríficas y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, se puede considerar a una temperatura de 1 °C, al tratarse de una cámara positiva. En este caso, al no haber cámara de aire, podemos considerar que:

Tanto para la cámara de maduración como para las cámaras de refrigeración convencional y de refrigeración con atmósfera controlada:

En este cerramiento el flujo de calor es vertical y ascendente (del terreno más cálido hacia el interior frío de la cámara).

Según el CTE – DB HE, “Cerramientos horizontales o con pendiente  $\leq 60^\circ$  y flujo ascendente” para cerramientos horizontales con flujo ascendente se adoptan:

$$\frac{1}{h_{int}} = 0,12 \frac{m^2}{kcal} ; \frac{1}{h_{ext}} = 0 \frac{m^2}{kcal} \text{ (sin convección en la cara en contacto con el terreno)}$$

$$\Delta T = T_{diseño} - T_{trabajo}$$

$$\Delta T = 25,04 - 1 = 24,04^{\circ}\text{C}$$

$$\frac{Q}{A} = 9 \frac{\text{kcal}}{\text{m}}$$

$$k_{\text{aislante}} = 0,0175 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^{\circ}\text{C}}$$

$$U = \frac{Q}{A * \Delta T} = \frac{9}{24,04} = 0,36 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2\text{C}}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{\text{int}}} + \frac{e_{\text{ais}}}{k_{\text{ais}}} + \frac{1}{h_{\text{ext}}}$$

$$e_{\text{ais}} = 0,0465 \text{ m} = 4,65 \text{ cm}$$

## CUBIERTA

En la cubierta el flujo de calor es descendente (del aire exterior más caliente hacia el interior frío).

Según el CTE – DB HE, para cerramientos horizontales con flujo descendente y en contacto con el exterior se adoptan:

$$\frac{1}{h_{\text{int}}} = 0,20 \frac{\text{m}^2}{\text{kcal}} ; \frac{1}{h_{\text{ext}}} = 0,05 \frac{\text{m}^2}{\text{kcal}}$$

Para las cámaras de refrigeración convencional y de refrigeración con atmósfera controlada:

Con la temperatura exterior de cubierta:

$$\Delta T = T_{\text{diseño}} - T_{\text{trabajo}}$$

$$\Delta T = 47,08 - 0 = 47,08^{\circ}\text{C}$$

$$\frac{Q}{A} = 9 \frac{\text{kcal}}{\text{m}}$$

$$k_{\text{aislante}} = 0,0175 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^{\circ}\text{C}}$$

$$U = \frac{Q}{A * \Delta T} = \frac{9}{47,08} = 0,19 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2\text{C}}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{int}} + \frac{e_{ais}}{k_{ais}} + \frac{1}{h_{ext}}$$

$$e_{ais} = 0,088 \text{ m} = 8,8 \text{ cm}$$

Para la cámara de maduración:

Con la temperatura exterior de cubierta:

$$\Delta T = T_{diseño} - T_{trabajo}$$

$$\Delta T = 47,08 - 20 = 27,08 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\frac{Q}{A} = 9 \frac{\text{kcal}}{\text{m}}$$

$$k_{aislante} = 0,0175 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$$

$$U = \frac{Q}{A * \Delta T} = \frac{9}{27,08} = 0,33 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2\text{C}}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{int}} + \frac{e_{ais}}{k_{ais}} + \frac{1}{h_{ext}}$$

$$e_{ais} = 0,049 \text{ m} = 4,9 \text{ cm}$$

En la Tabla 19 se comparan los espesores teóricos calculados para cada tipo de cerramiento, tanto para las cámaras de refrigeración convencional y con atmósfera controlada (ULO) como para la cámara de maduración. Asimismo, se indican los espesores comerciales adoptados, seleccionados conforme a la gama disponible de paneles sándwich PIR (40,60, 80, 100, 120, 140, 160 y 180 mm).

**Tabla 19** Espesor de los aislantes a colocar en las cámaras de refrigeración y de maduración.

Cerramiento	Espesor teórico (cm) Cámaras de Refrigeración	Espesor comercial (cm) Cámaras de Refrigeración	Espesor teórico (cm) Cámara de Maduración	Espesor comercial (cm) Cámara de Maduración
NORTE	3,7	6	--	(no requiere aislamiento adicional)
SUR	6,4	8	2,6	4
ESTE	5,1	6	1,2	4
OESTE	5,7	6	1,9	4
INTERIORES	3,6	6	3,6	6
SUELO	4,7	6	4,7	6
CUBIERTA	8,8	10	4,9	6

- El espesor medio de aislamiento de la cámara de maduración resulta entre un 40 % y un 60 % inferior al de las cámaras de conservación, debido a la menor diferencia térmica con el ambiente exterior ( $\Delta T \approx 15-20 \text{ }^\circ\text{C}$  frente a  $35-40 \text{ }^\circ\text{C}$ ).
- Para uniformidad constructiva y facilidad de montaje, se recomienda utilizar espesores comerciales homogéneos (por ejemplo, paneles de 60 mm en paramentos verticales de la cámara de maduración), lo que simplifica el montaje sin penalizar significativamente la eficiencia térmica.
- En las cámaras de refrigeración convencional y ULO, se adoptan paneles de entre 4 y 10 cm de espesor, dependiendo de la orientación, priorizando mayor aislamiento en cubierta y fachadas sur.

## 5.2.2 CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS

- **BALANCE TÉRMICO DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA: CÁLCULO DE LA CARGA DE ENFRIAMIENTO NECESARIA DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA**

### CARGA DE ENFRIAMIENTO DEL PRODUCTO (Q1) DE CÁMARA DE REFRIGERACIÓN CONVENCIONAL-PREENFRIAMIENTO

La primera etapa que vamos a contabilizar se refiere al enfriamiento del producto que se introduce diariamente en cámara.

La cantidad que entra de fruta en las cámaras de refrigeración:

Datos de partida:

- Calor específico del producto  $C_e = 0,86 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$
- Temperatura de conservación de los frutos  $0 \text{ }^\circ\text{C}/-1,5 \text{ }^\circ\text{C}$
- Humedad relativa interior 85-90%.
- Temperatura entrada del producto  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  aproximadamente.
- Calor respiración del producto a  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Calor respiración a  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Entrada diaria máxima prevista

La temperatura exterior de Alfaro (La Rioja) en la estación de verano y en el mes de agosto época de recolección se alcanzan valores por encima de los  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  durante

todo el día, hay que escoger una temperatura de entrada de la fruta, cuando la fruta se esté recogiendo por la mañana y entregada a la central antes del mediodía.

Sabiendo que queremos enfriar la fruta desde su temperatura inicial hasta su temperatura ideal del almacenamiento 0 °C/-1,5 °C.

La temperatura de la entrada de la fruta se supone como la temperatura ideal de entrada a las cámaras de conservación que es de 30 °C.

$$Q1 = Md * cp\_pera * \Delta T \text{ (Ecuación 5.41)}$$

donde,

Md: masa de entrada diaria  $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{día}}\right]$

Cp\_pera: Calor específico de la pera  $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right]$

$\Delta T$ : Incremento de temperatura [°C]

Software para Diseño y Cálculo de Cámaras Frigoríficas | CoolProyect

Sabiendo que la masa máxima entrada diaria es de 40917 kg/día a una cámara y la Cp\_pera= 0,86  $\frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$ , la ecuación 5.41 queda:

$$Q1 = 40917 \left(\frac{\text{kg}}{\text{día}}\right) * 0,86 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right) * 30(^\circ\text{C}) = 1.055.658,6 \frac{\text{kcal}}{\text{día}}$$

### **CARGA DE ENFRIAMIENTO DEL PRODUCTO (Q1) DE LAS CÁMARAS DE REFRIGERACIÓN CON ATMÓSFERA CONTROLADA**

La fruta entra ya a las cámaras de refrigeración con atmósfera controlada con 0 °C desde preenfriamiento, por tanto, no hay salto de temperatura y la carga asociada, Q1 es:

$$Q1 = 0 \frac{\text{kcal}}{\text{día}}$$

## CARGA DE ENFRIAMIENTO DEL PRODUCTO (Q1) DE LAS CÁMARAS DE MADURACIÓN

La pera que entra en la cámara de maduración procede de las cámaras de conservación, donde se almacena a temperaturas del orden de 0 °C. En la cámara de maduración se eleva su temperatura hasta unos 20 °C mediante un proceso controlado de calentamiento, no de enfriamiento. Desde el punto de vista del balance frigorífico, no se considera una carga de enfriamiento asociada al producto:

$$Q1 = 0 \frac{\text{kcal}}{\text{día}}$$

## CARGA DE ENFRIAMIENTO DEL EMBALAJE (Q2) DE LA CÁMARAS DE REFRIGERACIÓN CONVENCIONAL -PREENFRIAMIENTO.

Considerando el flujo de energía (2), calculado según la **Ecuación 5.42**

$$Q2 = me * ce * (Ti - Tf) \quad (\text{Ecuación 5.42})$$

donde,

Ce: es el calor específico del embalaje, que se puede considerar como,  $Ce=0,65 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$  y

me: masa de palots enfriados.

$$n_{\text{palots}} = \frac{40917}{290} = 141 \frac{\text{palots}}{\text{día}}$$

$$me = 141 \frac{\text{palots}}{\text{día}} * \frac{29 \text{ kg}}{\text{palot}} = 4092 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$Q2 = 4092 \frac{\text{kg}}{\text{día}} * 0,65 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * (30 - 0)(^\circ\text{C}) = 79788 \frac{\text{kcal}}{\text{día}}$$

## CARGA DE ENFRIAMIENTO DEL EMBALAJE (Q2 AC) DE LAS CÁMARAS DE REFRIGERACIÓN CON ATMÓSFERA CONTROLADA

Los palots también llegan ya fríos desde las cámaras de preenfriamiento. De nuevo,  $\Delta T \approx 0$ :

$$Q2\_AC = 0 \frac{\text{kcal}}{\text{día}}$$

## **CARGA DE ENFRIAMIENTO DEL EMBALAJE (Q2 MAD) DE LAS CÁMARAS DE MADURACIÓN**

Los palots llegan a la cámara de maduración ya fríos, procedentes de las cámaras de conservación. El proceso de maduración implica un aumento de temperatura del conjunto fruto-embalaje, por lo que tampoco se considera aquí una carga de enfriamiento.

$$Q2\_MAD = 0 \frac{kcal}{día}$$

## **CALOR DE RESPIRACIÓN DEL PRODUCTO ENFRIADO (Q3) DE LA CÁMARAS DE REFRIGERACIÓN CONVENCIONAL- PREENFRIAMIENTO**

$$Q3 = M * Cr \text{ (Ecuación 5.43)}$$

donde,

*M*: de producto total almacenado en kg, en este caso 81,8 t.

*Cr*: es el calor de respiración del producto

$$Cr = 0,22 \frac{kcal}{kg * día}$$

La fruta destinada a conservación pasa primero por una etapa de preenfriamiento rápido, cuyo objetivo es reducir la temperatura de la pera desde unos 30 °C en campo hasta 0 °C antes de su traslado a las cámaras de conservación. En esta fase, la duración máxima de permanencia en cámara no debe superar las 48 h, según las recomendaciones de Costa & Llorens (2004) y Torrella Alcaraz (2000), ya que periodos más prolongados pueden ocasionar condensaciones y pérdidas de calidad. Considerando una entrada diaria máxima de 40917 kg/día y un tiempo de permanencia de 48 h, el inventario máximo acumulado en cámara alcanza 81.834 kg (≈ 81,8 t).

Luego:

$$Q3 = 81.834 \text{ kg} * 0,22 \frac{kcal}{kg} \text{ día} = 18003 \frac{kcal}{día}$$

**CALOR DE RESPIRACIÓN DEL PRODUCTO ENFRIADO (Q3 AC) DE LAS CÁMARAS DE REFRIGERACIÓN CON ATMÓSFERA CONTROLADA**

$$Q3\_AC = M * Cr$$

donde,

*M*: de producto total almacenado en kg, en este caso 180-200 t.

*Cr*: es el calor de respiración del producto

$$Cr = 0,22 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot \text{día}}$$

Luego:

$$Q3\_AC = 180.000 \text{ kg} * 0,22 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \text{ día} = 39600 \frac{\text{kcal}}{\text{día}}$$

**CALOR DE RESPIRACIÓN DEL PRODUCTO ENFRIADO (Q3 MAD) DE LA CÁMARA DE MADURACIÓN**

$$Q3\_MAD = M * Cr$$

donde,

*M*: de producto total almacenado en kg, en este caso 75 tm.

*Cr*: es el calor de respiración del producto

$$Cr = 0,22 \frac{\text{kcal} \cdot \text{kg}}{\text{día}}$$

Luego:

$$Q3\_MAD = 75.000 \text{ kg} * 0,22 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \text{ día} = 16500 \frac{\text{kcal}}{\text{día}}$$

**CALOR A TRAVES DE LOS CERRAMIENTOS (Q4) DE LA CÁMARAS DE PREENFRIAMIENTO-REFRIGERACIÓN CONVENCIONAL Y DE REFRIGERACIÓN CON ATMÓSFERA CONTROLADA**

La pérdida de calor en la pared vendrá dada por:

$$Q = \frac{T_{ext} - T_{int}}{\frac{1}{h_{ext} * A} + \frac{e_{ais}}{k_{ais} * A} + \frac{1}{h_{int} * A}} = \frac{T_{ext} - T_{int}}{\frac{1}{A} * \left( \frac{1}{h_{ext}} + \frac{1}{h_{int}} \right) + \frac{e_{ais}}{k_{ais} * A}} \quad (\text{Ecuación 5.44})$$

Anteriormente se calculó las temperaturas de cálculo que son (Tabla 20):

$$T_{calculo} = 0,4 * T_{med} + 0.6 * T_{max}$$

$$T_{cálculo} = 0.4 \times 25,9 + 0,6 \times 41,2 = 35,08^{\circ}\text{C}$$

**Tabla 20** Temperatura de diseño de paredes

Orientación	Temperatura de diseño (°C)	Temperatura de diseño (°C)
N	0,6*Tc	21
S	Tc	35,08
E	0,8*Tc	28,064
O	0,9*Tc	31,572
Suelo	$\frac{Tc + 15}{2}$	25,04
Cubierta	Tc+12	47,08

Para paredes interiores y colindantes con otras cámaras, se prevé que la cámara contigua esté vacía por lo que se aplica un coeficiente de  $f = 0,7$  (Torrella Alcaraz, 2000). Tomando el caso más desfavorable que se producen en las paredes, resulta de una temperatura de:  $T_{interior} = 35,08 \cdot 0,7 = 24,56^{\circ}\text{C}$ .

Para el cálculo de las pérdidas a través de los cerramientos se ha de tener en cuenta que las dimensiones de la cámara que son y los espesores de los cerramientos de las cámaras Tabla 21:

$$a = 12 \text{ m}$$

$$b = 11,05 \text{ m}$$

$$c = 7,20 \text{ m}$$

**Tabla 21** Espesor comercial de los cerramientos

Cerramiento	Espesor teórico (cm)	Espesor comercial (cm)
NORTE	3,7	6
SUR	6,4	8
ESTE	5,12	6
OESTE	5,7	6
INTERIORES	3,62	6
SUELO	4,65	6
CUBIERTA	8,5	10

Se procederá a calcular las pérdidas de calor debidas a los cerramientos por los que están formados las cámaras frigoríficas.

1º Conocidos, Q/A e  $\Delta T$ , Con:

$$Q4 = U * A * \Delta T \text{ (Ecuación 13)}$$

2º Se obtiene U\_diseño, hi y he, con:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{hi} + \sum_{j=1}^n \frac{ej}{kj} + \frac{1}{he}$$

3º Para ej más desfavorable

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{hi} + \sum_{j=1}^n \frac{ej}{kj} + \frac{1}{he}$$

4º A partir de Ureal\_j, A e  $\Delta T$ , con

$$Q4 = U * A * \Delta T$$

Con Q6j: calor a través de fachadas, suelo y techo.

$$Q6 = \sum_{j=1}^6 Q4j * \frac{24 H}{1 \text{ DÍA}} \left( \frac{\text{Kcal}}{\text{día}} \right)$$

$$\Delta T = 35,08 - 0 = 35,08 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\frac{Q}{A} = 9 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2}$$

### FACHADA NORTE

$$A = a * c = 12 \text{ m} * 7,20 \text{ m} = 86,20 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 21 - 0 = 21 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\frac{1}{h_{int}} = 0,15 \frac{\text{m}^2}{\text{kcal}}$$

$$\frac{1}{h_{ext}} = 0,05 \frac{\text{m}^2}{\text{kcal}}$$

$$e_{ais} = 6 \text{ cm}$$

$$k_{aislante} = 0,0175 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$$

$$\begin{aligned} Q_{4N} &= \frac{T_{ext} - T_{int}}{\frac{1}{A} * \left( \frac{1}{h_{ext}} + \frac{1}{h_{int}} \right) + \frac{e_{ais}}{k_{ais} * A}} = \frac{21 - 0}{\frac{1}{86,20 \text{ m}^2} * (0,05 + 0,15) + \frac{0,06}{0,0175 * 86,20}} \\ &= \frac{21}{0,0023 + 0,040} = 496,45 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \end{aligned}$$

### FACHADA ESTE

$$A = b * c = 11,05 \text{ m} * 7,20 \text{ m} = 79,56 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 28,06 - 0 = 28,06 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\frac{1}{h_{int}} = 0,15 \frac{\text{m}^2}{\text{kcal}}$$

$$\frac{1}{h_{ext}} = 0,05 \frac{\text{m}^2}{\text{kcal}}$$

$$e_{ais} = 6 \text{ cm}$$

$$k_{aislante} = 0,0175 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$$

$$\begin{aligned} Q_{4E} &= \frac{T_{ext} - T_{int}}{\frac{1}{A} * \left( \frac{1}{h_{ext}} + \frac{1}{h_{int}} \right) + \frac{e_{ais}}{k_{ais} * A}} = \frac{28,06 - 0}{\frac{1}{79,56 \text{ m}^2} * (0,05 + 0,15) + \frac{0,06}{0,0175 * 79,56}} \\ &= \frac{28,06}{0,0025 + 0,043} = 412,65 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \end{aligned}$$

### FACHADA SUR

$$A = a * c = 12 \text{ m} * 7,20 \text{ m} = 86,4 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 35,08 - 0 = 35,08 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\frac{1}{h_{int}} = 0,15 \frac{\text{m}^2}{\text{kcal}}$$

$$\frac{1}{h_{ext}} = 0,05 \frac{\text{m}^2}{\text{kcal}}$$

$$e_{ais} = 8 \text{ cm}$$

$$k_{aislante} = 0,0175 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$$

$$\begin{aligned} Q_{4S} &= \frac{T_{ext} - T_{int}}{\frac{1}{A} * \left( \frac{1}{h_{ext}} + \frac{1}{h_{int}} \right) + \frac{e_{ais}}{k_{ais} * A}} = \frac{35,08 - 0}{\frac{1}{86,4 \text{ m}} * (0,05 + 0,15) + \frac{0,08}{0,0175 * 86,4}} \\ &= \frac{35,08}{0,0023 + 0,053} = 634,36 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \end{aligned}$$

### FACHADA OESTE

$$A = b * c = 11,05 \text{ m} * 7,20 \text{ m} = 79,56 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 31,572 - 0 = 31,57221 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\frac{1}{h_{int}} = 0,15 \frac{\text{m}^2}{\text{kcal}}$$

$$\frac{1}{h_{ext}} = 0,05 \frac{\text{m}^2}{\text{kcal}}$$

$$e_{ais} = 6 \text{ cm}$$

$$k_{aislante} = 0,0175 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$$

$$\begin{aligned} Q_{4O} &= \frac{T_{ext} - T_{int}}{\frac{1}{A} * \left( \frac{1}{h_{ext}} + \frac{1}{h_{int}} \right) + \frac{e_{ais}}{k_{ais} * A}} = \frac{31,57 - 0}{\frac{1}{79,56 \text{ m}} * (0,05 + 0,15) + \frac{0,06}{0,0175 * 79,56}} \\ &= \frac{31,57}{0,0025 + 0,043} = 693,85 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \end{aligned}$$

## FACHADAS INTERIORES

Limitantes con el pasillo

$$A = a * c = 12 \text{ m} * 7,20 \text{ m} = 86,4 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 24,556 - 0 = 24,56^\circ\text{C}$$

$$\frac{1}{h_{int}} = \frac{1}{h_{ext}} = 0,15 \frac{\text{m}^2}{\text{kcal}}$$

$$e_{ais} = 6 \text{ cm}$$

$$k_{aislante} = 0,0175 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$$

$$\begin{aligned} Q_{4i\_interior1} &= \frac{T_{ext} - T_{int}}{\frac{1}{A} * \left( \frac{1}{h_{ext}} + \frac{1}{h_{int}} \right) + \frac{e_{ais}}{k_{ais} * A}} = \frac{24,56 - 0}{\frac{1}{86,4 \text{ m}} * (0,15 + 0,15) + \frac{0,06}{0,0175 * 86,4}} \\ &= \frac{24,56}{0,0034 + 0,040} = 565,90 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \end{aligned}$$

Limitantes con cámara contigua

$$A = b * c = 11,05 \text{ m} * 7,20 \text{ m} = 79,56 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 24,56 - 0 = 24,56^\circ\text{C}$$

$$\frac{1}{h_{int}} = \frac{1}{h_{ext}} = 0,15 \frac{\text{m}^2}{\text{kcal}}$$

$$e_{ais} = 6 \text{ cm}$$

$$k_{aislante} = 0,0175 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$$

$$\begin{aligned} Q_{4\_interior2} &= \frac{T_{ext} - T_{int}}{\frac{1}{A} * \left( \frac{1}{h_{ext}} + \frac{1}{h_{int}} \right) + \frac{e_{ais}}{k_{ais} * A}} = \frac{24,56 - 0}{\frac{1}{79,56 \text{ m}} * (0,15 + 0,15) + \frac{0,06}{0,0175 * 79,56}} \\ &= \frac{24,56}{0,0037 + 0,043} = 524,05 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \end{aligned}$$

## TECHO

$$A = a * b = 12m * 7,20 m = 86,4 m^2$$

$$\Delta T = 47,08 - 0 = 47,08 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$e_{ais} = 10cm$$

$$\frac{1}{h_{int}} = 0,2 \frac{m^2}{kcal}; \frac{1}{h_{ext}} = 0,05 \frac{m^2}{kcal}$$

$$k_{aislante} = 0,0175 \frac{kcal}{hm^\circ C}$$

$$Q_{4techo} = \frac{T_{ext} - T_{int}}{\frac{1}{A} * \left( \frac{1}{h_{ext}} + \frac{1}{h_{int}} \right) + \frac{e_{ais}}{k_{ais} * A}} = \frac{47,08 - 0}{\frac{1}{86,4 m} * (0,2 + 0,05) + \frac{0,10}{0,0175 * 86,4}}$$
$$= \frac{47,08}{0,0029 + 0,066} = 683,30 \frac{kcal}{h}$$

## SUELO

$$A = a * b = 12 m * 7,20 m = 86,4 m^2$$

$$\Delta T = 25,04 - 0 = 25,04 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\frac{1}{h_{int}} = 0,12; \frac{1}{h_{ext}} = 0 \frac{m^2}{kcal}$$

$$e_{ais} = 6 cm$$

$$k_{aislante} = 0,0175 \frac{kcal}{hm^\circ C}$$

$$Q_{4suelo} = \frac{T_{ext} - T_{int}}{\frac{1}{A} * \left( \frac{1}{h_{ext}} + \frac{1}{h_{int}} \right) + \frac{e_{ais}}{k_{ais} * A}} = \frac{21 - 0}{\frac{1}{86,4 m} * (0 + 0,12) + \frac{0,06}{0,0175 * 86,4}}$$
$$= \frac{21}{0,0013 + 0,039} = 403,84 \frac{kcal}{h}$$

$$Q_4 = Q_{4N} + Q_{4E} + Q_{4S} + Q_{4O} + Q_{4int1} + Q_{4int2} + Q_{4techo} + Q_{4suelo}$$
$$= 496,45 + 412,65 + 634,36 + 693,85 + 565,90 + 524,05 + 683,30$$
$$+ 403,84 = 4414,4 \frac{kcal}{h} * 24h = 105945,6 \frac{kcal}{\text{día}}$$

## CALOR A TRAVES DE LOS CERRAMIENTOS (Q4) DE LA CÁMARA DE MADURACIÓN

La pérdida de calor en la pared vendrá dada por:

$$Q = \frac{T_{ext} - T_{int}}{\frac{1}{h_{ext} * A} + \frac{e_{ais}}{k_{ais} * A} + \frac{1}{h_{int} * A}} = \frac{T_{ext} - T_{int}}{\frac{1}{A} * \left( \frac{1}{h_{ext}} + \frac{1}{h_{int}} \right) + \frac{e_{ais}}{k_{ais} * A}}$$

Anteriormente se calculó las temperaturas de cálculo que son:

$$T_c = 0,4 * T_{med} + 0.6 * T_{max}$$

**Tabla 22** Temperatura de diseño

Orientación	T <sub>c</sub> (°C)	T <sup>a</sup> diseño (°C)
N	0,6*T <sub>c</sub>	21
S	T <sub>c</sub>	35,08
E	0,8*T <sub>c</sub>	28,064
O	0,9*T <sub>c</sub>	31,572
Suelo	$\frac{T_c + 15}{2}$	25,04
Cubierta	T <sub>c</sub> +12	47,08

Para paredes interiores y colindantes con otras cámaras, se prevé que la cámara contigua esté vacía por lo que se aplica un coeficiente de  $f = 0.7$  (Torrella Alcaraz, 2000). Tomando el caso más desfavorable que se producen en las paredes, resulta de una temperatura de:  $T_c = 35,08 \cdot 0,7 = 24,556^\circ\text{C}$ .

Para el cálculo de las pérdidas a través de los cerramientos se ha de tener en cuenta las dimensiones de la cámara y los espesores de los cerramientos de las cámaras:

$$a = 12 \text{ m}$$

$$b = 11,05 \text{ m}$$

$$c = 7,20 \text{ m}$$

**Tabla 23** Espesor comercial de los cerramientos

Cerramiento	Espesor teórico (cm)	Espesor comercial (cm)
NORTE	3,7	6
SUR	6,4	8
ESTE	5,12	6
OESTE	5,7	6
INTERIORES	3,62	6
SUELO	4,65	6
CUBIERTA	8,5	10

Perdidas de calor debidas a los cerramientos por lo que están formados las cámaras frigoríficas.

Se procederá a calcular las pérdidas de calor debidas a los cerramientos por los que están formados las cámaras frigoríficas.

1º Conocidos, Q/A e  $\Delta T$ , Con:

$$Q_4 = U * A * \Delta T \text{ (Ecuación 13)}$$

2º Se obtienen U diseño, hi y he, con:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{hi} + \sum_{j=1}^n \frac{ej}{kj} + \frac{1}{he}$$

3º Para ej más desfavorable

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{hi} + \sum_{j=1}^n \frac{ej}{kj} + \frac{1}{he}$$

4º A partir de U\_realj, A e  $\Delta T$ , con

$$Q_4 = U * A * \Delta T$$

Con Q6j: calor a través de fachadas, suelo y techo.

$$Q_6 = \sum_{j=1}^6 Q_{4j} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} \left( \frac{\text{kcal}}{\text{día}} \right)$$

$$\Delta T = 35,08 - 20 = 15,08 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\frac{Q}{A} = 9 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2}$$

### FACHADA NORTE

$$A = a * c = 12 \text{ m} * 7,20 \text{ m} = 86,40 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 21 - 20 = 1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\frac{1}{h_{int}} = 0,15 \frac{\text{m}^2}{\text{kcal}}$$

$$\frac{1}{h_{ext}} = 0,05 \frac{\text{m}^2}{\text{kcal}}$$

$$e_{ais} = 6 \text{ cm}$$

$$k_{aislante} = 0,0175 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$$

$$Q_{4N} = \frac{T_{ext} - T_{int}}{\frac{1}{A} * \left( \frac{1}{h_{ext}} + \frac{1}{h_{int}} \right) + \frac{e_{ais}}{k_{ais} * A}} = \frac{21 - 20}{\frac{1}{86,40 \text{ m}^2} * (0,05 + 0,15) + \frac{0,06}{0,0175 * 86,40}}$$

$$= \frac{1}{0,0023 + 0,040} = 23,8 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

(Efecto muy pequeño por la baja  $\Delta T$ ; de ahí que el cálculo teórico no exija aislamiento adicional)

### FACHADA ESTE

$$A = b * c = 11,05 \text{ m} * 7,20 \text{ m} = 79,56 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 28,064 - 20 = 8,06 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\frac{1}{h_{int}} = 0,15 \frac{\text{m}^2}{\text{kcal}}$$

$$\frac{1}{h_{ext}} = 0,05 \frac{\text{m}^2}{\text{kcal}}$$

$$e_{ais} = 4 \text{ cm}$$

$$k_{aislante} = 0,0175 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$$

$$Q_{4E} = \frac{T_{ext} - T_{int}}{\frac{1}{A} * \left( \frac{1}{h_{ext}} + \frac{1}{h_{int}} \right) + \frac{e_{ais}}{k_{ais} * A}} = \frac{28,06 - 20}{\frac{1}{79,56 \text{ m}} * (0,05 + 0,15) + \frac{0,06}{0,0175 * 79,56}}$$

$$= \frac{8,06}{0,0025 + 0,043} = 258,1 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

#### FACHADA SUR

$$A = a * c = 12 \text{ m} * 7,20 \text{ m} = 86,4 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 35,08 - 20 = 15,08 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\frac{1}{h_{int}} = 0,15 \frac{\text{m}^2}{\text{kcal}}$$

$$\frac{1}{h_{ext}} = 0,05 \frac{\text{m}^2}{\text{kcal}}$$

$$e_{ais} = 4 \text{ cm}$$

$$k_{aislante} = 0,0175 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$$

$$Q_{4S} = \frac{T_{ext} - T_{int}}{\frac{1}{A} * \left( \frac{1}{h_{ext}} + \frac{1}{h_{int}} \right) + \frac{e_{ais}}{k_{ais} * A}} = \frac{15,08}{\frac{1}{86,4} * (0,05 + 0,15) + \frac{0,08}{0,0175 * 86,4}}$$

$$= \frac{15,08}{0,0023 + 0,053} = 524,2 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

#### FACHADA OESTE

$$A = b * c = 11,05 \text{ m} * 7,20 \text{ m} = 79,56 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 31,572 - 20 = 11,572 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\frac{1}{h_{int}} = 0,15 \frac{\text{m}^2}{\text{kcal}}$$

$$\frac{1}{h_{ext}} = 0,05 \frac{\text{m}^2}{\text{kcal}}$$

$$e_{ais} = 4 \text{ cm}$$

$$k_{aislante} = 0,0175 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$$

$$Q_{40} = \frac{T_{ext} - T_{int}}{\frac{1}{A} * \left( \frac{1}{h_{ext}} + \frac{1}{h_{int}} \right) + \frac{e_{ais}}{k_{ais} * A}} = \frac{11,572}{\frac{1}{79,56} * (0,05 + 0,15) + \frac{0,04}{0,0175 * 79,56}}$$

$$= \frac{11,572}{0,0025 + 0,043} = 370,4 \frac{kcal}{h}$$

## FACHADAS INTERIORES

Limitantes con el pasillo

$$A = a * c = 12 m * 7,20 m = 86,4 m$$

$$\Delta T = 24,56 - 20 = 4,56^{\circ}C$$

$$\frac{1}{h_{int}} = \frac{1}{h_{ext}} = 0,15 \frac{m^2}{kcal}$$

$$e_{ais} = 6 cm$$

$$k_{aislante} = 0,0175 \frac{kcal}{hm^{\circ}C}$$

$$Q_{4interiores1} = \frac{T_{ext} - T_{int}}{\frac{1}{A} * \left( \frac{1}{h_{ext}} + \frac{1}{h_{int}} \right) + \frac{e_{ais}}{k_{ais} * A}} = \frac{4,56}{\frac{1}{86,4} * (0,15 + 0,15) + \frac{0,06}{0,0175 * 86,4}}$$

$$= \frac{4,56}{0,0034 + 0,040} = 105,6 \frac{kcal}{h}$$

Limitantes con cámara contigua

$$A = b * c = 11,05 m * 7,20 m = 79,56 m^2$$

$$\Delta T = 24,56 - 20 = 4,56^{\circ}C$$

$$\frac{1}{h_{int}} = \frac{1}{h_{ext}} = 0,15 \frac{m^2}{kcal}$$

$$e_{ais} = 6 cm$$

$$k_{aislante} = 0,0175 \frac{kcal}{hm^{\circ}C}$$

$$k_{aislante} = 0,0175 \frac{kcal}{hm^{\circ}C}$$

$$Q_{4interiores2} = \frac{T_{ext} - T_{int}}{\frac{1}{A} * \left( \frac{1}{h_{ext}} + \frac{1}{h_{int}} \right) + \frac{e_{ais}}{k_{ais} * A}} = \frac{4,56}{\frac{1}{86,4} * (0,15 + 0,15) + \frac{0,06}{0,0175 * 86,4}}$$

$$= \frac{4,56}{0,0034 + 0,040} = 97,2 \frac{kcal}{h}$$

## TECHO

$$A = a * b = 12m * 7,20 m = 86,4 m$$

$$\Delta T = 47,08 - 20 = 27,08 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$e_{ais} = 6 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{h_{int}} = 0,2 \frac{m^2}{kcal}; \frac{1}{h_{ext}} = 0,05 \frac{m^2}{kcal}$$

$$k_{aislante} = 0,0175 \frac{kcal}{hm^\circ C}$$

$$Q_{4techo} = \frac{T_{ext} - T_{int}}{\frac{1}{A} * \left( \frac{1}{h_{ext}} + \frac{1}{h_{int}} \right) + \frac{e_{ais}}{k_{ais} * A}} = \frac{27,08}{\frac{1}{86,4 m} * (0,2 + 0,05) + \frac{0,06}{0,0175 * 86,4}}$$

$$= \frac{27,08}{0,0029 + 0,040} = 631,23 \frac{kcal}{h}$$

## SUELO

$$A = a * b = 12 m * 7,20 m = 86,4 m$$

$$\Delta T = 25,04 - 20 = 5,04 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\frac{1}{h_{int}} = 0,12; \frac{1}{h_{ext}} = 0 \frac{m^2}{kcal}$$

$$e_{ais} = 6 \text{ cm}$$

$$k_{aislante} = 0,0175 \frac{kcal}{hm^\circ C}$$

$$Q_{4suelo} = \frac{T_{ext} - T_{int}}{\frac{1}{A} * \left( \frac{1}{h_{ext}} + \frac{1}{h_{int}} \right) + \frac{e_{ais}}{k_{ais} * A}} = \frac{5,04}{\frac{1}{86,4 m} * (0 + 0,12) + \frac{0,06}{0,0175 * 86,4}}$$

$$= \frac{5,04}{0,0013 + 0,040} = 122,03 \frac{kcal}{h}$$

De forma que el  $Q4\_TOTAL = Q4N + Q4E + Q4S + Q4O + Q4int1 + Q4int2 + Q4techo + Q4suelo = 23,8 + 258,1 + 524,2 + 370,4 + 105,6 + 97,2 + 631,23 + 122,03 = 2132,56 \text{ kcal/h}$   
 $2132,56 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} * 24 \text{ h} = 51181,44 \frac{\text{kcal}}{\text{día}}$

**CALOR DE LAS RENOVACIONES DE AIRE (Q5) DE LA CÁMARAS DE PREENFRIAMIENTO-REFRIGERACIÓN CONVENCIONAL Y DE REFRIGERACIÓN CON ATMÓSFERA CONTROLADA**

El aire en la cámara es el agente transmisor de calor entre el producto almacenado y el equipo de producción de frío, por lo que existe un contacto directo de una serie de gérmenes, olores y gases procedentes de la respiración en el caso las frutas. Es por ello necesario una renovación deseada para intercambiar el caudal de aire, lo que va a suponer una carga a contabilizar en nuestro balance. Esta carga de renovación de aire viene dada por Torrella Alcaraz (2000).

$$Q5 = V * N * \frac{1}{V_e} * (h_e - h_i) \quad (\text{Ecuación 5.45})$$

V: es el volumen de la cámara =  $955 \frac{\text{m}^3}{\text{cámara}}$

N: es el número de renovaciones necesarias diarias  $N = \frac{70}{\sqrt{V}} = \frac{70}{\sqrt{955}} = 2,26$   
 renovaciones

Ve: es el volumen específico de aire en las condiciones exteriores

ie, ii entalpia específica del aire (exterior e interior)

Las **condiciones interiores** que se recomiendan para el almacenamiento de pera conferencia son:  $T_{bs} = 0^\circ\text{C} / -1,5^\circ\text{C}$                       HR=85-90%

Se ha utilizado el software de EES, para calcular la entalpia específica del aire según las condiciones exteriores (Figura 30) de  $ii = 8,493 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 2,04 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$

### Properties of Moist Air and the Psychrometric Chart

(Reasonable values must be supplied)

Unit System:

Atmospheric Pressure:  [kPa]

Select the first input variable:

=  [°C]

Select the second input variable:

=  [ ]

#### Solution

Tdb = 0.0 [°C]	P = 101.3 [kPa]	w = 0.003396
Twb = -0.6 [°C]	Rh = 0.9	v = 0.7782 [m <sup>3</sup> /kg]
Tdp = -1.3 [°C]		h = 8.493 [kJ/kg]

Select the input variables and then

*Figura 30. Propiedades del aire de las cámaras de refrigeración convencional y con atmósfera controlada.*

### Condiciones exteriores

HR=62,58 %

T=35,08°C

Se obtiene que la entalpia específica del aire según las condiciones exteriores es de (Figura 31):

$$ie = 93,07 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 22,33 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

Además, el volumen específico del aire en estas condiciones es:  $V_e=0,905 \text{ m}^3$

### Properties of Moist Air and the Psychrometric Chart

(Reasonable values must be supplied)

Unit System:

Atmospheric Pressure:  [kPa]

Select the first input variable:

=  [°C]

Select the second input variable:

=  [ ]

#### Solution

Tdb = 35.1 [°C]	P = 101.3 [kPa]	w = 0.02251
Twb = 28.7 [°C]	Rh = 0.6258	v = 0.905 [m <sup>3</sup> /kg]
Tdp = 26.9 [°C]		h = 93.07 [kJ/kg]

*Figura 31. Propiedades aire condiciones exteriores a las cámaras de refrigeración convencional y convencional con atmósfera controlada.*

La energía necesaria debido a las renovaciones del aire será:

$$Q_5 = V * N * \frac{1}{V_E} * (ie - ii)$$

$$Q_5 = 955 \frac{m^3}{cámara} * 2,26 \frac{ren}{día} * \frac{1}{0,89} * \frac{kg}{m^3} * (22,33 - 2,04) \frac{kcal}{kg}$$

$$Q_5 = 48717,22 \frac{kcal}{día}$$

### **CALOR DE LAS RENOVACIONES DE AIRE (Q5) DE LA CÁMARAS DE MADURACIÓN**

El aire en la cámara es el agente transmisor de calor entre el producto almacenado y el equipo de producción de frío, por lo que existe un contacto directo de una serie de gérmenes, olores y gases procedentes de la respiración en el caso las frutas. Es por ello necesario una renovación deseada para intercambiar el caudal de aire, lo que va a suponer una carga a contabilizar en nuestro balance. Esta carga de renovación de aire viene dada por (Torrella Alcaraz, 2000)

$$Q_5 = V * N * \frac{1}{V_e} * (he - hi)$$

V: es el volumen de la cámara=  $955 \frac{m^3}{cámara}$

N: es el número de renovaciones necesarias diarias  $N = \frac{70}{\sqrt{V}} = \frac{70}{\sqrt{955}} = 2,26$   
renovaciones

Ve: es el volumen específico de aire en las condiciones exteriores

ie, ii entalpía específica del aire (exterior e interior)

Volumen de la cámara (m³)	Número de renovaciones (cambios/día)	
	Temperatura < 0 °C	Temperatura > 0 °C
2,5	52	70
3	47	63
4	40	53
5	35	47
7,5	28	38
10	24	32
15	19	26
20	16,50	22
25	14,50	19
30	13	17
40	11,50	15
50	10	13
60	9	12
80	7,70	10
100	6,80	9
150	5,40	7
200	4,60	6
250	4,10	5,30
300	3,70	4,80
400	3,10	4,10
500	2,80	3,60
600	2,50	3,20
800	2,10	2,80
1.000	1,90	2,40
1.500	1,50	1,95
2.000	1,30	1,65
2.500	1,10	1,45
3.000	1,05	1,30

**Figura 32.** Volumen de la cámara respecto número de renovaciones.

### Condiciones interiores

Las condiciones que se recomiendan para el almacenamiento de pera conferencia.

T<sub>bs</sub>=20°C

HR=85-90%

Se ha utilizado el software de EES, para calcular la entalpia específica del aire según las condiciones exteriores (Figura 33) de  $ii = 53,63 \frac{kJ}{kg} = 12,9 \frac{kcal}{kg}$

### Properties of Moist Air and the Psychrometric Chart

(Reasonable values must be supplied)

Unit System:

Atmospheric Pressure:  [kPa]

Select the first input variable:

=  [°C]

Select the second input variable:

=  [ ]

#### Solution

Tdb = 20.0 [°C]	P = 101.3 [kPa]	w = 0.0132
Twb = 18.9 [°C]	Rh = 0.9	v = 0.8483 [m <sup>3</sup> /kg]
Tdp = 18.3 [°C]		h = 53.63 [kJ/kg]

**Figura 33.** Propiedades de las condiciones interiores

### Condiciones exteriores

HR=62,58 %

T=35,08°C

Se obtiene que la entalpia específica del aire según las condiciones exteriores

(Figura 34) es de:  $ie = 93,07 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 22,33 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$

Además, el volumen específico del aire en estas condiciones de:  $Ve=0,905 \text{ m}^3$

### Properties of Moist Air and the Psychrometric Chart

(Reasonable values must be supplied)

Unit System:

Atmospheric Pressure:  [kPa]

Select the first input variable:

=  [°C]

Select the second input variable:

=  [ ]

#### Solution

Tdb = 35.1 [°C]	P = 101.3 [kPa]	w = 0.02251
Twb = 28.7 [°C]	Rh = 0.6258	v = 0.905 [m <sup>3</sup> /kg]
Tdp = 26.9 [°C]		h = 93.07 [kJ/kg]

**Figura 34.** Propiedades de las condiciones exteriores

La energía necesaria debido a las renovaciones del aire será:

$$Q_5 = V * N * \frac{1}{VE} * (ie - ii)$$

$$Q_5 = 955 \frac{\text{m}^3}{\text{cámara}} * 2,90 \frac{\text{ren}}{\text{día}} * \frac{1}{0,89} * \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * (22,33 - 12,9) \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$Q_5 = 29344,25 \frac{\text{kcal}}{\text{día}}$$

### **CARGA DEBIDA A BOMBAS Y VENTILADORES DE LA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN CONVENCIONAL PREENFRIAMIENTO (Q6)**

En las instalaciones frigoríficas dotadas de equipos de bombeo (de fluido frigorígeno, o de frigorígeno a baja presión ) o ventiladores, la carga producida por el equivalente térmico de estos dispositivos no es conocida de antemano, por lo que su estimación está basada en datos obtenidos de la experiencia, siendo el método más extendido su contabilización como un porcentaje sobre la suma de cargas enumeradas hasta este punto, los valores barajados son: ventiladores de evaporador, del orden del 10%.

Dada la importancia del aporte debido al ventilador de evaporador, el cálculo puede ser un poco más detallado, para ello como base partida que su potencia representa un 10% de la suma de los anteriores, con lo que:

$$0,1 \sum Q = 0,1 * Q_r \quad (\text{Ecuación 5.46})$$

$$Q_6 = 0,1 * (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5)$$

$$Q_6 = 0,1 * (1055659 + 79788 + 18003 + 105945,6 + 48717,22) = 13081,1 \frac{\text{kcal}}{\text{día}}$$

### **CARGA DEBIDA A BOMBAS Y VENTILADORES CÁMARA REFRIGERACIÓN CON ATMÓSFERA CONTROLADA (Q6)**

En las instalaciones frigoríficas dotadas de equipos de bombeo (de fluido frigorígeno, o de frigorígeno a baja presión ) o ventiladores, la carga producida por el equivalente térmico de estos dispositivos no es conocida de antemano, por lo que su estimación está basada en datos obtenidos de la experiencia, siendo el método más extendido su contabilización como un porcentaje sobre la suma de cargas enumeradas

hasta este punto, los valores barajados son: ventiladores de evaporador, del orden del 10% .

Dada la importancia del aporte debido al ventilador de evaporador, el cálculo puede ser un poco más detallado, para ello como base partida que su potencia representa un 10% de la suma de los anteriores, con lo que:

$$0,1\sum Q = 0,1 * Q'r$$

$$Q6 = 0,1 * (Q1 + Q2 + Q3 + Q4 + Q5)$$

$$Q6 = 0,1 * (39600 + 105945,6 + 48717,22) = 19426,28 \frac{kcal}{día}$$

### **CARGA DEBIDA A BOMBAS Y VENTILADORES (Q6) CÁMARA DE MADURACIÓN**

En las instalaciones frigoríficas dotadas de equipos de bombeo (de fluido frigorígeno, o de frigorígeno a baja presión ) o ventiladores, la carga producida por el equivalente térmico de estos dispositivos no es conocida de antemano, por lo que su estimación está basada en datos obtenidos de la experiencia, siendo el método más extendido su contabilización como un porcentaje sobre la suma de cargas enumeradas hasta este punto, los valores barajados son: ventiladores de evaporador, del orden del 10%.

Dada la importancia del aporte debido al ventilador de evaporador, el cálculo puede ser un poco más detallado, para ello como base partida que su potencia representa un 10% de la suma de los anteriores, con lo que:

$$0,1\sum Q = 0,1 * Q'r$$

$$Q6 = 0,1 * (Q1 + Q2 + Q3 + Q4 + Q5)$$

$$Q6 = 0,1 * (16500 + 51181 + 29344,25) = 9702,525 \frac{kcal}{día}$$

### **CARGA ILUMINACIÓN (Q7) TODAS LAS CÁMARAS**

El alumbrado que se instala en cámaras suele ser de un bajo nivel ( $5/10 \frac{W}{m^2}$  térmicos) y únicamente estará conectado durante los periodos de trabajo en el interior, por lo que tienen un carácter variable. No obstante, la potencia a considerar puede ser estimada como:

$P_i$  = Potencia de iluminación superficial =  $10 \frac{W}{m^2}$ , en el caso mas desfavorable.

$S_{suelo}$  = superficie del suelo de la cámara

$\tau_1$  = n° horas diarias de iluminación en las que los operarios permanecen en cámara.

$$Q7 = P_i * S_{suelo} * 0,86 * t_i \text{ (Ecuación 5.47)}$$

$$Q7 = 10 \frac{W}{m^2} * 4 \frac{h}{día} * 0,86 * 12 m * 11,05 m = 4561,44 \frac{kcal}{día}$$

### **CARGA DEBIDO A LAS PERSONAS (Q8) TODAS LAS CÁMARAS**

El personal destinado a las tareas de movimiento de producto, va a ceder una cierta potencia térmica durante su trabajo, cuyo montante total dependerá del número de operarios, duración de la estancia y del tipo de trabajo efectuado. Los factores enumerados dan un carácter variable a esta carga, como el ya reseñado de alumbrado. La carga debida a ocupantes internos (personal) puede aproximarse como:

La potencia adicionada por una persona, en trabajo típico en cámara, depende de la temperatura en cámara, siendo los valores contemplados los que se muestran en la Tabla 24.

$$Q8 = n * C * N \text{ (Ecuación 5.48)}$$

$$Q8 = 232 \frac{kcal}{h} * 2 \text{ persona} * \frac{4h}{día} = 1856 \frac{kcal}{día}$$

N = número de personas en el recinto frigorífico

C = calor emitido por cada operario, kcal/h

N = tiempo de permanencia en el interior de la cámara o recinto, horas/día

**Tabla 24** Potencia desprendida por persona a distintas temperaturas.

Temperatura del recinto (°C)	Potencia calorífica liberada por persona (kcal/h)
15	154
10	180
5	206
0	232
-5	258
-10	283
-15	309
-20	325
-25	362

### **COEFICIENTE DE SEGURIDAD Q9 PARA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN CONVENCIONAL-PREENFRIAMIENTO:**

En el desarrollo anterior se ha intentado evaluar los procesos más importantes que inciden sobre el balance frigorífico. Sin embargo, todavía deben considerarse otros cálculos tales como:

- Pérdidas diversas por convección/radiación
- Pérdidas de vapor de agua desde el ambiente externo al interno
- Calor aportado en desescarches periódicos en cámaras con temperaturas de evaporación inferiores a 0 °C etc.

En la práctica se debe englobar todos los términos no calculados dentro del denominado coeficiente de seguridad, suele establecerse en el 10% de la suma de todas las cargas.

$$\begin{aligned}
 Q_9 &= 10\% \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8) \text{ (Ecuación 5.49)} \\
 &= 10\% \\
 &\quad * (1.055.659 + 79.788 + 18.003 + 105.945,6 + 48.717,22 \\
 &\quad + 130.811 + 4.561,44 + 1.856) = 144534 \frac{kg}{dia}
 \end{aligned}$$

### **POTENCIA FRIGORIFICA NECESARIA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN CONVENCIONAL-PREENFRIAMIENTO :**

$$Q_e = \frac{1.589.875 \frac{kcal}{dia}}{18 h} = 88.326 \frac{kcal}{h} * 4,18 = 362.136,6 \frac{kJ}{h} * \frac{1 h}{3600 s} = 103 kW$$

### **COEFICIENTE DE SEGURIDAD Q9 CÁMARAS DE REFRIGERACIÓN CON ATMÓSFERA CONTROLADA:**

En el desarrollo anterior se ha intentado evaluar los procesos más importantes que inciden sobre el balance frigorífico. Sin embargo, todavía deben considerarse otros cálculos tales como:

- Pérdidas diversas por convección/radiación
- Pérdidas de vapor de agua desde el ambiente externo al interno
- Calor aportado en desescarches periódicos en cámaras con temperaturas de evaporación inferiores a 0 °C.

En la práctica se debe englobar todos los términos no calculados dentro del denominado coeficiente de seguridad, suele establecerse en el 10% de la suma de todas las cargas.

$$\begin{aligned} Q_9 &= 10\% \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8) \\ &= 10\% * (39600 + 105945,6 + 48717,22 + 19426,28 + 4561,44 + 1856) \\ &= 22010,65 \frac{kcal}{día} \end{aligned}$$

### **POTENCIA FRIGORIFICA NECESARIA CÁMARAS DE REFRIGERACIÓN CON ATMÓSFERA CONTROLADA:**

$$\begin{aligned} Q_e &= \frac{242823 \frac{kcal}{día}}{18 h} = \frac{kcal}{h} * 4,18 = 56388,9 \frac{kJ}{h} * \frac{1 h}{3600 s} = 15,66 kw * 2 cámaras \\ &= \mathbf{31,32 kw} \end{aligned}$$

### **COEFICIENTE DE SEGURIDAD Q9 CÁMARA DE MADURACIÓN**

En el desarrollo anterior se ha intentado evaluar los procesos más importantes que inciden sobre el balance frigorífico. Sin embargo, todavía deben considerarse otros cálculos tales como:

- Pérdidas diversas por convección/radiación
- Pérdidas de vapor de agua desde el ambiente externo al interno

- Calor aportado en desescarches periódicos en cámaras con temperaturas de evaporación inferiores a 0°C etc.

En la práctica se debe englobar todos los términos no calculados dentro del denominado coeficiente de seguridad, suele establecerse en el 10% de la suma de todas las cargas.

$$\begin{aligned}
 Q_9 &= 10\% \cdot (Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8) \\
 &= (16500 + 51181 + 29344,25 + 9702,525 + 4561,44 + 1856) \\
 &= 11.314,52 \frac{kcal}{día}
 \end{aligned}$$

### **POTENCIA FRIGORIFICA NECESARIA CÁMARAS DE MADURACIÓN:**

$$Q_{total} = \frac{124460,27 \frac{kcal}{día}}{18 h} = 6914,46 \frac{kcal}{h} * 4,18 = 28902,44 \frac{kJ}{h} * \frac{1h}{3600 s} = \mathbf{8,02 kW}$$

La ampliación del sistema frigorífico contempla la incorporación de las siguientes cámaras:

- Una cámara de refrigeración convencional que actúa también como cámara de preenfriamiento.
- Dos cámaras de refrigeración con atmósfera controlada (ULO).
- Una cámara de maduración.

A partir de los apartados anteriores, se han determinado las cargas térmicas diarias de cada una de estas cámaras, considerando todas las contribuciones: enfriamiento (cuando procede), respiración del producto, transmisión a través de cerramientos, renovaciones de aire, cargas internas (iluminación, personal, equipos) y coeficiente de seguridad.

Las cargas totales diarias obtenidas para cada cámara son:

Cámara de refrigeración convencional + preenfriamiento (225 t):

$$Q_{CONV+PRE} = 1447842 \frac{kcal}{día}$$

Cada cámara ULO nueva (225 t):

$$Q_{ULO} = 242823 \frac{kcal}{día}$$

Cámara de maduración:

$$Q_{MAD} = 124460 \frac{kcal}{día}$$

La carga térmica total asociada únicamente a la ampliación se obtiene sumando la contribución de la cámara convencional de preenfriamiento, las dos cámaras ULO nuevas y la cámara de maduración:

$$Q_{\text{ampliación día}} = Q_{\text{conv+pre}} + 2 \cdot Q_{ULO} + Q_{\text{mad}} \text{ (Ecuación 5.50)}$$

$$Q_{\text{ampliación día}} = 1447842 + 2 \cdot 242823 + 124460 \approx 2057948 \frac{kcal}{día}$$

Por tanto, la carga térmica diaria total de la ampliación es:  $Q_{\text{ampliación día}} = 205798 \frac{kcal}{día}$ .

Para el dimensionado de la potencia frigorífica se adopta un tiempo de funcionamiento efectivo de 18 h/día de la instalación, que permite disponer de un margen horario para desescarches, paradas y posibles incidencias. La potencia frigorífica media requerida viene dada por:

$$Q_{\text{ampliación}} = \frac{Q_{\text{ampliación día}} \frac{kcal}{día}}{18 \frac{h}{día}} = 114330 \frac{kcal}{h}$$

$$Q_{\text{ampliación}} = 114330 \frac{kcal}{h} * 4,18 = 477899,4 \frac{kJ}{h} * \frac{1h}{3600 s} = 132,74 kW$$

Este valor se toma como base para el dimensionado de la central frigorífica asociada a la ampliación. En la sección dedicada a la selección de equipos se aplica, además, un margen adicional de seguridad (del orden del 10–15 %) para tener en cuenta pérdidas en tuberías, rendimientos reales de los equipos y posibles picos de carga, lo que conduce a la adopción de una potencia frigorífica instalada ligeramente superior a la calculada, garantizando así un funcionamiento fiable de la instalación en las condiciones más desfavorables de la campaña.

### 5.2.3 REFRIGERANTE UTILIZADO EN LA INSTALACIÓN FRIGORÍFICA

Los refrigerantes o fluidos frigoríficos son utilizados como medio de transporte de calor desde un punto a otro; actúan absorbiendo calor y cediéndolo posteriormente (BOE, 2019).

Los refrigerantes pueden ser divididos en dos grupos: Primarios y secundarios.

Refrigerantes primarios o fluidos frigoríferos son aquellos que producen el enfriamiento por la transformación de líquido en vapor.

Refrigerantes secundarios o fluidos frigoríferos transfieren la energía térmica desde el objeto a ser enfriado al refrigerante primario.

- **Características de los refrigerantes**

Las propiedades exigibles a un fluido frigorífero dependen de las condiciones de funcionamiento y de la relación con sus propiedades físicas, termodinámicas, químicas, de seguridad y económicas. Debido a la amplia gama de condiciones de funcionamiento no existe el refrigerante que cumpla todas sus exigencias y su idoneidad dependerá del grado en que sus propiedades se adecuen a las exigencias concretas de utilización.

- **Características físicas.**

La presión de evaporación del refrigerante debe ser superior a la presión atmosférica para evitar introducción del aire y aporte de humedad.

Respecto a la presión de condensación, esta no debe ser muy elevada y permitir el empleo de elementos de menos resistencia mecánica; además no debe ser próxima a la presión crítica del refrigerante, con el fin de facilitar la condensación.

- **Relación de compresión**

Debe ser pequeña en las condiciones de funcionamiento pues la eficacia volumétrica varía inversamente con la relación de compresión.

- **Calor latente de vaporización.**

Este debe presentar un valor alto a fin de obtener una producción frigorífica específica elevada y un menor caudal masico a circular, lo que permitiría usar equipos mas pequeños y de menor potencia.

- Calor específico del refrigerante.

En el líquido el calor específico debe ser bajo, y en el vapor alto, pues esta característica aumenta el rendimiento del refrigerante.

- Características termodinámicas.

La producción frigorífica específica, la producción frigorífica volumétrica y la potencia frigorífica específica son las magnitudes que permiten comparar el comportamiento termodinámico de los refrigerantes.

Al comparar estas magnitudes, se observa que la potencia requerida por unidad de capacidad refrigerante es similar en todos los fluidos frigoríferos por lo que no son factores decisivos en su selección.

- Características químicas

El refrigerante no debe sufrir transformaciones químicas en las condiciones de utilización del sistema frigorífico, y debe ser inerte frente a aceite, materiales de instalación y presencia de agua en el circuito.

- Características de seguridad

De cada fluido frigorífero son considerados desde diferentes aspectos:

Toxicidad. Causada por presentar mayor o menor grado de toxicidad para el hombre o más ampliamente, por producir asfixia al desplazar el oxígeno.

Inflamación o explosión. Causada a partir de ciertos límites de concentración en el aire.

Fugas. Los refrigerantes muestran diferente facilidad para provocar fugas en el sistema frigorífico en operación, característica que depende además de los elementos de construcción, del aceite lubricante y del comportamiento aceite-refrigerante.

Detección de fugas. Con independencia de las pruebas de estanqueidad a que son sometidos los equipos nuevos, es necesario disponer de métodos de detección de fugas. Los detectores dependen del tipo de refrigerante y varían desde la simplicidad del agua jabonosa a detectores electrónicos automáticos.

- **Fluido refrigerante elegido.**

El refrigerante R-449A es una mezcla zeotrópica diseñada para sustituir a los refrigerantes R-404A, R-507, R-22 y las series R-407 en sistemas de refrigeración comercial de baja y media temperatura.

#### Composición y Características

Composición:

R-449A está compuesto por los siguientes componentes:

R-32: 24,3%

R-125: 24,7%

R-134a: 25,7%

R-1234yf: 25,3%

Clasificación ASHRAE: A1 (no inflamable).

Potencial de Calentamiento Global (GWP): 1,282 según el 5º informe del IPCC, lo que representa una reducción significativa en comparación con R-404A y R-507.

Potencial de Agotamiento del Ozono (ODP): 0

#### **Aplicaciones:**

R-449A se utiliza en una variedad de aplicaciones de refrigeración, incluyendo:

- Sistemas de expansión directa (DX) de baja y media temperatura.
- Refrigeración comercial, como supermercados y almacenamiento en frío.
- Unidades condensadoras y sistemas autónomos.

#### **Ventajas:**

- **Eficiencia Energética:** R-449A ofrece una eficiencia energética entre un 8% y un 12% superior en comparación con R-404A y R-507, facilitando las conversiones.
- **Compatibilidad:** Es compatible con los lubricantes de aceite polioléster (POE) utilizados comúnmente en sistemas que operan con R-404A y R-507, facilitando las conversiones.

- Seguridad: Este refrigerante está clasificado como no inflamable, lo que simplifica su manejo y aplicación en comparación con refrigerantes inflamables.

**Inconvenientes:**

- GWP Relativamente Alto: Aunque R-449A tiene un GWP de 1,282, que es significativamente menor que el de R-404A (~3,922), sigue siendo relativamente alto en comparación con alternativas más modernas, como los refrigerantes HFO de muy bajo GWP. Esto podría limitar su uso en el futuro debido a regulaciones ambientales más estrictas.

- Naturaleza Zeotrópica: Al ser una mezcla zeotrópica, el R-449A tiene un deslizamiento de temperatura de aproximadamente 4-5 °C. Esto significa que:

Durante la evaporación y condensación, las temperaturas no son constantes, lo que puede complicar los diseños de los sistemas y el proceso de carga del refrigerante.

Es crucial manejar correctamente la mezcla para evitar separaciones en la composición durante fugas o recargas.

- Eficiencia Variable en Sistemas Existentes: Aunque mejora la eficiencia en comparación con R-404A, no siempre alcanza el rendimiento de otros refrigerantes en ciertos sistemas ya optimizados para diferentes compuestos. Puede requerir ajustes en válvulas de expansión, controles y componentes para alcanzar una operación eficiente.

- Compatibilidad Limitada: Aunque compatible con aceites POE, no es compatible con sistemas que usan aceites minerales o alquilbenceno, lo que limita su uso en equipos más antiguos.

- Puede requerir modificaciones adicionales para garantizar que todos los componentes del sistema sean compatibles con R-449.

- Mayor Costo Inicial: El costo del refrigerante R-449A suele ser más alto que el de opciones tradicionales como R-404A o R-22. Esto puede ser una barrera para usuarios con presupuestos ajustados.

- Presión Operativa: Las presiones de operación del R-449A son similares, pero no idénticas a las de los refrigerantes que reemplaza (como R-404A o R-507), lo que puede requerir recalibraciones en algunos sistemas.

- Sensibilidad a Fugas: Debido a su naturaleza zeotrópica, las fugas pueden alterar la proporción de los componentes en la mezcla, lo que afecta su rendimiento y eficiencia. Una recarga inadecuada podría agravar este problema.
- Disponibilidad Regional
- En algunas regiones, el acceso al R-449A puede ser limitado o más costoso, dependiendo de la red de distribución y las políticas locales de refrigerantes.
- Para obtener información más detallada y específica, se recomienda consultar las hojas de datos de seguridad (SDS) y las directrices proporcionadas por los fabricantes.

#### 5.2.4 SELECCIÓN Y DIMENSIONADO DE EQUIPOS FRIGORÍFICOS

En este apartado se va a realizar la selección de equipos de las diferentes instalaciones se han de tener en cuenta algunas consideraciones con relación a los parámetros que se han de conocer previamente:

**Temperatura ambiente:** Para realizar el cálculo de los equipos se ha de tomar como temperatura ambiente la más desfavorable, es decir, la máxima temperatura que se puede dar en el lugar donde se ubica nuestra instalación. Esto nos asegura un correcto funcionamiento de la instalación en cualquier situación ambiental. Como se indicó al principio de este trabajo esa temperatura será de 40,5°C.

**Temperatura de condensación:** La temperatura de condensación, es la temperatura a la cual un fluido cambia de fase gaseosa a líquida. Para establecer este valor, se ha de tener en cuenta el salto térmico o dT, que no es más que la diferencia de temperatura entre el ambiente y la temperatura de condensación. Cuanto más bajo sea este valor mayor superficie debería tener el equipo, pero es cierto que, reduciéndolo en gran medida, haría que la instalación fuese mucho más eficiente, ya que reduciríamos la relación de  $\phi$ ompresión de los compresores y por tanto sus dimensiones, pero por el contrario el equipo tendría unas dimensiones muy grandes, apareciendo inconvenientes como son el espacio que ocupa o el precio de adquisición del mismo.

**Temperatura de evaporación:** La temperatura de evaporación, es la temperatura a la cual un fluido cambia de estado líquido a gaseoso. Al igual que la temperatura de condensación, para establecer este valor se ha de tener en cuenta el salto térmico (dT), que en este caso representa la diferencia de temperatura entre la

temperatura interna de una zona refrigerada y la temperatura de evaporación. Este valor de  $dT$  será de unos 7 u 8 °C; término medio entre eficiencia e inversión inicial.

### **Funcionamiento de una cámara frigorífica**

Una cámara frigorífica está compuesta de diferentes partes, las cuales funcionan en conjunto para conseguir que esta funcione. A continuación, te contamos cuáles son cada una de las partes que conforman la cámara frigorífica.

El funcionamiento de una cámara frigorífica consiste en un ciclo que se va repitiendo hasta llegar a la temperatura deseada según los productos que se almacenen en el interior. Entre los componentes responsables de ejecutar este ciclo definimos los siguientes:

**El compresor:** tiene como función aspirar el fluido refrigerante y posteriormente lo comprime a una presión superior hasta que está listo para dirigirse al condensador.

**El condensador:** este refrigerante, al ingresar en el condensador, cede calor debido al cambio de estado que experimenta, pasando de gas a líquido.

**La válvula de expansión:** el fluido refrigerante, al convertirse en estado líquido, ingresa en la válvula de expansión. Hay que destacar que en el tramo desde el condensador a la válvula de expansión, hay parte del calor que se termina de disipar en la tubería. Una vez el líquido refrigerante experimenta la caída de presión de la válvula, éste pasa al evaporador.

**El evaporador:** Este elemento, ubicado en el interior de la cámara frigorífica, es el encargado de evaporar el refrigerante a presión constante, absorbiendo calor de la cámara y por lo tanto, enfriando el volumen de aire contenido en el interior de ella. El refrigerante, ya completamente convertido en estado gas vuelve al compresor.

**Termostato:** El termostato se encarga de mantener la temperatura dentro de la cámara frigorífica constante. Cuando la temperatura sube, el termostato enciende el compresor para enfriar la cámara. Al momento que la temperatura baja, este apaga el compresor para mantener la temperatura y evitar congelamiento de las partes del sistema.

**Aislamiento:** El aislamiento es importante para evitar la fuga de aire frío y mantener la temperatura constante dentro de la cámara frigorífica.

El compresor es el equivalente al motor del ciclo, encargándose de generar las diferencias de presión que componen el proceso.

Gracias al evaporador, la cámara frigorífica extrae el calor de su interior. Esto supone que los productos que se encuentran dentro no sufren cambios de temperatura que puedan ser perjudiciales para su conservación.

El calor extraído de la cámara es disipado en el aire exterior mediante el condensador.

La válvula de expansión es el lugar donde el refrigerante en estado líquido se expande y pierde presión, para posteriormente cambiar de estado y robar calor del interior de la cámara frigorífica industrial.

La instalación frigorífica propuesta sitúa los compresores en una sala técnica ubicada en la planta superior del edificio, lo que permite un acceso sencillo para mantenimiento y reduce el impacto de vibraciones en las zonas de trabajo. Los condensadores se colocarán en la cubierta del edificio, facilitando la disipación de calor al ambiente exterior. Esta configuración es habitual en instalaciones industriales de refrigeración.

La disposición vertical de los elementos (compresores y condensadores) requiere considerar las pérdidas de carga adicionales en las tuberías verticales, tanto en la línea de descarga como en la línea de líquido. Por ello, se incluye un margen de seguridad adicional en la selección de los compresores para garantizar un funcionamiento eficiente incluso en condiciones de máxima carga térmica.

Además, se prevé que la temperatura de condensación real pueda ser ligeramente superior a la teórica debido a la exposición directa al sol, especialmente durante las horas pico de temperatura ambiental. Todas estas variables se han tenido en cuenta en el dimensionamiento de los equipos seleccionados.

En el diseño de la instalación frigorífica también se ha previsto la instalación de un evaporador individual en cada cámara frigorífica, tanto en las de atmósfera controlada como en las de refrigeración convencional. Este planteamiento permite un control preciso de la temperatura y la humedad en cada cámara, optimizando las condiciones de conservación de la fruta.

La disposición de los evaporadores se ha diseñado para proporcionar una distribución homogénea del aire dentro de cada cámara, evitando zonas de baja circulación. Cada evaporador contará con un sistema de control de temperatura y de

desescarche independiente, lo que facilita las operaciones de mantenimiento y garantiza un rendimiento óptimo sin interrupciones en el resto de la instalación.

- **Selección de compresores**

- Alcance y tipos de cámaras**

El dimensionamiento de los equipos frigoríficos se ha realizado a partir de las potencias calculadas en el balance térmico, considerando las condiciones de diseño más desfavorables y el uso del refrigerante R-449A, mezcla zeotrópica clasificada por ASHRAE como A1 (no inflamable y de baja toxicidad), con ODP = 0 y GWP = 1282.

Este fluido frigorígeno constituye una alternativa de bajo impacto ambiental frente a los tradicionales R-404A o R-507, manteniendo un excelente rendimiento termodinámico.

Para determinar el funcionamiento del equipo frigorífico hay que tener en cuenta las condiciones de generales de la instalación, en lo referente a la temperaturas y presiones de condensación y de evaporación. Con esto y el diagrama entálpico del líquido refrigerante R449A, definiremos el ciclo frigorífico ideal. La temperatura de condensación, para que la transferencia de calor sea rápida se puede considerar entre 10 y 20 °C más elevada que la temperatura de entrada. (Melgarejo, 2000)

Con el cálculo realizado anteriormente con la temperatura de diseño de Alfaro es de 35°C por lo que suponemos una temperatura de condensación de 47°C. La temperatura de evaporación se obtiene como la diferencia entre la temperatura de trabajo de las cámaras, 0°C y el valor de salto térmico en el evaporador, que tomaremos como 8°C.  $T^{\circ} \text{ evaporador} = -8^{\circ}\text{C}$ .

**Tabla 25** Temperaturas del evaporador y del condensador.

<b>T<sup>a</sup> evaporador</b>	<b>T<sup>a</sup> condensador</b>
T <sup>a</sup> interior-8°C	T <sup>a</sup> diseño+12°C=47°C

**Las condiciones térmicas de cálculo adoptadas han sido:**

Temperatura exterior de diseño (Alfaro, La Rioja): 35 °C

Temperatura de condensación: 47 °C

Salto térmico en evaporador: 8 °C

Temperatura de evaporación: - 8 °C

### **Cámara de preenfriamiento / refrigeración convencional**

La cámara de preenfriamiento se utiliza para recibir la fruta recién cosechada, reduciendo rápidamente su temperatura desde aproximadamente 30 °C hasta 0 °C. Además, funciona como cámara de conservación corta, antes de que la fruta se destine a maduración o a almacenamiento en atmósfera controlada (BITZER, 2025).

- Temperatura interior: 0 / -1 °C
- Temperatura de evaporación: -8 °C
- Temperatura de condensación: 47 °C
- Potencia frigorífica requerida: 70,2 kW

Para estas condiciones, se seleccionan dos compresores BITZER modelo 4GE-23Y-40P de la serie ECOLINE, optimizados para baja temperatura y compatibles con R-449a (Figura 35).

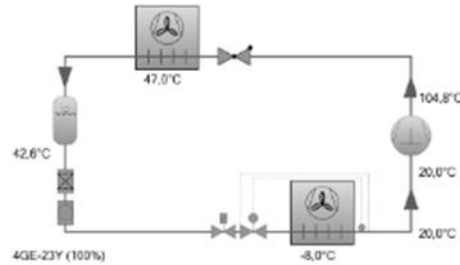
Cada compresor proporciona una potencia frigorífica nominal de 45,4 kW, resultando una potencia total instalada de 90,8 kW.

Este valor supone un margen del 29 % sobre la potencia requerida, suficiente para absorber picos de carga en los momentos de máxima entrada de fruta y posibles pérdidas de rendimiento por condiciones ambientales extremas.

### Selection: Semi-hermetic Reciprocating Compressors

#### Input Values

Compressor model	4GE-23Y
Mode	Refrigeration and air conditioning
Refrigerant	R449A
Reference temperature	Dew point temp.
Evaporating SST	-8,00 °C
Condensing SDT	47,0 °C
Liq. subc. (in condenser)	0 K
Suction gas temperature	20,00 °C
Operating mode	Auto
Power supply	400V-3-50Hz
Capacity control	100%
Useful superheat	100%

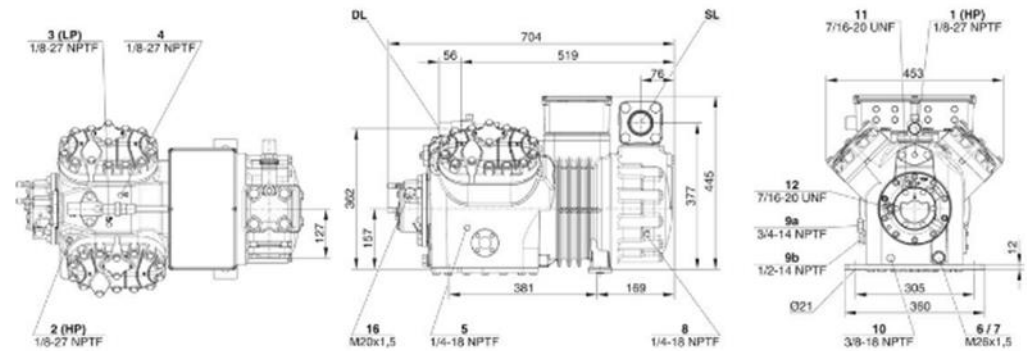


#### Result

Compressor	4GE-23Y-40P
Capacity steps	100%
Cooling capacity	45,4 kW
Cooling capacity *	45,4 kW
Evaporator capacity	45,4 kW
Power input	18,86 kW
Current (400V)	31,6 A
Voltage range	380-420V
Condenser capacity	64,2 kW
COP/EER	2,40
COP/EER *	2,40
Mass flow	1058 kg/h
Operating mode	Standard
Discharge gas temp. w/o cooling	104,8 °C

### Technical Data: 4GE-23Y

#### Dimensions and Connections



**Figura 35.** Selección de compresores BITZER 4GE-23Y-40P para la cámara de preenfriamiento y refrigeración convencional

### **Cámaras de atmósfera controlada (ULO)**

Las cámaras de atmósfera controlada permiten conservar la pera Conferencia durante varios meses reduciendo la concentración de oxígeno y aumentando la de dióxido de carbono, lo que retrasa la maduración y mantiene la calidad del fruto (BITZER, 2025) (Figura 36 y 37).

Estas cámaras operan en condiciones de baja temperatura ( $-1...0$  °C) y alta hermeticidad.

Temperatura interior:  $-1 / 0$  °C

Temperatura de evaporación:  $-8$  °C

Temperatura de condensación:  $47$  °C

Potencia frigorífica requerida por cámara:  $11,8$  kW

Para las condiciones anteriores y utilizando refrigerante R-449A, se selecciona el compresor BITZER modelo 4CES-6Y-40S, semihermético de pistones, de la serie ECOLINE, diseñado para baja temperatura.

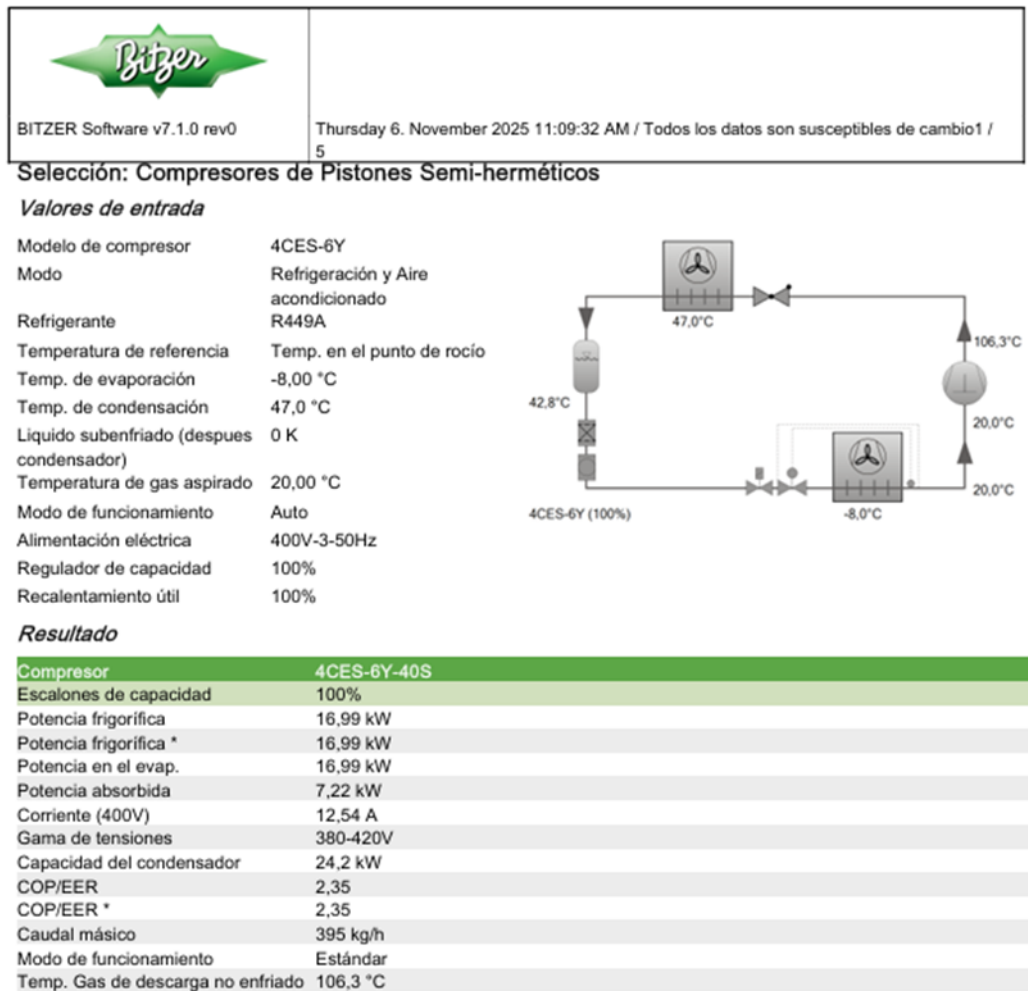
Los datos mostrados en la Tabla 26 obtenidos mediante el software de cálculo del fabricante son :

**Tabla 26** Parámetros y valores de compresores BITZER 4CES-6Y-40S

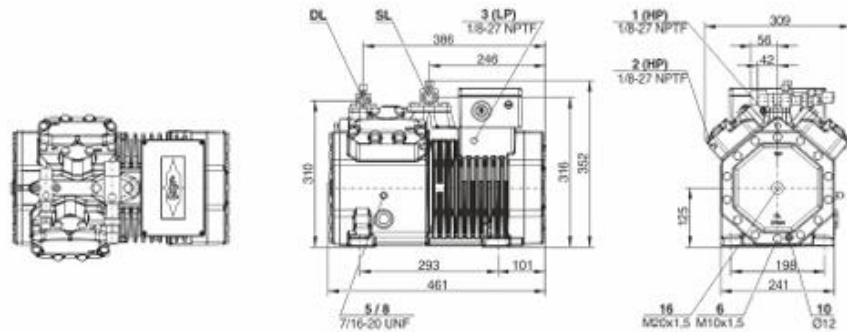
Parámetro	Valor
Potencia frigorífica	16,99 kW
Potencia absorbida	7,22 kW
Corriente nominal (400 V)	12,54 A
COP/EER	2,35
Condensador asociado	24,2 kW
Temperatura gas descarga	106,3 °C

Comparando con la carga de diseño, la potencia instalada supera la requerida en aproximadamente 44 %, garantizando una reserva térmica suficiente para condiciones de operación prolongadas y picos de carga.

Cada cámara ULO se equipa con un compresor BITZER 4CES-6Y-40S, trabajando con refrigerante R-449A y control individual de temperatura y atmósfera.



**Figura 36.** Selección de compresor BITZER 4CES-6Y-40S para cámaras de atmósfera controlada (ULO).

**Datos técnicos: 4CES-6Y****Dimensiones y conexiones**

**Figura 37.** Selección de compresor BITZER 4CES-6Y-40S para cámaras de atmósfera controlada (ULO).

**Cámara de maduración**

La cámara de maduración se destina a la fase final del proceso, donde la fruta se somete a condiciones controladas de temperatura, humedad y ventilación hasta alcanzar las características organolépticas óptimas para su comercialización (BITZER, 2025).

Temperatura interior:  $\approx 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Temperatura de evaporación:  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$

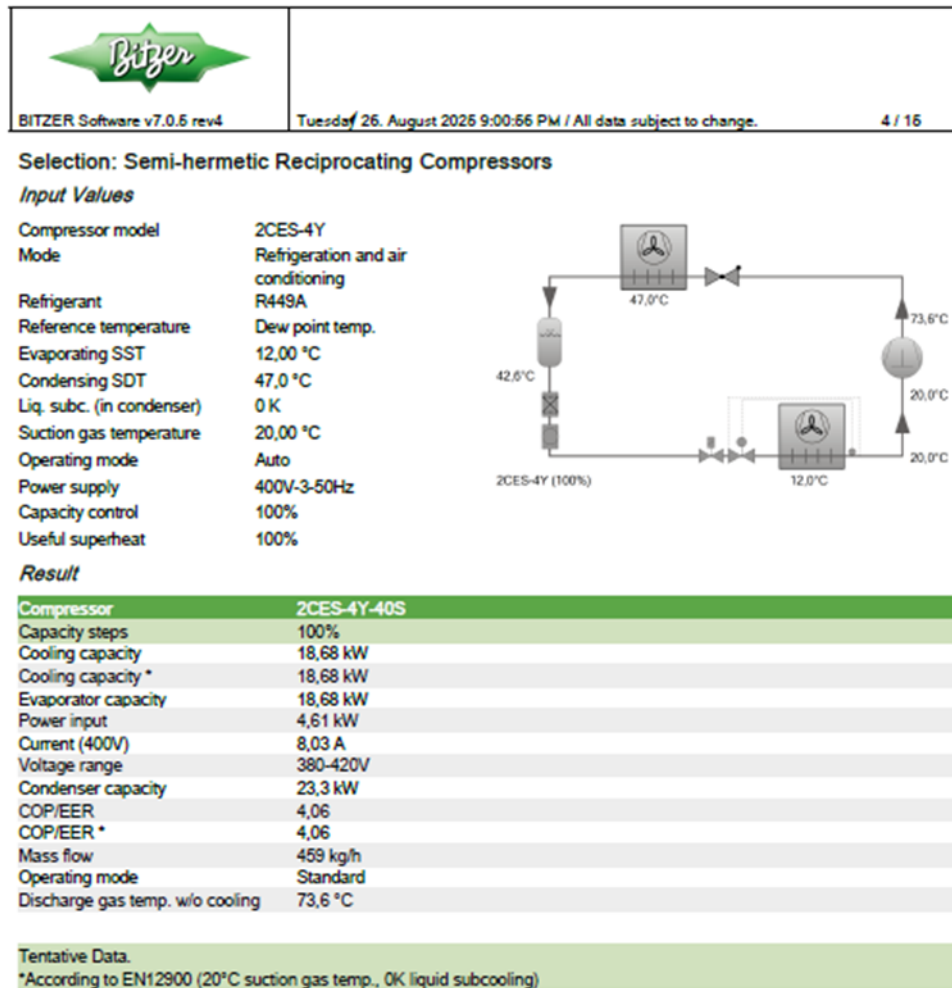
Temperatura de condensación:  $47\text{ }^{\circ}\text{C}$

Potencia frigorífica requerida: 6,0 kW

Para este régimen de temperatura positiva, se selecciona un compresor BITZER modelo 2CES-4Y-40S, también de la serie ECOLINE, optimizado para aplicaciones de media temperatura y climatización.

Este modelo proporciona una potencia frigorífica de 18,68 kW, muy superior a la carga térmica necesaria, garantizando una operación eficiente mediante control

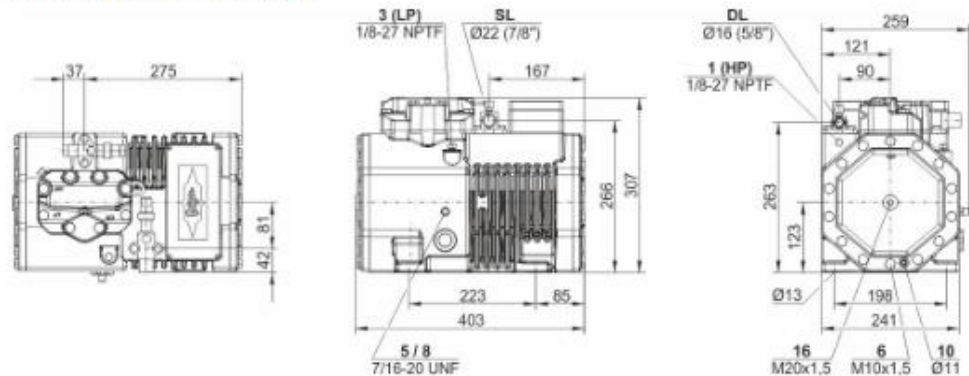
modulante o ciclos intermitentes de trabajo. (Figura 38 Y 39). Selección del compresor BITZER 2CES-4Y-40S para la cámara de maduración.



**Figura 38.** Selección de compresor para las cámaras de refrigeración con atmósfera controlada.

## Technical Data: 2CES-4Y

### Dimensions and Connections



**Figura 39.** Dimensiones del Compresor de la Cámara de Maduración.

### Condensador.

Para la disipación del calor de la instalación se ha seleccionado un condensador aire-refrigerado modelo GCHV RD 090.2MF/14A-67-0RVR.293M, diseñado para trabajar con refrigerante R449A (Güntner, 2025). Las condiciones de cálculo del fabricante coinciden con las condiciones de diseño de la instalación:

- Refrigerante: R-449A
- Temperatura de aire de entrada: 35 °C
- Temperatura de condensación (punto de rocío):  $\approx 47$  °C
- Capacidad térmica nominal del condensador: 230 kW
- Potencia eléctrica total absorbida por los ventiladores: 15,92 kW
- Caudal de aire: 90 408 m<sup>3</sup>/h, mediante 4 ventiladores axiales.

### Potencia que debe disipar el condensador

La potencia que debe evacuar el condensador es la suma de la potencia frigorífica útil de los compresores y su potencia eléctrica absorbida:

- Potencias frigoríficas instaladas
  - 2 × 4GE-23Y-40P (preenfriamiento):  $\approx 90,8$  kW
  - 2 × 4CES-6Y-40S (ULO 1 y ULO 2):  $\approx 2 \times 16,99 = 33,98$  kW

- 1 × 2CES-4Y-40S (maduración): ≈ 18,68 kW
- Total frío útil:

$$Q_e \approx 90,8 + 33,98 + 18,68 \approx 143,5 \text{ kW}$$

- **Potencias eléctricas aproximadas de los compresores**

- 2 × 4GE-23Y-40P: ≈ 2 × 18,6 = 37,2 kW
- 2 × 4CES-6Y-40S: ≈ 2 × 7,22 = 14,44 kW
- 1 × 2CES-4Y-40S: ≈ 4,61 kW
- Total potencia absorbida:

$$P_{\text{absorbida}} \approx 37,2 + 14,44 + 4,61 \approx 56,3 \text{ kW}$$

La potencia total que debe disipar el condensador es entonces:

$$Q_{\text{rej}} = Q_e + P_{\text{el}} \approx 143,5 + 56,3 \approx 200 \text{ kW}$$

### **Comprobación de la capacidad del condensador**

El condensador seleccionado tiene una capacidad nominal de 230 kW para R-449A a 35 °C de aire de entrada y 48 °C de condensación. Comparando:

Es decir, el equipo dispone de un **margen de aproximadamente el 15 %** sobre la potencia que realmente debe evacuar, lo cual se considera adecuado para compensar:

- posibles ensuciamientos del intercambiador,
- pequeñas variaciones de la temperatura exterior,
- y pérdidas adicionales en las tuberías de descarga.

### **Conclusión**

Un único condensador GCHV RD 090.2MF/14A-67-0RVR.293M, (Figura 40 y 41) instalado en la cubierta del edificio, es suficiente para condensar el refrigerante procedente de todos los compresores de la ampliación (preenfriamiento, cámaras ULO y cámara de maduración).

Al trabajar todos los circuitos con el mismo refrigerante (R-449A) y con una temperatura de condensación de diseño de alrededor de 47–48 °C, el uso de un condensador común simplifica la instalación, reduce el número de equipos en cubierta y facilita las tareas de mantenimiento, manteniendo al mismo tiempo un margen de seguridad adecuado en capacidad de disipación.

## Condensador

GCHV RD 090.2MF/14A-67-ORVR.293M

Capacidad:	<b>230,00 kW</b> <sup>(1)</sup>	Refrigerante:	<b>R449A</b> <sup>(2)</sup>
Caudal de aire:	<b>90 408,00 m<sup>3</sup>/h</b>	Temp. del gas caliente:	<b>77.0 °C</b>
Entrada del aire:	<b>35,00 °C</b> <b>40 %</b>	Temperatura de condensación (punto de rocío):	<b>48.1 °C</b>
Altitud:	<b>0,00 m</b>	Salida de condensación:	<b>42.3 °C</b>
Velocidad del aire:	<b>4,00 m/s</b>	Caudal de gas caliente:	<b>50.01 m<sup>3</sup>/h</b>
Coef. transf. de calor:	<b>38.78 W/(m<sup>2</sup>·K)</b>	Caudal de masa:	<b>4451 kg/h</b>
		Pérdida de presión:	<b>0.24 bar / 0.48 K</b>
Ventiladores (AC):	<b>4 Unidad(es) 3~400V 50HzΔ/(Y)</b>	Nivel de presión sonora:	<b>66,50 dB(A) in 10,00 m</b> <sup>(4)(5)</sup>
Datos por motor (datos nominales):		Nivel de potencia acústica:	<b>99,00 dB(A)</b>
Revoluciones:	<b>890 min<sup>-1</sup> / (700 min<sup>-1</sup>)</b>	ErP:	<b>Conforme</b> <sup>(6)</sup>
Capacidad (mec./el.):	<b>2.79 kW/3.60 kW</b>		
Corriente:	<b>7,20 A</b> <sup>(3)</sup>		
Potencia total absorbida:	<b>15,92 kW</b>	clase de eficiencia energética:	<b>E</b>
Su elección de reducir los costos operativos y las emisiones		Impact Rating:	<b>0</b> ☹️☹️☹️☹️
Carcasa:	<b>Acero galvanizado, Pintada en polvo RAL 7035</b>	Tubos intercambiador:	<b>Cobre</b> <sup>(7)</sup>
Superf. de intercambio:	<b>605,80 m<sup>2</sup></b>	Aletas:	<b>Aluminio</b>
Volumen de tubos:	<b>86.3 l</b>	Conexiones por cada aparato:	
Paso de aleta:	<b>3,00 mm</b>	Entrada:	<b>42 * 1.80 mm</b>
Número de pasos:	<b>4</b>	Conexión de salida:	<b>54 * 2.40 mm</b>
Peso vacío:	<b>822 kg</b> <sup>(8)</sup>	Distribuciones:	<b>33</b>
presión de servicio máxima:	<b>32,00 bar</b>	Clasificación PED:	<b>Categoría I, module A</b> <sup>(8)</sup>
Dimensiones: <sup>(9)</sup>			
Longitud del aparato:		<b>5840 mm</b>	
Ancho del aparato:		<b>1141 mm</b>	
Altura del aparato:		<b>1459 mm</b>	
Número de patas:		<b>4</b>	

**Figura 40.** Selección de condensador para las cámaras de refrigeración convencional y cámaras de refrigeración convencional con atmósfera controlada y para la cámara de maduración.



L = 5840 mm  
 W = 1141 mm  
 H = 1459 mm  
 H1 = 600 mm  
 L1 = 5500 mm  
 L2 = 197 mm  
 L3 = 52 mm  
 P = 150 mm  
 W1 = 1037 mm  
 W2 = 52 mm  
 D = 17 mm

**Figura 41.** Dimensiones del condensador para las cámaras de refrigeración convencional y cámaras de refrigeración convencional con atmósfera controlada y para la cámara de maduración.

## **Evaporador**

Para la ampliación se han seleccionado evaporadores de la gama GACC RX del fabricante Güntner, compatibles con el refrigerante R-449A y calculados a las mismas condiciones de diseño que los compresores (Güntner, 2025):

- Temperatura de evaporación: según cada cámara ( $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$  o  $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).
- Temperatura de condensación:  $47\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Sobrecalentamiento: 5 K.

Se han considerado dos modelos básicos:

### **Evaporador GACC RX 050.1/41N/HNA7E.UNNN**

- Refrigerante: R-449A
- Temperatura de evaporación:  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Temperatura de condensación:  $47\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Capacidad frigorífica nominal: 47,00 kW
- Potencia absorbida por ventiladores: 1,92 kW
- Caudal de aire: 26.318 m<sup>3</sup>/h

### **Evaporador GACC RX 040.1/31N/HJA7A.UNNN**

- Refrigerante: R-449A
- Temperatura de evaporación: 12 °C
- Temperatura de condensación: 47 °C
- Capacidad frigorífica nominal: 17,00 kW
- Potencia absorbida por ventiladores: 0,51 kW
- Caudal de aire: 8.684 m³/h

El primer modelo está claramente orientado a baja temperatura (Tevap –8 °C), mientras que el segundo está diseñado para temperatura positiva (Tevap 12 °C), por lo que su asignación a las cámaras es natural.

#### **a) Cámara de preenfriamiento / refrigeración convencional**

- Carga térmica requerida: ≈ 70,2 kW
- Compresores instalados: 2 × BITZER 4GE-23Y-40P, potencia total 90,8 kW
- Temperatura de evaporación de diseño: –8 °C

Para esta cámara se seleccionan dos evaporadores GACC RX 050.1/41N/HNA7E.UNNN (Figura 44 y 45) trabajando en paralelo, cada uno con una capacidad de 47 kW a –8 °C / 47 °C. La potencia total disponible en evaporadores es:

$$Q_{ev, pre} = 2 \times 47 = 94 \text{ kW}$$

Este valor es ligeramente superior a la potencia frigorífica de los compresores (90,8 kW) y muy superior a la carga térmica calculada (70,2 kW), proporcionando un margen de diseño ≈ 34 % respecto a la carga. Ello garantiza:

- Una buena circulación de aire y homogeneidad de temperatura.
- Tiempos de enfriamiento reducidos en la fase de preenfriamiento.
- Un funcionamiento desahogado del evaporador, con menor diferencia de temperatura aire-refrigerante y, por tanto, mejor COP global de la instalación.

### **b) Cámaras de atmósfera controlada (ULO)**

- Carga térmica requerida por cámara:  $\approx 11,8$  kW
- Compresor por cámara: BITZER 4CES-6Y-40S, con 16,99 kW de capacidad frigorífica a  $-8$  °C / 47 °C
- Temperatura de evaporación de diseño:  $-8$  °C

Dado que las cámaras ULO también trabajan a baja temperatura, se recurre al mismo modelo de evaporador que en preenfriamiento, pero con una sola unidad por cámara:

1 × evaporador GACC RX 050.1/41N/HNA7E.UNNN por cámara ULO (Figura 44 y 45)

La capacidad nominal del evaporador (47 kW) es muy superior a la potencia del compresor (16,99 kW), por lo que la capacidad efectiva de la cámara queda limitada por el compresor, no por el evaporador. Esta sobredimensión del intercambiador presenta varias ventajas:

- Menor salto térmico aire-refrigerante, lo que mejora el rendimiento del ciclo.
- Tiempos de recuperación más rápidos tras aperturas de puerta.
- Menor riesgo de formación excesiva de hielo en la batería, favoreciendo los desescarches.

La regulación de potencia se realiza mediante el compresor y el control de ventiladores EC del evaporador, de modo que la capacidad frigorífica aportada se adapta a la carga real de la cámara.

### **Cámara de maduración**

- Carga térmica requerida:  $\approx 6,0$  kW
- Compresor instalado: BITZER 2CES-4Y-40S, con 18,68 kW de capacidad a  $T_{\text{evap}} 12$  °C /  $T_{\text{cond}} 47$  °C
- Temperatura de evaporación de diseño: 12 °C
- Temperatura interior:  $\approx 20$  °C

Al tratarse de una cámara de temperatura positiva, se utiliza el evaporador diseñado para este rango:

- 1 × evaporador GACC RX 040.1/31N/HJA7A.UNNN (Figura 42 y 43).

Este equipo tiene una capacidad nominal de 17 kW para R-449A a 12 °C de evaporación y 47 °C de condensación, que se ajusta bien a la potencia del compresor (18,68 kW) y resulta muy superior a la carga térmica calculada (6 kW). El sobredimensionamiento en esta cámara permite:

Operar con tiempos de marcha reducidos, Mantener una gran uniformidad de temperatura en todo el volumen, y contar con un margen suficiente ante posibles incrementos temporales de carga.

## Evaporador

### GACC RX 040.1/31N/HJA7A.UNNN



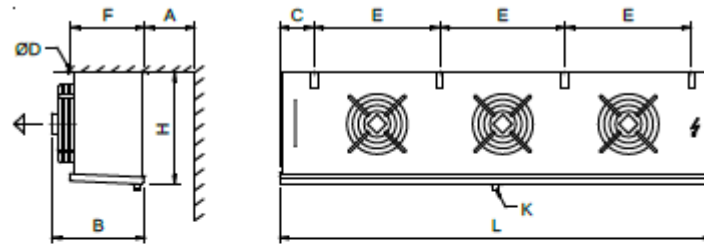
Capacidad:	17,00 kW <sup>(1)(2)</sup>	Refrigerante:	R449A <sup>(3)</sup>
Superficie de reserva:	49,00 %	Temperatura de evaporación (punto de rocío):	12,00 °C
Caudal de aire:	8 684,00 m <sup>3</sup> /h	Sobrecalentamiento:	5,00 K
Velocidad del aire:	2,40 m/s	Temperatura de condensación (punto de rocío):	47,0 °C
Entrada del aire:	20,00 °C	Temp. de subenfriam.:	41,50 °C
Salida del aire:	15,80 °C		
Presión atmosf.:	1 013,00 mbar		
Ventiladores (EC):	3 Unidad(es) 1~230V 50-60Hz	Nivel de presión sonora:	48,05 dB(A) in 3,00 m <sup>(5)(6)</sup>
Datos por motor (datos nominales):		Nivel de potencia acústica:	70,00 dB(A)
Revoluciones:	1200 min <sup>-1</sup>	Tiro de aire:	aprox. 13 m <sup>(7)</sup>
Capacidad (mec./el.):	0.12 kW/0.17 kW	Hielo:	0,00 mm
Corriente:	1,30 A <sup>(4)</sup>		
ErP:	Conforme <sup>(8)</sup>		
Potencia total absorbida:	0,51 kW	clase de eficiencia energética:	B 
Su elección de reducir los costos operativos y las emisiones		Impact Rating:	1.2 
Carcasa:	AlMg, Pintada en polvo RAL 9003	Tubos intercambiador:	Cobre <sup>(9)</sup>
Superf. de intercambio:	58,70 m <sup>2</sup>	Aletas:	Aluminio
Volumen de tubos:	19.2 l	Pérdida pres. en distrib.:	0,40 bar
Paso de aleta:	7,00 mm	Colector de aspiración:	35 * 1.50 mm
Peso vacío:	78 kg <sup>(11)</sup>	Entrada:	22 * 1.35 mm
presión de servicio máxima:	32,00 bar	Clasificación PED:	Categoría I, module A <sup>(10)</sup>
Distribuciones:	10	Número de pasos:	8
Circuitos:	1N	Conexiones en dir. de aire:	a la derecha
Dimensiones: <sup>(11)</sup>			
Longitud del aparato:		2366 mm	
Ancho del aparato:		560 mm	
Altura del aparato:		565 mm	
Número de soportes:		8	

Figura 42. Selección de evaporadores para las Cámaras de Maduración.




- L = 2366 mm
- B = 560 mm
- H = 565 mm
- E = 680 mm
- F = 406 mm
- C = 177 mm
- A = 400 mm
- D = 11 mm
- K = G1¼"

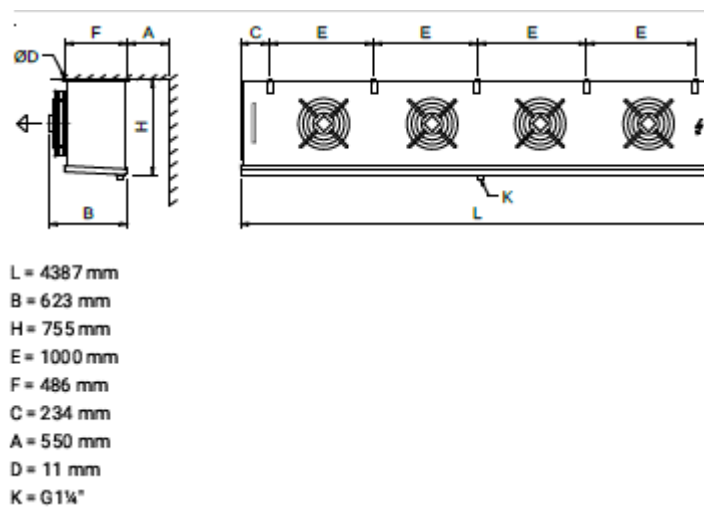
**Figura 43.** Dimensiones de evaporadores para la Cámara de Maduración.

## Evaporador

GACC RX 050.1/41N/HNA7E.UNNN

Capacidad:	47,00 kW <sup>(1)(2)</sup>	Refrigerante:	R449A <sup>(3)</sup>
Superficie de reserva:	30,90 %	Temperatura de evaporación (punto de rocío):	-8,00 °C
Caudal de aire:	26 318,00 m <sup>3</sup> /h	Sobrecalentamiento:	5,00 K
Velocidad del aire:	2,60 m/s	Temperatura de condensación (punto de rocío):	47,0 °C
Entrada del aire:	0,00 °C	Temp. de subenfriam.:	41,50 °C
Salida del aire:	-4,20 °C		
Presión atmosf.:	1 013,00 mbar		
Ventiladores (EC):	4 Unidad(es) 1~230V 50-60Hz	Nivel de presión sonora:	59,19 dB(A) in 3,00 m <sup>(5)(6)</sup>
Datos por motor (datos nominales):		Nivel de potencia acústica:	82,00 dB(A)
Revoluciones:	1260 min <sup>-1</sup>	Tiro de aire:	aprox. 23 m <sup>(7)</sup>
Capacidad (el.):	0.50 kW	Hielo:	0,00 mm
Corriente:	2,20 A <sup>(4)</sup>		
ErP:	Conforme <sup>(8)</sup>		
Potencia total absorbida:	1,92 kW	clase de eficiencia energética:	C
Su elección de reducir los costos operativos y las emisiones		Impact Rating:	0 
Carcasa:	AlMg, Pintada en polvo RAL 9003	Tubos intercambiador:	Cobre <sup>(9)</sup>
Superf. de intercambio:	161,20 m <sup>2</sup>	Aletas:	Aluminio
Volumen de tubos:	52.4 l	Pérdida pres. en distrib.:	1,30 bar
Paso de aleta:	7,00 mm	Colector de aspiración:	54 * 2.40 mm
Peso vacío:	225 kg <sup>(11)</sup>	Entrada:	28 * 1.50 mm
presión de servicio máxima:	32,00 bar	Clasificación PED:	Categoría I, module A <sup>(10)</sup>
Distribuciones:	28	Número de pasos:	4
Circuitos:	1N	Conexiones en dir. de aire:	a la derecha
Dimensiones: <sup>(11)</sup>			
Longitud del aparato:		4387 mm	
Ancho del aparato:		623 mm	
Altura del aparato:		755 mm	
Número de soportes:		10	

**Figura 44.** Selección de evaporadores para las Cámaras de refrigeración convencional y cámaras de refrigeración convencional con atmósfera controlada



**Figura 45.** Dimensiones de los evaporadores de las cámaras de refrigeración convencional y cámaras de refrigeración convencional con atmósfera controlada.

En la Tabla 27 se muestran los evaporadores seleccionados para cada tipo de cámara de conservación.

**Tabla 27** Tipo de cámaras y evaporadores seleccionados

Tipo de cámara	Tevap (°C)	Tcond (°C)	Potencia requerida (kW)	Evaporador seleccionado	Potencia nominal evaporador (kW)
Preenfriamiento / Refrigeración convencional	-8	47	≈ 70,2	2×GACCRX 050.1/41N/HNA7E.UNNN	2 × 47 = 94
Cámara ULO 1	-8	47	≈ 11,8	1×GACCRX 050.1/41N/HNA7E.UNNN	47
Cámara ULO 2	-8	47	≈ 11,8	1×GACCRX 050.1/41N/HNA7E.UNNN	47
Cámara de maduración	12	47	≈ 6,0	1×GACCRX 040.1/31N/HJA7A.UNNN	17

### **INSTALACIÓN DE ATMÓSFERA CONTROLADA**

Se dota a las dos cámaras de conservación a 0 °C de atmósfera controlada (AC/ULO) para ralentizar la respiración de la pera Conferencia y prolongar la vida útil. Set-points de régimen (ajustables con el programador de control):

- Temperatura: 0–1 °C
- Humedad relativa: 90–95 %
- Oxígeno (O<sub>2</sub>): 1–1,5 %
- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>): 1–2 %
  - o Se inertiza antes de campaña.

### **Datos de partida (volúmenes)**

- N.º de cámaras AC: 2
- Volumen de cada cámara: 955 m<sup>3</sup>
- Volumen total a inertizar: 1910 m<sup>3</sup>

### **Generación de nitrógeno (reducción de O<sub>2</sub>)**

#### **Generador de Nitrógeno (PSA)**

Para la inertización y mantenimiento de la concentración de oxígeno en las dos nuevas cámaras ULO, se selecciona el modelo Besseling UP1-65 (GROUP, 2025) (Figura 47,48), de la gama de generadores de nitrógeno por adsorción a presión (PSA).

Este modelo ofrece un caudal nominal de 65 Nm<sup>3</sup>/h de N<sub>2</sub> con una pureza del 99 %, suficiente para alcanzar y mantener el nivel de oxígeno requerido (1–1,5 %) en ambas cámaras durante la fase de campaña.

Las características técnicas principales (según catálogo del fabricante) son Tabla 28:

**Tabla 28** Parámetros y valores del generador de PSA seleccionados

Parámetros	Valores
Modelo	UP1-65
Caudal nominal de N <sub>2</sub> (99 %)	65 Nm <sup>3</sup> /h
Caudal nominal de N <sub>2</sub> (99,5 %)	52 Nm <sup>3</sup> /h
Potencia del compresor	15 kW
Nivel sonoro	79 dB(A)
Alimentación	400 V – 3 ~ – 50 Hz
Peso	1.700 kg
Dimensiones (L × A × H)	1850 × 1950 × 2310 mm

**El volumen total a inertizar** para las dos cámaras ULO es de 1.910 m<sup>3</sup>. Aplicando un factor de seguridad de 1,3 para compensar fugas y recirculaciones:

$$VN_2necesario = Vtotal \times K$$

$$VN_2necesario = 1910 \times 1,3 \approx 2483 \text{ m}^3$$

**Tiempo de inertización con UP1-65:** El tiempo estimado para inertizar las tres cámaras frigoríficas es:

$$t = \frac{VN_2necesario}{QN_2} = \frac{2843}{65} = 38,2 \text{ h } 3,8 \text{ jornadas de } 10 \text{ h}$$

Por tanto, el modelo UP1-65 garantiza alcanzar la consigna de O<sub>2</sub> (≈ 1 %) en 4 días de funcionamiento antes de campaña, disponiendo de margen suficiente para el mantenimiento de fugas y pequeñas aperturas de puertas.

### **Adsorbedor de CO<sub>2</sub>.**

La fruta y las hortalizas ‘respiran’, un proceso natural donde el oxígeno se transforma en CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono). Un nivel alto de CO<sub>2</sub> en una cámara frigorífica puede provocar graves daños, por lo tanto, debe ser eliminado.

Un adsorbedor CO<sub>2</sub> elimina el dióxido de carbono de las cámaras frigoríficas y elimina además una parte del etileno presente. El adsorbedor de CO<sub>2</sub> contiene carbón activo, que tienen la propiedad de adsorber las moléculas de CO<sub>2</sub>. Transportando el aire de la cámara a través del carbón activo y devolverlo a la cámara se elimina de forma eficaz el CO<sub>2</sub>.

Para la eliminación del dióxido de carbono generado por la respiración de la fruta durante la conservación, se selecciona un **adsorbedor de CO<sub>2</sub> Isolcell DynamiCO<sub>2</sub> Eco 200** (Isolcell, 2025) (Figura 48,49) adecuado para cámaras de atmósfera controlada de tamaño medio. En la Tabla 29 se muestran los parámetros y valores del adsorbedor de CO<sub>2</sub> seleccionado.

**Tabla 29** Parámetros y valores deL adsorbedor de CO<sub>2</sub> seleccionado

Parámetro	Valores
Modelo	DynamiCO <sub>2</sub> Eco 200
Capacidad de adsorción de CO <sub>2</sub>	200 kg CO <sub>2</sub> /día
Potencia absorbida	1,25 kW
Conducción de aire	4"
Dimensiones (L × A × H)	2000 × 1040 × 1960 mm

La masa total de fruta almacenada en las dos cámaras de refrigeración con atmósfera controlada (ULO) es de 420.000 kg.

$$\text{Masa de Fruta} = 420000 \text{ kg}$$

**Con una tasa de producción de CO<sub>2</sub> de la pera conferencia de:**

$$\text{Tasa de producción de CO}_2 \text{ pera conferencia} = 4 \frac{\text{ml CO}_2}{\text{kg} * \text{h}}$$

**Cálculo de producción diaria de CO<sub>2</sub>:**

$$Q_{CO_2} = \text{Masa de fruta} * \text{Tasa de producción de CO}_2 = 420000 \text{ kg} * 4 \frac{\text{ml CO}_2}{\text{kg} * \text{h}}$$

$$= 1680000 \frac{\text{ml CO}_2}{\text{h}} = 1,68 \frac{\text{m}^3 \text{ CO}_2}{\text{h}} * 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} = 40,32 \frac{\text{m}^3 \text{ CO}_2}{\text{día}}$$

$$\text{Producción diaria de CO}_2 \text{ en masa} = 40,32 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 1,977 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^3} = 79,7 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{día}}$$

$$\approx 80 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{día}}$$

### **Medición, control y seguridad**

- Analizadores continuos de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> por cámara, con registro y alarmas (alto CO<sub>2</sub>, bajo/alto O<sub>2</sub>, fugas).
- Válvulas y clapetas estancas, trampillas de alivio y puertas de alta estanqueidad (ULO).
- Secuencia automática: inertización previa a campaña → estabilización → mantenimiento (inyecciones de N<sub>2</sub> y ciclos de adsorción/regeneración según set-points).
- Protocolos: bloqueo de apertura prolongada, purgas controladas para entrada de personal, ventilación de seguridad.

### **Operación recomendada**

- **Pre-campaña:** inertizar hasta O<sub>2</sub> ≈ 1–1,5 % (≈ 57 h efectivos con UP1-65).
- **Régimen:** mantener O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> dentro de consigna con el UP1-65 y Eco 200.
- **Seguimiento:** verificar diariamente tendencias de O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> y horas de funcionamiento; semanalmente revisar estanqueidad y filtros; según fabricante, regeneraciones/recambios de carbón activo.

### **Conclusión**

El conjunto formado por el **generador de nitrógeno Besseling UP1-65** y el **adsorbedor de CO<sub>2</sub> Isolcell DynamiCO<sub>2</sub> Eco 200** garantiza el control preciso de las concentraciones de gases en las dos cámaras ULO de la ampliación, manteniendo los valores de consigna (O<sub>2</sub> ≈ 1 %, CO<sub>2</sub> ≈ 1–2 %) con un consumo energético moderado y alta fiabilidad. Ambos equipos son plenamente compatibles con el sistema frigorífico general basado en refrigerante R-449A, operando en condiciones de condensación de 47 °C y evaporación de –8 °C.

## Generador de Nitrógeno (PSA)

### PSA N<sub>2</sub> GENERATOR - SPECIFICATIONS

V.24-01

**BESSELING GROUP**  
CONTROLLED-ATMOSPHERE.COM  
THE ART OF STORAGE

Model	Capacity per hour		Compressor (kW)	Fuse (A)	Plug (poles)	dB (dB)	N <sub>2</sub> Receiver optional (ltr)	N <sub>2</sub> Tube (mm)	No. of Skids	Dimensions (mm)			KG
	99% N <sub>2</sub> (Nm <sup>3</sup> )	99.5% N <sub>2</sub> (Nm <sup>3</sup> )								Width A	Depth B	Height C	
UP1-4	4	3,2	1,5	16	5	64	200	12	1	1150	1150	1800	250
UP1-6	6	4,8	2,2	16	5	70	200	12	1	1150	1150	1800	375
UP1-8	8	6,4	3,0	16	5	70	200	12	1	1150	1150	1800	450
UP1-12	12	9,6	4,0	16	5	71	200	12	1	1300	1350	1800	600
UP1-12 M	12	9,6	4,0	16	5	68	200	12	1	1300	1350	1800	570
UP1-17	17	13,6	4,0	16	5	71	300	12	1	1300	1350	1900	700
UP1-19 M	19	15,2	5,5	16	5	69	300	12	1	1300	1350	1900	670
UP1-22	22	17,6	5,5	16	5	71	300	32	1	1400	1400	1900	770
UP1-28 M	28	22,4	7,5	32	5	67	300	32	1	1550	1550	1900	790
UP1-33	33	26,4	7,5	32	5	75	500	32	1	1500	1600	2250	895
UP1-40 M	40	32	11	32	5	68	500	32	1	1600	1600	2250	875
UP1-48	48	38,4	11	32	5	75	500	32	1	1600	1600	2310	1066
UP1-50 M	50	40	15	63	Direct	69	500	32	1	1720	1600	2310	1026
<b>UP1-65</b>	<b>65</b>	<b>52,0</b>	<b>15</b>	<b>63</b>	<b>Direct</b>	<b>79</b>	<b>1000</b>	<b>32</b>	<b>1</b>	<b>1850</b>	<b>1900</b>	<b>2510</b>	<b>1700</b>
UP1-68 M	68	54,4	18	63	Direct	66	1000	32	2	2350	1850	2510	1818
UP1-93	93	74,4	22	63	Direct	79	1000	32	1	2000	1925	2510	2400
UP1-110 M	110	88	30	63	Direct	67	1000	32	2	2450	1925	2510	2520
UP1-140	140	112	30	63	Direct	84	1000	50	2	3200	2150	2510	2745
UP1-150 M	150	120	37	63	Direct	70	1000	50	2	3500	2150	2510	3310

Compressor voltage: 400 V (3 phase) - PLC voltage: 230 V

Figura 46. Características del generador de nitrógeno Besseling UP1-65



Figura 47. Imagen del generador de nitrógeno Besseling UP1-65 (PSA)

## Adsorbedor de CO<sub>2</sub>

DYNAMICO <sub>2</sub> ECO DATOS TÉCNICOS   TECHNICAL DATA				
MODELOS	DIMENSIONES L x l x H	ADSORBÉ (KW)	CONDUCCIÓN	ABSORCIÓN CO <sub>2</sub> KG/JOUR/À 3 %
ECO 80	700x740x1925	1,6	2"	80
ECO 140	1000x1000x1960	1,8	4"	140
ECO 200	2000x1040x1960	1,25	4"	200
ECO 300	2000x1040x1960	2,2	4"	300
ECO 500	2000x1040x1960	3,7	4"	500
ECO 700	2000x1040x1960	5,0	5"	700
ECO 850	2200x1040x1960	7,0	5"	850

**Figura 48** Dimensiones y datos técnicos del adsorbedor de CO<sub>2</sub> DYNAMICO<sub>2</sub> ECO



**Figura 49.** Imagen del adsorbedor de CO<sub>2</sub> DYNAMICO<sub>2</sub> ECO (vista frontal)

## **SISTEMA DE APLICACIÓN Y CONTROL DE ETILENO EN CÁMARA DE MADURACIÓN**

Además del sistema frigorífico, la cámara de maduración incorpora un equipo de aplicación y control de etileno, imprescindible para inducir y homogeneizar el proceso de maduración en la pera Conferencia cuando el mercado así lo requiere. Este sistema incluye:

- **Generador de etileno (o vaporizador de etileno):** Equipo destinado a liberar etileno en concentraciones controladas (habitualmente entre 80 y 150 ppm para frutos climatéricos).

Su función es activar los procesos metabólicos responsables del ablandamiento y el cambio de textura de la fruta.

- **Sensor o analizador de etileno:** Permite medir de forma continua la concentración de etileno en el interior de la cámara, garantizando que se mantiene dentro del rango programado sin sobrepasarlo.

- **Sistema de ventilación y homogenización:** La cámara cuenta con ventiladores que distribuyen de forma uniforme la atmósfera enriquecida en etileno, asegurando un tratamiento homogéneo en todo el volumen de la fruta.

- **Temporizador y control automático;** Un controlador electrónico gestiona duración del tratamiento, concentración de etileno, ciclos de ventilación y purga de aire, seguridad ante sobreconcentraciones.

- **Sistema de purga posterior** Tras el tratamiento, la cámara se ventila para reducir el etileno residual y volver a condiciones seguras antes de la manipulación del producto.

### **5.2.5 REGULACIÓN Y COMPONENTES AUXILIARES DEL SISTEMA FRIGORÍFICO**

- **Separador de aceite.** Sirve para que el aceite del compresor no circule con el refrigerante. Su función es separar el aceite del refrigerante y devolverlo al compresor manteniendo la eficiencia del sistema y evitando daños (DANFOSS, 2025) (Figura 50).



**Figura 50** Separador de aceite

**Fabricante:** Danfoss

**Modelo:** Gbc 67s v2    **Material:** Acero

- **Válvulas de paso o válvulas de corte.** Fundamentales para el mantenimiento del sistema, permiten aislar secciones del circuito de refrigeración facilitando reparaciones y cambio de componentes sin interrumpir el funcionamiento del sistema. Se encuentran alrededor de por ejemplo el separador de aceite, filtro (DANFOSS, 2025) (Figura 51).



**Figura 51.** Válvulas de paso

**Fabricante:** Danfoss

**Modelo:** GBC 67s v2    **Material:** Acero

- **Visor.** Ventana transparente que permite a los técnicos visualizar el estado de refrigerante. Útil para verificar el estado del refrigerante (DANFOSS, 2025) (Figura 52).



**Figura 52.** Visor

**Fabricante:** Danfoss

**Modelo:** SGS 1 3/8    **Material:** Acero

- **Válvula antirretorno.** Evita el retorno de alta presión al compresor. Permite el flujo de refrigerante en una sola dirección. Mejora la eficiencia y vida útil del compresor (CEPEX, 2025) (Figura 53).



**Figura 53.** Válvula Antirretorno

Cepex EPDM

**Fabricante:** Cepex

**Modelo:** EPDM

- **Recibidor de líquido refrigerante:** Después del condensador, el refrigerante líquido se almacena en el recipiente de líquido antes de continuar hacia el evaporador, este componente permite que haya un suministro constante de refrigerante líquido al sistema evitando fluctuaciones que podrían afectar a la eficiencia de la refrigeración.
- **Filtro con visor.** Filtrar impurezas del refrigerante y permitir la observación del flujo (SUMINISTROS, 2025) (Figura 54).



**Figura 54.** Filtro con visor

**Fabricante:** WIGAN

- **Válvula solenoide.** Controlada electrónicamente. Se abre o cierra en respuesta a una señal eléctrica. Dicha señal es recibida del termostato. Cuando el termostato detecta que el refrigerante ha llegado a la temperatura deseada, enviara una señal a la válvula solenoide y si abrirá o cerrara, para cerrar el paso del refrigerante, al cortar el paso del refrigerante (DANFOSS, 2025) (Figura 55).



**Figura 55.** Válvula solenoide

Válvula de expansión

**Fabricante:** Danfoss

**Modelo:** ETS COLIBRI 50C

**Material:** Acero

- **Presostato:** Un presostato en una instalación frigorífica actúa como un interruptor de presión para proteger el sistema. Su función principal es conectar o desconectar el compresor según los niveles de presión del refrigerante, evitando que alcance puntos peligrosos. En sistemas de refrigeración, se suelen usar presostatos dobles que monitorean la presión tanto del sector de baja como de alta (Figura 56).



**Figura 56.** Presostato

Válvula de expansión

**Fabricante:** Danfoss

**Modelo:** KP15

- **Válvula de expansión termostática (VET)** Controla el flujo de refrigerante al evaporador asegurando que se mantenga una cantidad adecuada para la absorción de calor, la válvula opera mediante un sensor de temperatura colocado en la línea de succión del evaporador, que ajusta el flujo del refrigerante según las necesidades de enfriamiento (DANFOSS, 2025) (Figura 57).



**Figura 57. VET**

Válvula de expansión

**Fabricante:** Danfoss

**Modelo:** ETS COLIBRI 50C

**Material:** Acero

Las válvulas de expansión termostáticas permiten la adecuación de la carga térmica con cantidad de líquido en el evaporador. La válvula se abrirá más o menos en función de la presión a la salida del evaporador donde se coloca un bulbo (relleno de líquido, gas) y que transmite a un cono que cierre o abra un orificio por el que pasa el líquido refrigerante.

- **Manómetro:** Indican la presión por la que circula el fluido por el interior de las tuberías. Se escogerá el manómetro de la empresa Gesa, modelo **M0502** (Figura 58).



**Figura 58. Manómetro**

**Fabricante:** Gesa

**Modelo:** M0502

## 5.2.6 MAQUINARIA

- **Maquinaria de manipulación y transporte interno**
  - Carretilla eléctrica.
  - Transpaleta manual.
  - Báscula de suelo.
- **Maquinaria de tratamiento y lavado**
  - Vaciador en agua.
  - Drencher.
- **Maquinaria de selección y calibrado**
  - Mesas de inspección.
  - Calibrador electrónico (CombiSort).
- **Maquinaria de envasado**
  - Línea flow-pack BF 325 H.
  - Mesas de confección.

### CARRETILLA ELÉCTRICA (LINDE, 2024) (Figura 59).



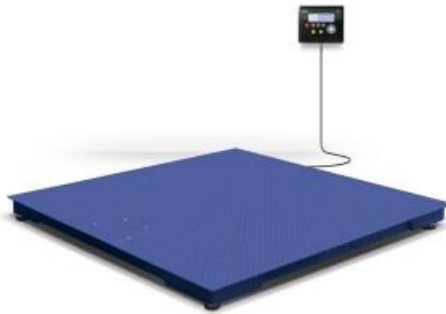
**Figura 59.** Carretilla Eléctrica [Linde E16](#)

- Marca: Linde
- Modelo: E16 Eléctrica.
- T.A.R.A.: 2.685 Kg
- Capacidad: 1.600 Kg
- Tipo de mástil: Tríplex con elevación libre con desplazador hidráulico.
- Elevación máxima: 4.595 mm.

- Tipo de Rueda: Blanca.

**BÁSCULA SUELO PLATAFORMA 3000KG BASE 2X1.5M CON VERIFICACION**

(LOPEZ, 2023) (Figura 60).



*Figura 60. Báscula suelo plataforma*

- Báscula industrial digital de suelo con Verificación CE-M para uso legal y dos rangos de 3.000 divisiones.
- Con recubrimiento epoxy de dos capas y sensores Clase C3 con protección IP67.
- Alta fiabilidad con su tecnología de comunicación Z Link® y su corazón digital Xtrem®.
- Totalmente autónoma (1), envía los datos a un indicador, un PC, una tablet o un smartphone Android.
- Máxima seguridad: los datos importantes de ajuste y calibración están blindados dentro de la plataforma.
- Web Server para envío de datos a navegadores Chrome, Edge y Safari.
- Flexibilidad total: Envía los datos por cable, Ethernet (2), WiFi (2) o RS485 (2).
- Preparada para alta conectividad (Industria 4.0)
-

## **TRANSPALETA MANUAL** (JUNGHEINRICH, 2025) (Figura 61)



**Figura 61.** Transpaleta manual Jungheinrich AM 30

El transpaleta manual Jungheinrich AM 30 es la herramienta ideal para el traslado de forma manual de cargas muy pesadas en trayectos cortos. Su excepcional capacidad de hasta 3.000 kg. la convierte en la herramienta polivalente por excelencia al poder elevar cualquier tipo de palot.:

- Marca: Jungheinrich
- Modelo: Transpaleta manual 3t AM 30
- Dimensiones: 200\*1540 \*540 mm (alto\*largo\*ancho)
- Carga: hasta 3000 kg
- Altura de elevación: 122 mm
- Velocidad de descenso con-sin carga: 0,1-0,06 m/s
- Radio de giro: 1275 mm
- Construcción robusta gracias a un sistema hidráulico de bombeo de gran calidad
- Barra timón ergonómico para zurdos y diestros
- Ángulo de giro flexible de hasta 105° para la mejor maniobrabilidad

## **DRENCHER**

El drencher constituye la primera etapa del tratamiento postcosecha de la fruta destinada a almacenamiento refrigerado (METALICAS, 2020) (Figura 62).

Su función es la desinfección y tratamiento superficial de los palots de peras mediante un sistema de ducha, asegurando una cobertura homogénea en toda la fruta y consigue reducir la presencia de patógenos y residuos en la superficie de la fruta antes del preenfriamiento.

Esta línea procesa una cantidad diaria de 78.440 kg de peras, que tras el tratamiento pasan a las cámaras de refrigeración convencional preenfriándose y posteriormente parte de ellas se mantienen en cámaras de refrigeración convencional y otra parte de la fruta se destina a las cámaras de refrigeración con atmósfera controlada y otra parte a las cámaras de maduración según el destino final del producto



**Figura 62.** Drencher (Metálicas Sánchez Romero)

Se trata de un sistema de ducha continua para productos paletizados procedentes de la huerta. Este tipo de pulverizador de agua consta de 3 partes. La sección de alimentación tiene 2 metros de largo, la sección de lavado tiene 4 metros de largo y la sección de espera tiene 4 metros de largo. La sección de lavado se realiza aspirando el agua con una bomba centrífuga y rociándola con boquillas a través de las tuberías. Las boquillas están colocadas en la parte superior y en los laterales de la cabina. De esta manera, se asegura que el producto paletizado sea regado desde todas las direcciones. El interruptor en la última estación de la zona de descanso después de la ducha garantiza que la máquina se detenga por completo cuando llegue el palot.

## FUNCIONAMIENTO

Se carga 1 palé en la sección de entrada y el operador de la carretilla elevadora comienza con el control antes de salir del vehículo.

1 palot comienza a rociar en la sección de rociado de ducha

Cuando este proceso se repite consecutivamente, hay 3 palots de productos en la sección de ducha y 3 palots en la sección de reposo. La última fila de palots en la sección de descanso detiene completamente la máquina por medio de un interruptor.

Zona de descanso para que la máquina pueda volver a arrancar.

Producto: Máquina de pulverización drencher

Capacidad: 40 palots/hora

- Requisitos operativos necesarios

El ritmo de tratamiento de palots se calcula teniendo en cuenta el flujo másico de pera que ha de tratarse cada hora y la capacidad de cada palots (Ecuación 5.51):

$$\text{Ritmo de tratamiento palots} = \frac{78.440 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{290 \frac{\text{kg}}{\text{palot}}} = 270,5 \frac{\text{palot}}{\text{día}} \quad (\text{Ecuación 5.51})$$

Dado que la jornada laboral es de 10 horas, el ritmo por hora es (Ecuación 5.52)

:

$$\frac{270,5 \frac{\text{palot}}{\text{día}}}{10 \frac{\text{h}}{\text{día}}} = 27 \frac{\text{palot}}{\text{h}} \quad (\text{Ecuación 5.52})$$

El equipo cuenta con las siguientes especificaciones técnicas:

- Capacidad nominal: 40 palots/hora

$$40 \frac{\text{palot}}{\text{hora}} * 10 \frac{\text{h}}{\text{día}} = 400 \frac{\text{palot}}{\text{día}}$$

- Composición del sistema:
  - Zona de entrada: 2 m
  - Zona de ducha (tratamiento): 4 m

- Zona de descanso: 4 m
- Capacidad simultánea: 6 palots en línea (3 en ducha + 3 en descanso)
- Tiempo de exposición al tratamiento: regulable entre 1 y 2 minutos por palot
- Sistema de avance por cadenas con reductor de 3 CV
- Riego del producto con 2 bombas centrífugas y boquillas superiores y laterales
- Control de parada automática al final de la línea.
  
- Capacidad técnica del equipo instalado

La máquina tiene una capacidad máxima de 400 palots/día, lo que equivale a:

$$400 \frac{\text{palots}}{\text{día}} * 290 \frac{\text{kg}}{\text{palot}} = 116.000 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Carga diaria prevista:

$$27 \frac{\text{palots}}{\text{hora}} * 10 \frac{\text{h}}{\text{día}} * 290 \frac{\text{kg}}{\text{palot}} = 78.300 \frac{\text{kg}}{\text{palot}}$$

Por tanto, el tratamiento de 78.300 kg/día representa:

$$\frac{78.300}{116.000} * 100 = 67,5\%$$

Esto indica que el sistema opera al 67,5 % de su capacidad máxima, lo que permite afirmar que el drencher dispone de la capacidad suficiente para procesar los 78.440 kg/día de peras previstas en este proyecto, tanto en términos de ritmo de trabajo como de volumen tratado.

### **Características técnicas**

- Bastidor general en perfil 100x50x2 y 50x50x2 de acero inoxidable.
- Mamparas laterales con perfiles 40x40x1.5 y chapa de acero inoxidable.
- Guías de cadenas en perfil y cuadradillo de acero inoxidable.
- Dos cascadas de mojado en chapa inoxidable de espesor 2 mm.
- Tubos de bombeo de PVC de 110mm de diámetro.

- Cuba en chapa de espesor 2mm de acero inoxidable, de capacidad aproximada 1500 litros, con medidor.
- Filtros en zona de cuba en acero inoxidable.
- Bandejas de escurrido en chapa de acero inoxidable de espesor 1,5mm.
- Cadenas simples inoxidable y ejes en acero tratado.
- Patas regulables en altura.
- Barandillas protectoras.
- Reductor de engranajes de 3 cv de potencia.
- 2 bombas centrífugas horizontales.
- Plataformas para carga y descarga con transpaleta.

### **VACIADOR EN AGUA**

El sistema de descarga POLSAP (BURGMACHINERY, 2020) (Figura 63 y 64) se puede utilizar para desapilar, descargar y apilar contenedores grandes con manzanas o peras. La máquina dispone de espacio para 3 cajas llenas y 3 vacías, que se pueden introducir y sacar a nivel del suelo. La abrazadera para contenedores se puede utilizar para varios tamaños de contenedores y está equipada con un sistema de detección automática de la altura del contenedor.

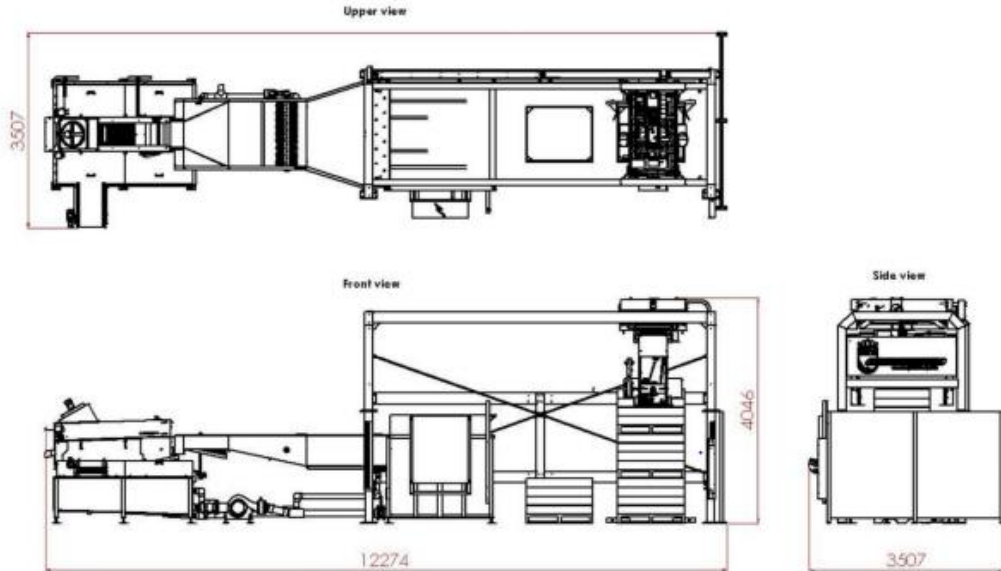


**Figura 63.** Vaciador en agua

### **Características técnicas**

- Producción aproximada :120 bins/hora.
- Transportador a cadena de alimentación L=3000

- Transportador lona salida cajas, 600×1250
- Potencia instalada: 16 Cv
- Volumen de agua del depósito de lavado a baja presión: 4000 L



**Figura 64.** Vaciador en agua

## DESCRIPCIÓN

Sistema de descarga de bins en agua (tipo: AL-E) para vaciar la fruta (flotante) de los bins con facilidad.

La unidad de vaciado de agua Burg (AL-E) está diseñada para el vaciado de fruta flotante de los bins de almacenamiento, de forma que el producto pueda transportarse a una máquina clasificadora o a una cinta de embalaje.

El producto se vacía del bin al tanque de vaciado mediante un elevador de bins integrado que sujeta y sumerge el bin. La fruta sale flotando del bin y es transportada al canal de amortiguación por el flujo de agua.

## CÁLCULOS

- Número de palots necesarios para procesar 52,92 toneladas (Ecuación 5.53):

$$\frac{52920 \text{ kg}}{290 \text{ kg/palot}} = 180 \text{ palots (Ecuación 5.53)}$$

Se necesitan 180 palots para procesar las 52,92 toneladas que entran en el proceso.

- Tiempo necesario para procesar las 52,92 toneladas considerando la capacidad de procesamiento de la máquina que son 120 palots/hora.

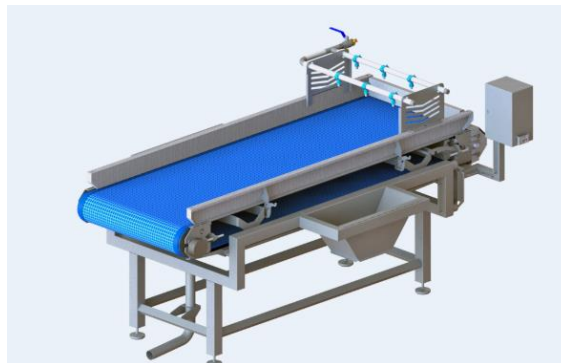
$$\frac{180 \text{ palots}}{120 \text{ palots/hora}} = 1 \text{ horas } 30 \text{ minutos}$$

Esto significa que el vaciador trabaja durante 1h 30 min al día, alrededor del 15% de la capacidad de la máquina (1200 palots/día), asegurando que no se formen cuellos de botella en la calibradora.

### **CARACTERÍSTICAS**

- Vaciado respetuoso con la fruta flotante
- Diseño modular
- Varias capacidades disponibles
- Adecuado para varios tamaños de contenedor
- Diferentes sistemas de secado

**MESA DE INSPECCIÓN VISUAL** (KRONEN, 2020) (Figura 65).



**Figura 65.** Mesa de inspección visual

#### **Características técnicas:**

- Unidades: 1
- Marca: Kronen
- Modelo: Mesa de inspección
- Dimensiones: 1000\* 2000\*2000 mm (alto\*largo\*ancho)
- Potencia: 0,55 kW/380 V

- Material de la mesa: Acero inoxidable
- Velocidad de la cinta: 0,20 m/s (velocidad ajustable)

**MAQUINA DE CALIBRADO** (GREEFA, 2019) (Figura 66).

La máquina Combisort está formado por varios componentes:

El cepillo en forma de diábolo asegura que las frutas giren por debajo de la caja de cámara para tomar 60 fotografías de cada fruta para la detección externa de la calidad.

El clasificador de calidad inteligente (IQS) está desarrollado para determinar las características de calidad externa de cada fruta. Cada defecto de un fruto se proyecta en un geomodelo. Se pueden detectar defectos a partir de  $1 \text{ mm}^2$ . El tallo y el cáliz se pueden localizar sin dificultad.

Después la fruta pasa a unas solapas patentadas de la marca que permite un tratamiento cuidadoso de los frutos.

La solapa patentada de Greefa garantiza que las frutas se retiren con cuidado a los vasos sobre la cinta transportadora, la máquina permite retirar 5 frutas por segundo por línea seguidamente los frutos caen desde los vasos a las mesas de confección para su posterior clasificación. Máx. 5 frutas por segundo y vía. Puede haber un número ilimitado de salidas. Tamaño de fruta hasta 120 mm. Peso de fruta hasta 500 gramos. Trato extremadamente suave para las frutas.



*Figura 66. Equipo de calibrado.*

## CÁLCULOS:

### *Capacidad teórica del equipo*

Como la máquina de calibrado procesa 5 frutas por segundo y vía y el sistema consta de 4 vías, la cantidad de fruta que se puede calibrar en la maquina son (*Ecuación 5.54*):

$$5 \frac{\text{frutos}}{\text{segundo}} * 4 \text{ vías} = 20 \frac{\text{frutos}}{\text{segundo}} * \frac{3600 \text{ segundos}}{1 \text{ horas}} = 72000 \frac{\text{frutas}}{\text{hora}} \text{ (Ecuación 5.54)}$$

Suponiendo un peso de la fruta medio de 0,25 kg, se obtiene:

$$720000 \frac{\text{frutas}}{\text{hora}} * 0,25 \frac{\text{kg}}{\text{fruto}} = 18000 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

### *Cálculo de tiempo necesario*

Para calibrar 52290 kilogramos que es lo que se quiere calibrar, se obtiene un tiempo para esta cantidad de fruta de:

$$\frac{52290 \text{ kg}}{18000 \text{ kg/h}} = 2,9 \text{ h}$$

Se necesitará aproximadamente 3 horas de funcionamiento diario, lo que representa un 30% de su capacidad máxima (180 t/día). Esto garantiza sobrada capacidad operativa y margen para ampliaciones.

## **MESAS DE CONFECCIÓN**

Tras la calibración, una parte del producto se somete a selección manual en mesas de confección para su clasificación final y envasado en formatos de mayor valor añadido.

- Cantidad total procesada: 52290 kg/día
- Peso medio por fruta: 0,25 kg
- Tiempo de selección de fruta: 2,5 s
- Número de mesas: 4

- Operarios por mesa: 4
- Total operarios: 16

Toda la fruta que pasa por la calibradora y entra en confección es:

$$M_{total} = 52290 \frac{kg}{día}$$

$$m_{pera} = 0,25 \frac{kg}{fruta}$$

Número total de peras que salen por las 4 líneas de la calibradora (Ecuación 5.55):

$$N_{total} = \frac{52290 \text{ kg}}{0,25 \frac{kg}{fruta}} = 209160 \text{ peras/día (Ecuación 5.55)}$$

De este 209160 kg peras son las que los operarios van a:

- Una fracción de estas se van Colocar en la cinta de alimentación de la flow-pack (formato bandeja/pack).
- Otra fracción de peras se colocan en cajas/cestas para venta a granel u otros formatos.

## ORGANIZACIÓN DEL PERSONAL

Se disponen de 4 mesas/líneas de confección, cada una atendida por 4 operarios:

$$N_{operarios} = 4 \text{ mesas} \times 4 \text{ operarios/mesa} = 16 \text{ operarios}$$

10 horas de jornada laboral:

$$T_{jornada} = 10 \text{ horas} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 36.000 \frac{\text{segundos}}{\text{día}}$$

En este punto no estamos haciendo doble manipulación, sino una única acción por pera: cogerla de la línea y:

- bien colocarla en el alveolo/caja.
- bien colocarla en el punto de carga para flow-pack.

Si asumimos un tiempo medio de 2,5 s/pera (gesto rápido, sin inspección exhaustiva porque la calibradora ya ha hecho el trabajo duro), la capacidad de cada operario es:

$$N_{peras/op} = \frac{T_{jornada}}{t_{pera}} = \frac{36.000 \text{ segundos/día}}{2,5 \text{ segundos/pera}} = 14.400 \text{ peras/día}$$

En masa las peras seleccionadas por cada operario son:

$$M_{op} = N_{peras/op} * m_{pera} = 14.400 \frac{\text{peras}}{\text{día}} * 0,25 = 3600 \text{ kg/día}$$

Cantidad total de peras seleccionadas por los 16 operarios:

$$M_{capacidad \text{ total}} = 16 \text{ operarios} * 3600 \frac{\text{kg}}{\text{día}} = 57.600 \text{ kg/día}$$

Comparando con la carga real:

$$\frac{M_{total}}{M_{capacidad \text{ total}}} = \frac{52.290 \text{ kg/día}}{57.600 \text{ kg/día}} = 0,91$$

El equipo trabaja aproximadamente al 91 % de su capacidad, lo que es razonable en una campaña intensiva, dejando un margen pequeño pero aceptable para pausas, pequeños atascos y ajustes.

### **ENVASADORA Flow-pack BF 325 H** (BELCA, 2025)

Para ajustarse a las demandas del mercado en la ampliación proyectada también se contempla la instalación de una envasadora flow pack (Figura 67).



**Figura 67.** Máquina de envasado Flow-pAck

Parte de la fruta que se ha seleccionado en la calibradora se dirige a envasado automático mediante la máquina de envolvedora horizontal tipo Flow- pack modelo BF 325 H.

Esta envasadora es una envolvedora horizontal de tipo flow-pack, de gama alta, construida para envolver productos unitarios o en bandeja a altas velocidades de modo automático con materiales termosellantes.

Lleva incorporado un control electrónico multi-ejes que sincroniza la mordaza, los rodillos y el carro de alimentación, lo cual hace que la máquina tenga versatilidad y flexibilidad en los cambios de producto, así como un buen sincronismo en los movimientos requeridos. Esto nos lleva a obtener un alto rendimiento y prestaciones de la máquina.

Dimensiones físicas de la máquina. La máquina presenta unas dimensiones aproximadas de: 5 m de longitud×1,40 m de anchura, ocupando físicamente unos 7m<sup>2</sup>.No obstante, para su implantación en planta se ha considerado una superficie operativa de 18 m<sup>2</sup>, que incluye espacios de maniobra, pasillos de trabajo para los operarios y zonas de seguridad, necesarios para su correcto funcionamiento dentro de la nave.

#### **EQUIPAMIENTO DE SERIE**

- Máquina electrónica dotada de tres motores independientes (mordazas, rodillos, carro alimentación) sincronizados mediante un control electrónico multi-ejes.
- Máquina construida en acero laminado o acero inoxidable, con los elementos mecánicos y electrónicos de la máquina en la parte trasera dentro de armarios de fácil acceso.
- Sentido de trabajo de derecha a izquierda y modelo RH de izquierda a derecha.
- Pantalla táctil que facilita el estado de la máquina en todo momento.
- Ajuste de la longitud de bolsa, velocidad de corte, etc. Desde pantalla táctil.
- Memorización de parámetros hasta 20 productos (ampliable bajo demanda).
- Partes en contacto con el producto, en acero inoxidable.
- Variadores electrónicos de velocidad en bandas y selladores.
- Reguladores de temperatura de soldadura de ajuste fino.
- Carro de alimentación de 2,5 mts. de zona de carga.
- Función de no producto no bolsa.
- Caja formadora variable.

- Tensión constante de film desde el diámetro máximo al mínimo de la bobina.
- Ejes portabobinas autocentrantes con sistema bloqueo mediante volante sin conos.
- Portabobinas motorizado para el arrastre del film.
- Célula fotoeléctrica para el centraje de impresión.
- 3 pares de rodillos de arrastre de film.
- 1er juego orientable de arrastre de film.
- 2do juego calefactado para realizar la soldadura inferior.
- 3er juego para facilitar el plegado de la soldadura inferior.
- Apertura neumática del rodillo de soldadura al parar la máquina.
- Mordazas rotativas de soldadura transversal accionadas mediante servomotor.
- Variación progresiva de la velocidad de las mordazas automática.
- Parada con mordazas de sellado transversal abiertas.
- Parada automática de la máquina en caso de obstrucción de las mordazas con limitador de esfuerzos electrónico.
- Centraje de sellado transversal regulable en altura.
- Protecciones y sistemas de seguridad conforme con las normas europeas y americanas.
- Pliegue inglés.
- Aviso final de bobina acústico y luminoso.

### **Tipos de consumible**

Films de polipropileno BOPP

Films Complejos

Films Compostables

Films Reciclados

Films de base Papel

Se emplea para la envoltura de productos sólidos de forma individual o en lotes, que estén dentro de las dimensiones especificadas en la ficha técnica y sea necesaria cierta protección respecto a agentes externos.

### **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

- Velocidad: 30-220 packs por minuto
- Dimensiones producto: 310x140x550 (mm)
- Uso general: Bandejas-lotes-unitarios

*La máquina tiene un rendimiento horario:*

$$Q_{packs/hora} = 100 \text{ packs/min} * 60 = 3600 \text{ packs/hora}$$

0,5 kg por pack, que es el habitual para flow-pack de pera Conferencia.

$$Q_{masa} = 6.000 \text{ packs/h} \times 0,5 \text{ kg/pack} = 3000 \text{ kg/h}$$

*Masa diaria para envasar en flow-pack*

$$M_{flow} = 0,40 \times 52.290 = 20916 \text{ kg/día}$$

*El tiempo necesario para procesar la producción diaria:*

$$t = \frac{20916}{3000} = 7 \text{ horas/día}$$

Por lo tanto, la maquina puede realizar el envasado diario en 7 horas.

### **PREPARACIÓN DE LOS FRUTOS EN UNIDADES DE VENTA**

Tras las operaciones de calibrado y confección, la pera Conferencia se presenta en diferentes formatos de comercialización adaptados al tipo de cliente y canal de venta.

El objetivo de esta etapa es garantizar una presentación uniforme, segura y eficiente de la fruta, optimizando tanto la protección física del producto como su atractivo comercial.

La fruta se manipula en las cuatro líneas de confección, donde los operarios seleccionan y colocan manualmente las peras en los distintos envases finales según su calibre y destino:

Parte de la producción se dirige a envasado automático tipo flow-pack, en bandejas de 4 a 6 piezas, destinadas a cadenas de distribución y supermercados.

El resto se coloca directamente en cajas o cestas mediante manipulación manual, según se describe a continuación.

## **TIPOS DE ENVASES UTILIZADOS** (SUNBOX, 2025) (Figura 68)

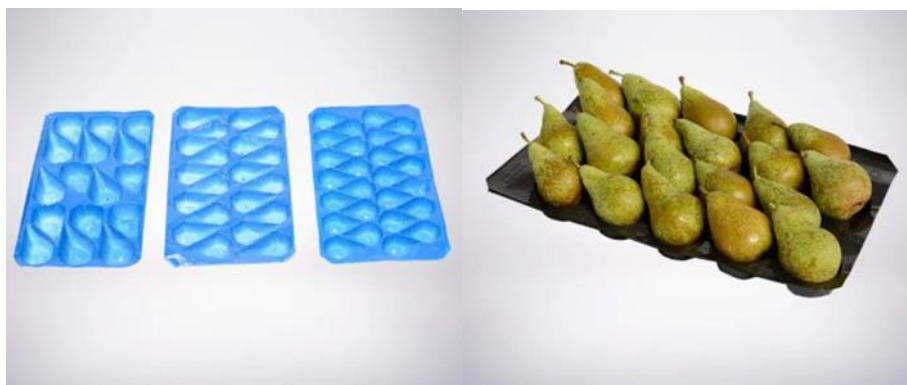
### **CAJAS DE PLÁSTICO PLEGABLE**



**Figura 68.** Caja de plástico plegable para uso agrícola

Cajón de pared abierta de 600×400×180 mm, fabricado en polipropileno reciclable. Su diseño permite una óptima ventilación y facilita el apilado y transporte de la fruta desde las zonas de confección hasta las cámaras de conservación o expedición

### **BANDEJAS ALVEOLADAS** (SUNBOX, 2025) (Figura 69)



**Figuras 69.** Alvéolos especiales para peras

Se emplean bandejas alveoladas de 600×400 mm, diseñadas para la correcta sujeción y protección de las peras Conferencia durante su almacenamiento y transporte.

**CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:**

- Hay una amplia gama de alveolos disponibles según calibre y clase de fruta.
- Fabricadas en polipropileno (PP) o poliestireno (PS), materiales ligeros y resistentes.
- Tienen una capacidad variable entre 20 y 59 piezas por bandeja, según tamaño del fruto.

**CAJA DE CARTÓN PARA FRUTA (SUNBOX, 2025) (Figura 70)**



**Figura 70.** Caja de cartón para fruta

Embalaje estándar para expedición y almacenamiento intermedio:

- Medidas: 600×400×110 mm
- Peso de llenado: 6–7 kg
- Fabricadas en cartón ondulado de alta resistencia y apilable.
- Permiten la identificación mediante etiquetado lateral o superior.

- Estas cajas se emplean especialmente para fruta de segunda categoría comercial, que se vende a granel o en formatos económicos.

#### **CESTAS DE POLIPROPILENO (SUNBOX, 2025) (Figura 71)**



**Figura 71.** Cesta de polipropileno para fruta tipo Pera Conferencia

Medidas: 196×120×105 mm.

Envase rectangular de polipropileno (PP), resistente, ligero y totalmente reciclable.

Uso principal:

- Presentación de fruta natural lista para la venta.
- Envasado de pequeñas cantidades (1–2 kg) en supermercados y grandes superficies.
- Compatible con sistemas automáticos de retractilado y flow-pack.
- El uso de este tipo de envases permite una mayor diferenciación del producto y mejora la percepción de calidad en el punto de venta.

## 6. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

### 6.1 DISTRIBUCION DE TRABAJO

La distribución en planta constituye un aspecto esencial en el diseño de cualquier industria agroalimentaria, ya que influye de manera directa en la eficiencia productiva, la seguridad de los trabajadores, la calidad del producto final y la flexibilidad de las operaciones. Una distribución bien planificada permite reducir tiempos de espera y recorridos, optimizar el uso de los recursos disponibles y garantizar que los flujos de trabajo se desarrollen de forma ordenada y segura.

En esta memoria, todas las zonas de la planta con sus superficies, nombres y numeración de las máquinas que componen la planta se representan y detallan gráficamente en el plano 2 y plano 3 del apartado 10 del índice del Trabajo Fin de Grado, lo que permite entender de manera clara la estructura espacial y la relación entre áreas.

En el caso de la nave de procesado y conservación de pera Conferencia objeto de este estudio, el diseño de la planta se ha concebido con el objetivo de asegurar un flujo continuo desde la recepción de la materia prima hasta la expedición del producto terminado. Este planteamiento permite minimizar manipulaciones innecesarias y pérdidas poscosecha, al tiempo que facilita la adaptación a picos de campaña.

- **Objetivos**

El objetivo general de toda distribución podría resumirse en lograr el mejor diseño y ordenación con el fin de optimizar las operaciones, la seguridad y la satisfacción de los trabajadores.

Como objetivos específicos se pueden citar varios como:

- Reducción de riesgos para los empleados.
- Disminuir los retrasos.
- Disminuir los tiempos de fabricación.
- Aumentar la motivación de la mano de obra.
- Lograr una mayor eficiencia del espacio utilizado.
- Aumentar la productividad.
- Disminuir los materiales.
- Lograr una mayor flexibilidad para los cambios.

- **Descripción de las áreas funcionales de la nave**

La planta industrial se organiza en una serie de áreas diferenciadas, cada una con un papel específico dentro del proceso productivo. La correcta disposición y conexión entre estas áreas permite asegurar la eficiencia del flujo de la pera desde su entrada en la nave hasta su expedición al mercado.

- **Muelle de recepción de materia prima**

El muelle de recepción constituye la puerta de entrada de la fruta a la industria y, por tanto, la primera oportunidad para garantizar la trazabilidad y la calidad. Esta zona, de carácter exterior no construida dispone de una superficie útil de 4070 m<sup>2</sup>, lo que permite operar simultáneamente con varios vehículos y gestionar sin congestiones los picos de llegada de fruta.

Está situado en la fachada principal, facilitando el acceso de los vehículos de transporte. La descarga se realiza sobre una plataforma adaptada, apta para diferentes modelos de camión. Junto a ella se ubican la báscula de pesaje y un área de inspección de calidad, donde se verifica lote por lote el estado de la materia prima. Adicionalmente, la zona cuenta con un área de almacenamiento temporal que actúa como pulmón para lotes que requieren un análisis más exhaustivo antes de continuar el proceso.

Desde este punto, la fruta se divide en dos flujos claramente diferenciados, en función de su destino:

Fruta destinada al proceso productivo → se dirige directamente desde la recepción al vaciador en agua y continúa por la zona de manipulación, pasando por el calibrador, las mesas de selección y confección y, en su caso, por la línea flow-pack.

Fruta destinada a conservación frigorífica → se conduce al drencher, donde recibe los tratamientos postcosecha necesarios, y posteriormente pasa directamente al bloque de cámaras de conservación.

Una vez completados los periodos de almacenamiento y preenfriamiento correspondientes, la fruta se transporta nuevamente a la línea de procesado, donde continúa con las operaciones de vaciado en agua, selección, calibrado, confección y envasado, antes de su expedición final.

Esta separación de flujos evita tratamientos innecesarios y permite que cada lote siga el recorrido adecuado según su destino final (almacenamiento o confección inmediata).

- **Zona de lavado con drencher**

La zona de lavado, con una superficie útil de 648,00 m<sup>2</sup> se ubica inmediatamente después del muelle de recepción y alberga el drencher, equipo destinado a aplicar tratamientos poscosecha mediante recirculación de agua tratada.

Estos tratamientos (fungicidas y antiescaldantes) son exclusivos para fruta destinada a conservación frigorífica. Por ello:

- Fruta para conservación: Recepción → Drencher → Cámaras
- Fruta para confección: Recepción → Vaciador en agua (sin tratamiento)

La proximidad entre el drencher y el bloque de frío reduce al mínimo el tiempo entre tratamiento y refrigeración, garantizando la eficacia del proceso y preservando la calidad de la pera conferencia.

- **Zona de manipulación, confección y almacén de producto terminado.**

Incluye los siguientes equipos:

- Vaciador en agua
- Mesas de selección manual
- Calibrador electrónico
- Mesas de confección
- Nueva línea flow-pack BF 325 H (60 packs/min en operación real)

La implantación de la nueva línea flow-pack ha sido posible gracias a la superficie libre disponible en la zona de procesado, cuyo dimensionado es el siguiente:

Esta zona dispone de 679,00 m<sup>2</sup>, suficientes para integrar la nueva línea sin ampliar superficie:

- Equipos previos + servicios higiénicos: 205,03 m<sup>2</sup>
- Superficie libre inicial: 473,97 m<sup>2</sup>
- Flow-pack: 18,00 m<sup>2</sup>
- Superficie libre restante: 455,97 m<sup>2</sup>

El almacén de producto terminado se integra dentro de esta superficie libre, manteniendo un flujo eficiente desde confección → almacenamiento → expedición.

En definitiva, la nueva línea flow-pack se integra de forma natural dentro del área de procesado sin requerir ampliaciones de la nave y manteniendo un flujo operativo eficiente y seguro.

#### - **Cámaras frigoríficas de conservación**

El bloque de cámaras frigoríficas constituye la zona de mayor necesidad de superficie dentro de la nave, ya que alberga los volúmenes destinados a almacenamiento prolongado y requiere accesos amplios para carretillas, así como superficies útiles libres para la instalación de evaporadores, puertas frigoríficas y equipamiento auxiliar. Además, en esta nave ya existían 4 cámaras frigoríficas en funcionamiento de dimensiones 16,05x11,05 m, por lo que la ampliación debía integrarse respetando el flujo y la operatividad del bloque existente.

#### Superficie disponible antes de la ampliación

Antes del proyecto, la zona destinada a albergar las 4 nuevas cámaras frigoríficas ya contaba con la ejecución en obra realizada, es decir, con estructura, pavimento y cerramientos terminados, encontrándose completamente libre y sin uso. La superficie disponible era de:

$$50,23 \text{ m} \times 28,41 \text{ m} = 1427,06 \text{ m}^2$$

Este espacio diáfano, sin ocupación estructural, permitía instalar la ampliación sin necesidad de ampliar la nave, modificar la envolvente ni ejecutar obra civil adicional. En esta superficie únicamente era necesario diseñar las nuevas cámaras y proceder a su montaje.

#### Ampliación proyectada

La ampliación incorpora:

- Nuevas cámaras frigoríficas 4: De dimensiones 12x11,05=132,6\*4=530,40 m<sup>2</sup>
- Nuevo pasillo de servicio: 125,5 m<sup>2</sup>
- Total superficie ampliada: 655,9 m<sup>2</sup>
- Superficie libre restante: 1427,06 – 655,9= 771,16 m<sup>2</sup>

#### Comprobación de viabilidad

- Superficie libre existente: 1427,06 m<sup>2</sup>
- Superficie ocupada por la ampliación: 655,9 m<sup>2</sup>
- Superficie libre tras la ampliación: 771,16 m<sup>2</sup>

### **Conclusiones de superficie**

Las nuevas cámaras frigoríficas y su pasillo se instalan íntegramente dentro de la superficie disponible, manteniéndose 771,16 m<sup>2</sup> libres en la misma zona. Este valor garantiza:

- Maniobrabilidad adecuada de carretillas.
- Acceso cómodo a las puertas frigoríficas.
- Espacio suficiente para mantenimiento de evaporadores y equipamiento auxiliar.
- Posibilidad de futuros crecimientos del bloque.

Asimismo, la ampliación no requiere ampliación de nave, adquisición de terreno, obra civil adicional ni modificaciones estructurales. Las nuevas cámaras se disponen manteniendo un pasillo central con anchura incrementada, lo que mejora la seguridad y el flujo operativo entre drencher → cámaras → vaciador → selección → calibrado → confección → flow-pack / cajas.

#### **- Pasillo de cámaras**

El nuevo pasillo de servicio se ha dimensionado para permitir el tránsito simultáneo de carretillas elevadoras, transpaletas y equipos de mantenimiento. Su anchura garantiza maniobrabilidad segura, acceso directo a las puertas de las cámaras y espacio suficiente para operaciones de carga y mantenimiento.

La ampliación supone un incremento significativo de superficie útil de circulación:

- Superficie construida pasillos: 425 m<sup>2</sup>
- Superficie útil antes de la ampliación: 163,95 m<sup>2</sup>
- Superficie útil después de la ampliación: (5x32,79 m) +(5x25,10 m)= 163,95+125,5=289,45 m<sup>2</sup>
- Aumento de superficie: +126m<sup>2</sup>

Esta ampliación es fundamental para garantizar accesibilidad a las nuevas cámaras y mejorar la seguridad operativa.

#### **- Sobreplanta y sala de máquinas**

Sobre el nuevo pasillo se proyecta una sobreplanta técnica que alberga todos los equipos frigoríficos e instalaciones de atmósfera controlada. Esta sala incluye:

- Compresores de refrigeración, condensadores, evaporadores y colectores de refrigerante
- Equipos de generación y control de atmósferas ULO
- Equipo generador de etileno
- Cuadros eléctricos y sistemas de monitorización

La superficie de la sobreplanta es de 289,45 m<sup>2</sup>, coincidente con la ampliación del pasillo.

Al estar en sobreplanta, no ocupa superficie de planta baja, por lo que no afecta al flujo productivo ni resta espacio a las zonas operativas.

#### - **Muelle de expedición**

El muelle de expedición se sitúa contiguamente a la zona de confección y en conexión directa con el almacén de producto terminado. Se trata de una zona exterior no construida, con una superficie útil de 918,92 m<sup>2</sup>, destinada a las operaciones de carga, maniobra de vehículos y consolidación de pedidos.

Su ubicación y dimensionado permiten:

- Aplicar correctamente el sistema FIFO.
- Reducir recorridos internos entre confección, almacén y salida.
- Minimizar los tiempos de preparación de pedidos.

Facilitar la consolidación de cargas y la organización de las rutas de expedición.

#### • **Distribución de trabajo**

En el plano 4, correspondiente al diagrama de flujo en planta y citado en el Apartado 10 del índice del Trabajo Fin de Grado, representa de forma detallada el recorrido operativo que sigue la fruta desde su llegada hasta su expedición. Este esquema permite visualizar de manera clara y estructurada la organización interna del proceso productivo, garantizando un flujo continuo, ordenado y sin interferencias entre etapas.

En el Plano 4, se distinguen varios flujos mediante flechas de diferentes colores, cada uno asociado a una fase concreta del proceso

1. Flujo de peras de recepción hacia drencher y cámaras de preenfriamiento y conservación (Color amarillo)

Tras la descarga en la zona de recepción, la fruta se dirige al drencher para su lavado inicial. Una vez tratada, pasa a las cámaras frigoríficas de preenfriamiento o a las cámaras de conservación, donde permanece hasta alcanzar la temperatura adecuada.

#### 2. Flujo directo desde recepción a la zona de producción y envasado (Color rosa)

Una parte de la fruta, en función de su estado y destino comercial, puede dirigirse directamente desde recepción a la línea de procesado y confección, sin pasar por las cámaras. Este flujo es minoritario, pero necesario en situaciones de demanda inmediata.

#### 3. Flujo de salida desde las cámaras de preenfriamiento hacia el resto de cámaras (Color azul)

La fruta que ha terminado su proceso de preenfriamiento se distribuye al resto de cámaras frigoríficas del bloque, garantizando una rotación eficiente y adaptada a las necesidades de programación.

## **6.2 NECESIDADES DE PRODUCTO Y MANO DE OBRA**

### **6.2.1 MATERIAS PRIMAS**

Para garantizar el correcto funcionamiento del proceso productivo y la ampliación planteada, se consideran las siguientes necesidades:

- Pera Conferencia en palots procedente de campo.
- Agua para lavado, tratamientos poscosecha y limpieza.

### **6.2.2 PRODUCTOS AUXILIARES**

Entre los auxiliares se incluyen fungicidas y antiescaldantes empleados en drencher, materiales de envasado (cajas, film flow-pack, etiquetas, palots) y los suministros energéticos (electricidad, combustibles, nitrógeno) necesarios para el funcionamiento de cámaras y maquinaria.

### **6.2.3 MANO DE OBRA**

La dotación de personal se adapta al volumen de fruta y a la estacionalidad. De manera general:

- Entrada al almacén y control cámaras:

- Recepción y drencher: 2–3 operarios.
- Selección manual: 4–8 operarios.
- Calibrado y envasado: 16 operarios.
- Expedición y almacén: 2–3 operarios.
- Oficinas y supervisión: personal administrativo y técnico.

La incorporación de la línea flow-pack exige una mayor flexibilidad en la asignación de recursos humanos en la zona de confección, ya que combina el envasado tradicional con el automatizado.

### **Conclusión:**

La ampliación no incrementa de manera significativa las necesidades auxiliares ni energéticas por m<sup>2</sup>, pero sí mejora el rendimiento global gracias a la reorganización del flujo y a la automatización parcial del envasado

## **6.3 REQUERIMIENTO DE ESPACIO MÍNIMO EN LA ZONA DE PROCESADO, ENVASADO Y ALMACENAMIENTO PRODUCTO FINAL.**

La zona de procesado, envasado y almacenamiento de producto final dispone de una superficie total de 679 m<sup>2</sup>.

- Ocupación previa: 205,03 m<sup>2</sup>
- Superficie libre disponible: 473,97 m<sup>2</sup>
- Superficie requerida para la línea flow-pack: 18 m<sup>2</sup>
- Superficie libre final: 455,97 m<sup>2</sup>, destinada principalmente a almacenaje y circulación.

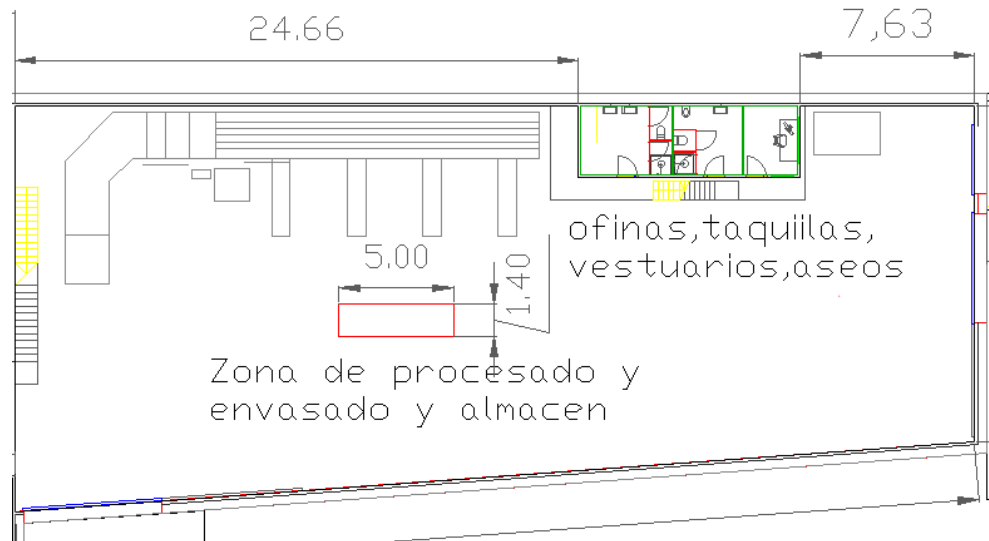
El análisis confirma que la superficie disponible permite integrar la nueva línea flow-pack sin necesidad de modificar la estructura ni redistribuir los equipos existentes. En la (Figura 72), la línea flow-pack aparece identificada mediante un rectángulo rojo, facilitando su localización dentro de la zona de procesado.

Asimismo, en el Punto 10 del índice (Planos) se representan detalladamente:

- La superficie exacta ocupada por cada máquina.

- La ubicación precisa de los equipos.
- La diferenciación entre las zonas de procesado, envasado y almacenamiento de producto final dentro de la nave.

Esto permite visualizar la implantación real de los equipos y confirma la compatibilidad espacial del conjunto.



*Figura 72. Plano de la zona de procesado con línea flow-pak (en rojo).*

#### 6.4 REQUERIMIENTO DE ESPACIO MÍNIMO EN LA ZONA DE CONSERVACIÓN

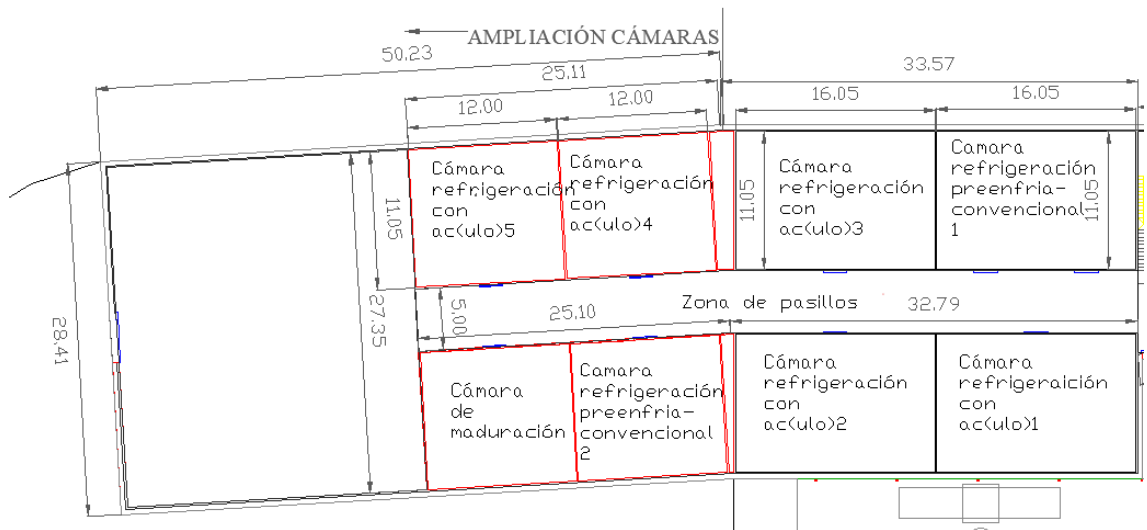
Toda la ampliación frigorífica —compuesta por las 4 nuevas cámaras y el nuevo pasillo de servicio— se ubica íntegramente dentro de la superficie libre existente en la nave, sin necesidad de realizar ampliaciones estructurales, modificaciones de la envolvente, ni obra civil adicional.

En esta área ya operaban 4 cámaras frigoríficas existentes, representadas en los planos mediante un tono más oscuro. La superficie adyacente, completamente diáfana y previamente ejecutada en obra (estructura, pavimento y cerramientos finalizados), permitía disponer de espacio suficiente para diseñar e instalar las nuevas cámaras frigoríficas, representadas en color rojo en los planos del proyecto.

La comparación visual entre cámaras existentes (oscuro) y cámaras nuevas (rojo), junto con la zona libre aprovechada para la ampliación, se puede observar

detalladamente en el Punto 10 del índice (Planos), donde se distinguen claramente En la (Figura 73):

- la distribución completa del bloque de frío,
- la superficie ocupada por cada cámara,
- el espacio libre previo utilizado para la ampliación,
- y el nuevo pasillo central que garantiza la correcta circulación y maniobrabilidad.



**Figura 73.** Plano de bloque de frío con distribución de cámaras.

## 6.5 DIMENSIONADO DE LA AMPLIACIÓN DE LAS CÁMARAS

Una vez comprobado que la ampliación se integra en la superficie disponible, se procede al dimensionado de la capacidad frigorífica antes y después del proyecto (Tabla 30).

### SITUACIÓN ANTES DE LA AMPLIACIÓN

- Cámaras de refrigeración con Atmosfera Controlada (ULO): 3 cámaras × 250 t = 750 t
- Cámaras de Refrigeración convencional -preenfriamiento: 1 cámara × 250 t = 250 t

- Maduración: 0 t

Capacidad total antes: 1.000 t

### SITUACIÓN DESPUÉS DE LA AMPLIACIÓN

La ampliación incorpora nuevas cámaras manteniendo las existentes, resultando en:

- **Cámaras de refrigeración con Atmosfera Controlada (ULO):**

$3 \times 250 \text{ t (existentes)} + 2 \times 225 \text{ t (nuevas)} = \mathbf{1.200 \text{ t}}$

- **Cámaras de Refrigeración convencional -preenfriamiento:**

$1 \times 250 \text{ t (existente)} + 1 \times 225 \text{ t (nueva)} = \mathbf{475 \text{ t}}$

- **Cámara de maduración:**

$1 \times 225 \text{ t (nueva)} = \mathbf{225 \text{ t}}$

**Capacidad total tras la ampliación: 1.900 t**

Esta ampliación permite casi **duplicar la capacidad inicial de almacenamiento**, garantizando mayor autonomía durante la campaña y mejor planificación comercial.

*Nota de proceso: la **refrigeración estándar** sigue cumpliendo  **doble función**: preenfriamiento (24–48 h) + almacenamiento de 2–3 meses para la fracción destinada a conservación convencional.*

**Tabla 30.** Capacidades de almacenamiento de los diferentes tipos de cámaras.

<b>Concepto</b>	<b>Antes</b>	<b>Antiguo + Nuevo (después)</b>
Capacidad total de almacenamiento	1.000 t	1.900 t
Cámaras AC (ULO)	$3 \times 250 \text{ t} = 750 \text{ t}$	$3 \times 250 \text{ t} + 2 \times 225 \text{ t} = 1.200 \text{ t}$
Cámaras de refrigeración estándar convencional	$1 \times 250 \text{ t} = 250 \text{ t}$	$1 \times 250 \text{ t} + 1 \times 225 \text{ t} = 475 \text{ t}$
Cámara de maduración	0 t	$1 \times 225 \text{ t} = 225 \text{ t}$
Preenfriamiento	En cámaras estándar existentes	En cámaras estándar (se mantiene como pulmón)

## 6.6 SUPERFICIES DE LA NAVE

La superficie construida en planta asciende a **9080,27 m<sup>2</sup>**, coincidiendo con las zonas realmente bajo cubierta. La Tabla 31 recoge todas las superficies útiles y construidas, diferenciando áreas interiores, exteriores y sobreplanta.

*Tabla 31 Superficie útil (m<sup>2</sup>) de la industria*

Zona	Superficie construida total (m <sup>2</sup> )	Superficie útil ocupada antes (m <sup>2</sup> )	Superficie útil ocupada diseñada (ampliación) (m <sup>2</sup> )	Superficie útil ocupada después (m <sup>2</sup> )
Zona de recepción (exterior)	4070	4070	-	4070
Cámaras frigoríficas (bloque completo)	2311	709,41(4 cámaras existentes)	530,40 (4 nuevas cámaras)	1239,81
Pasillo de distribución de cámaras	425	163,95	125,5 (nuevo pasillo ampliado)	289,45
Zona de lavado con drencher	648,00	125,70	-	125,70
Zona de procesado, confección y almacén	679,00	679,00	18,00 (línea flow-pack dentro de la misma superficie)	679,00
Oficinas, taquillas, vestuarios, aseos	28,65	28,65	-	28,65
Zona de expedición (exterior)	918,62	918,92	-	918,92
Sala de máquinas (sobreplanta — no computa en planta baja)	-	-	-	-
<b>TOTAL superficie útil en planta baja</b>	<b>9080,27 m<sup>2</sup> construidos</b>	<b>6692,63m<sup>2</sup></b>	<b>673,9 m<sup>2</sup></b>	<b>7351,53 m<sup>2</sup></b>



## 7. ESTUDIO VIABILIDAD ECONÓMICA

### 7.1 GASTOS DE INVERSIÓN

Los gastos de inversión para realizar la ampliación se detallan en la Tabla 32.

*Tabla 32 Gastos de inversión*

Concepto	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
<b>Sistema frigorífico principal</b>	CompresoresBITZER 4GE-23Y-40P (x2), 4CES-6Y-40S(x2), 2CES-4Y-40S (x1)	ud	5	6.800	34.000
<b>Condensador</b>	GüntnerGCHVRD 090.2MF/14A-67-0RVR.293M (230 kW)	ud	1	11.000	11.000
<b>Evaporadores</b>	GACRX 050.1/41N/HNA7E.UNNN (x4)yRX 040.1/31N/HJA7A.UNNN (x1)	ud	5	4.500	22.500
<b>Componentes auxiliares frigoríficos</b>	Separador de aceite válvulas de paso,válvulas antirretorno,visores, filtros,pre sostatos...	lote	1	6.000	6.000
<b>Sistema de control y automatización</b>	Cuadros eléctricos, PLC, sondas, válvulas solenoides, cableado de control	lote	1	8.500	8.500
<b>Cámaras frigoríficas (ampliación)</b>	PanelePIR, puertas,suelo aislado, estructura interior	m <sup>3</sup>	3.820	70	26.7400
<b>Sistema de aplicación y control de etileno (cámara de maduración)</b>	Generador de etileno, sensor, ventilación, controlador automático y sistema de purga(incluido en la partida anterior)	lote	1	-	0
<b>Máquina Flow Pack</b>	Envasadora horizontal automática tipo flow-pack	ud	1	1.800	19.800
<b>Cestas y material de envasado (arranque)</b>	Cestas plásticas, film y etiquetas (stock inicial campaña)	lote	1	2.500	2.500
<b>Carretilla eléctrica</b>	Linde E16 eléctrica, 1.600 kg	ud	1	23.000	23.000
<b>Báscula industrial de plataforma</b>	3.000 kg con verificación CEM	ud	1	3.200	3.200
<b>Transpaleta manual</b>	Jungheinrich AM 30, 3 t	ud	1	1.000	1.000
<b>Instalación eléctrica general</b>	Cableadodepotencia,protecciones,cuadrossecundarios,aluminbrado LED	lote	1	7.800	7.800
<b>Montaje y puesta en marcha</b>	Montaje mecánico, soldadura, vacío, carga frigorígena, pruebas y ajustes	lote	1	12.000	12.000
<b>TOTAL, INVERSIÓN INICIAL</b>					<b>418.700</b>

## 7.2 COSTES

### 7.2.1 COSTES ORDINARIOS

- **Costes de personal**

Se considera la siguiente dotación de personal en campaña y en fases de manipulación y expedición:

**Recepción y drencher:** 3 operarios.

**Selección manual en línea previa al calibrado:** 2 operarios.

**Mesas de confección / selección manual / envasado:** 16 operarios.

**Almacén y expedición:** 3 operarios.

**Personal técnico y administrativo:** 2 personas (1 técnico / jefe de línea + 1 administrativo).

**Total:** 24 operarios de producción + 2 empleados técnicos/administrativos = 26 personas.

Se supone actividad intensa durante unos 180 días/año (manipulación de entrada de campaña, envasado escalonado desde cámaras, expediciones), con las siguientes hipótesis de coste empresa:

Coste medio operario de producción: 80 €/día.

Coste medio técnico/administrativo: 120 €/día.

Producción:

$$C_{\text{personal,prod}} = 24 \text{ pers} * 80 \frac{\text{€}}{\text{día}} * 180 \frac{\text{día}}{\text{año}} = 345600 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Técnicos y administración:

$$C_{\text{personal,tec}} = 2 \text{ pers} * 120 \frac{\text{€}}{\text{día}} * 180 \frac{\text{día}}{\text{año}} = 43200 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Coste total de personal:

$$C_{\text{personal}} \approx 388.800 \frac{\text{€}}{\text{año}} \approx 390.000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

- **Coste energético: electricidad**

Se distinguen dos grandes bloques:

- Electricidad de la instalación frigorífica
- Electricidad resto de instalación (drencher, equipos zona de confección, oficinas, alumbrado, etc.).

Se considera, como resultado del balance térmico y de las horas de funcionamiento:

- Consumo anual aproximado de la instalación frigorífica: **85.000 kWh/año**
- Consumo anual del resto de la instalación: **125.000 kWh/año**

Con un precio medio de **0,16 €/kWh**:

- Frío:

$$C_{\text{frío}} = 85.000 \cdot 0,16 = 13.600 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Se añade un 30 % para ventiladores, bombas, pérdidas y márgenes:

$$C_{\text{frío, total}} \approx 13.600 \cdot 1,3 \approx 17.700 \approx 18.000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Resto de instalación:

$$C_{\text{elect, resto}} = 125.000 \cdot 0,16 = 20.000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

- **Coste eléctrico total:**

$$C_{\text{electricidad}} \approx 18.000 + 20.000 = 38.000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

$$\text{Redondeando: } 40000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

- **Costes de agua y fitosanitarios**

- **Fitosanitarios**

**Consumos diarios (ya calculados en el balance de materia)**

Naturcover®: 3 L/día

DECCOSAN® FH: 7,5 L/día

SCHOLAR® 230 SC: 3,75 L/día

**Para una campaña de 15 días:**

Naturcover®:  $3 \cdot 15 = 45$  L/campaña

DECCOSAN® FH:  $7,5 \cdot 15 = 112,5$  L/campaña

SCHOLAR® 230 SC:  $3,75 \cdot 15 = 56,25$  L/campaña

Se adoptan precios medios supuestos (PVP aproximados de distribuidores en 2025):

Naturcover®: 9 €/L

DECCOSAN® FH: 6 €/L

SCHOLAR® 230 SC: 30 €/L

Naturcover®:

$$C_{\text{Nat}} = 45 \text{ L} \cdot 9 \text{ €/L} = 405 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

DECCOSAN® FH:

$$C_{\text{Dec}} = 112,5 \text{ L} \cdot 6 \text{ €/L} = 675 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

SCHOLAR® 230 SC:

$$C_{\text{Sch}} = 56,25 \text{ L} \cdot 30 \text{ €/L} = 1687,5 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Total fitosanitarios:

$$C_{\text{fito}} = 405 + 675 + 1.688 \approx 2770 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

- **Agua**

Para el cálculo del coste del agua se supone:

- 1.700.000 kg de pera manipulada/año
- Consumo medio (lavado + drencher + limpieza): 0,6 L/kg
- Consumo anual:

$$V_{\text{agua}} = 1.700.000 \cdot 0,6 \text{ L} = 1.020.000 \text{ L} \approx 1.020 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

- Tarifa media (agua + saneamiento):  $\sim 1 \text{ €/m}^3$

Coste anual de agua:

$$C_{\text{agua}} \approx 1.020 \cdot 1 \approx 1.000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

**Agua + fitosanitarios:**

$$C_{\text{agua+fito}} \approx 1.000 + 2.770 \approx 3.800 \frac{\text{€}}{\text{año}} \approx 4.000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

**Coste anual de agua y fitosanitarios:**

$$C_{\text{agua+fito}} = 1.000 + 2.770 \approx 3800 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Se considerará un coste anual de agua y fitosanitarios

$$4000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

- **Coste de envases y material de envasado**

La masa de fruta envasada en formato flow-pack es:

$$M_{\text{flow}} = 680000 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

$$N_{\text{packs}} = 680.000 \frac{\text{packs}}{\text{año}}$$

Se supone un coste unitario (cesta + film + etiqueta + manipulación) de:

$$C_{\text{pack}} = 0,18 \frac{\text{€}}{\text{pack}}$$

Coste de envases flow-pack:

$$C_{\text{flow}} = 680.000 \cdot 0,18 = 122400 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Para la fruta en granel, se adopta un coste adicional de embalaje (cajas, palots, reposición, etiquetado) de 0,03 €/kg:

$$C_{\text{granel}} = 1020000 \cdot 0,03 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Total, envases:

$$C_{\text{envases}} = 122400 + 30600 \approx 153000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Redondeando:

Coste anual de envases y material de envasado: 150000 €/año.

- **Costes de Mantenimiento y otros gastos generales**

Se considera:

- Mantenimiento equipos frigoríficos, equipos confección, carretilla, báscula, etc.:  
~5 % del valor de equipos ≈ 8.000 €/año.
- Mantenimiento de cámaras (paneles PIR, puertas, juntas, etc.):  
~1 % del coste de cámaras ≈ 3.000 €/año.
- Mantenimiento total: 11.000 €/año.

Otros gastos generales (seguros, telefonía, asesoría, laboratorio, EPIs, etc.):

Otros gastos generales: 40.000 €/año.

## **RESUMEN DE COSTES ORDINARIOS ANUALES**

*Tabla 33 Costes ordinarios anuales*

<b>Concepto</b>	<b>Importe anual (€)</b>
Personal	390.000
Electricidad (frío + resto proceso)	40.000
Agua y fitosanitarios	4.000
Envases y material de envasado	150.000
Mantenimiento	11.000
Otros gastos generales	40.000
<b>TOTAL COSTES ORDINARIOS</b>	<b>640.000</b>

### **7.2.2. COSTES EXTRAORDINARIOS**

#### **Costes extraordinarios**

Los costes extraordinarios mostrados en la Tabla 34 son gastos que no se producen todos los años, sino de forma puntual (renovación de equipos, reformas, etc.). Para el horizonte de estudio (10 años) se consideran :

*Tabla 34 Costes extraordinarios anuales*

<b>Concepto</b>	<b>Año</b>	<b>Descripción</b>	<b>Importe (€)</b>
Renovación parcial Flow-pack	10	Sustitución elementos críticos (cintas, mordazas...)	8.000
Renovación carretilla eléctrica	10	Batería y revisión general	6.000
Renovación material de envasado rígido	5	Sustitución de cestas/cajas deterioradas	5.000
Pequeñas reformas en cámaras	8	Reparación puertas, juntas y paneles	7.000

## 7.3 INGRESOS

### 7.3.1 INGRESOS ORDINARIOS

Se considera que toda la fruta vendible (1.700.000 kg/año) se comercializa en dos formatos:

- Flow-pack / envase de valor añadido: 40 %
- Granel / caja estándar: 60 %

Precios medios de venta (estimación para 2025):

- Precio medio flow-pack/enase de valor añadido ( $P_{\text{flow}}$ ): 1,20 €/kg
- Precio medio granel ( $P_{\text{Granel}}$ ): 0,80 €/kg
- Cálculo de ingresos:

$$M_{\text{Flow}} = 680.000 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

$$M_{\text{Granel}} = 1.020.000 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

$$I_{\text{Flow}} = M_{\text{Flow}} * P_{\text{flow}} = 680.000 * 1,2 = 816.000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

$$I_{\text{Granel}} = M_{\text{Granel}} * P_{\text{Granel}} = 1.020.000 * 0,80 = 816.000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

$$I_{\text{Total}} = I_{\text{Flow}} + I_{\text{Granel}} = 816.000 \frac{\text{€}}{\text{año}} + 816.000 \frac{\text{€}}{\text{año}} = \mathbf{1.632.000} \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

**Tabla 35** Costes extraordinarios anuales

Concepto	Masa (kg/año)	Precio (€/kg)	Importe anual (€)
Venta flow-pack	680.000	1,20	816.000
Venta en granel	1.020.000	0,80	816.000
<b>TOTAL, INGRESOS ORDINARIOS</b>			<b>1.632.000</b>

### 7.3.2 INGRESOS EXTRAORDINARIOS

No se consideran subvenciones ni otros ingresos extraordinarios en el escenario base:

- **Ingresos extraordinarios = 0 €**

(En un escenario alternativo podrías comentar una posible subvención del 20 % de la inversión, pero no la hemos incluido en los cálculos de VAN/TIR para ser conservadores.)

### 7.3.3 Resultado anual

Con los datos anteriores, se construye un estado de resultados anual típico.

Ingresos ordinarios: 1.632.000 €/año.

Costes ordinarios: 640.000 €/año.

#### **Margen antes de amortización**

$$\text{Margen bruto} = 1632000 - 640000 = \mathbf{992000} \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

#### **Amortizaciones**

Se separa la inversión en:

- Cámaras: 267400 € → vida útil 25 años.
- Equipos y maquinaria: 418700 – 267400 = 151300 € → vida útil 15 años.

Amortización anual:

$$A_{\text{cámaras}} = \frac{267400}{25} = 10696 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

$$A_{\text{equipos}} = \frac{151300}{15} = \frac{151300}{15} \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

$$A_{\text{Total}} = A_{\text{cámaras}} + A_{\text{equipos}} = 20800 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

#### **Beneficio antes de impuestos (BAI):**

$$\text{BAI} = 1.632.000 - 640.000 - 20.800 = 971200 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Suponiendo un tipo de Impuesto de Sociedades del 25 %:

$$\text{Impuesto} = 0,25 \cdot 971200 = 242800 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

**Beneficio neto (BN):**

$$\text{BN} = 971200 - 242800 = 728400 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

*Tabla 36 Resumen ingresos, costes, amortización y beneficio neto*

Concepto	Importe (€ / año)
Ingresos ordinarios	1.632.000
Costes ordinarios	640.000
<b>Margen bruto</b>	<b>992.000</b>
Amortización	20.800
<b>Beneficio antes de impuestos</b>	<b>971.200</b>
Impuesto (25 %)	242.800
<b>Beneficio neto</b>	<b>728.400</b>

## 7.4 ANÁLISIS FINANCIERO

### Flujo de caja y análisis financiero

El flujo de caja anual se obtiene sumando al beneficio neto las amortizaciones (que no suponen salida de caja):

$$\text{Flujo de caja} = \text{Beneficio Neto} + \text{Amortización}_{\text{total}} = 728.400 + 20.800 = 749200 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

### Para el análisis financiero se toma:

- Horizonte de estudio: 10 años
- Inversión inicial: 418.700 € (año 0)
- Flujo de caja anual base: 749.200 €/año
- **Costes extraordinarios: se consideran como salidas adicionales de caja:**
  - Año 5: 5.000 €
  - Año 8: 7.000 €
  - Año 10: 8.000 + 6.000 = 14.000 €

Por tanto, los flujos netos de caja son:

- Años 1–4, 6–7, 9: 749.200 €/año
- Año 5: 749.200 – 5.000 = 744.200 €/año
- Año 8: 749.200 – 7.000 = 742.200 €/año
- Año 10: 749.200 – 14.000 = 735.200 €/año

Estos son los flujos empleados en VAN y TIR.

### **Periodo de retorno simple (Pay-back)**

El periodo de recuperación simple de la inversión se calcula como:

$$\text{Payback} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Flujo de caja anual}} = \frac{418700}{749200} = 0,56 \text{ años}$$

Es decir, la inversión se recupera en algo menos de 7 meses de operación, lo que indica una viabilidad económica muy elevada (en parte porque se está amortizando una ampliación sobre una actividad ya existente).

### **Valor Actual Neto (VAN)**

Se adopta un tipo de actualización del **6 % anual**, razonable para inversiones agroindustriales.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^{10} \frac{CF_t}{(1 + 0,06)^t}$$

Sustituyendo los flujos de caja indicados:

- **VAN (i = 6 %) ≈ 5.080.000 €**

(≈ **5,08 millones de euros**, muy superior a cero, lo que indica una alta rentabilidad económica del proyecto.)

### **Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)**

La TIR es el tipo de descuento que hace **VAN = 0**:

$$0 = -418.700 + \sum_{t=1}^{10} \frac{CF_t}{(1 + TIR)^t}$$

Resolviendo numéricamente:

- **TIR ≈ 179 % anual**

Es una TIR muy elevada, consecuencia de que:

- La inversión inicial (418.700 €) es relativamente baja
- Frente a unos flujos de caja anuales muy altos (~749.000 €/año)
- Y un horizonte de 10 años

### **Rentabilidad sobre la inversión**

La rentabilidad anual sobre la inversión (ROI) se puede estimar como:

$$ROI = \frac{BN}{\text{Inversión inicial}} = \frac{728400}{418700} = 1,74 \rightarrow \frac{174\%}{\text{año}}$$

Incluso considerando escenarios más conservadores (precios de venta menores, mayores costes salariales o energéticos), la rentabilidad sigue siendo muy favorable.

### **Conclusiones del estudio de viabilidad económica**

El análisis económico realizado demuestra que la ampliación de la instalación — compuesta por la incorporación de nuevas cámaras frigoríficas, una cámara de maduración y la implantación de una línea de envasado flow-pack— es técnica y financieramente viable, mostrando una rentabilidad muy elevada en el horizonte de estudio.

La inversión inicial asciende a 418.700 €, mientras que los costes ordinarios anuales se sitúan en torno a 640.000 €, incluyendo personal, energía, agua, fitosanitarios, envases, mantenimiento y otros gastos generales. Para una producción comercializable estimada de 1.700.000 kg/año, y con precios medios de venta de 1,20

€/kg en flow-pack y 0,80 €/kg en granel, los ingresos ordinarios alcanzan 1.632.000 €/año.

El beneficio neto anual resultante es de aproximadamente 728.400 €/año, generando un flujo de caja de 749.200 €/año, lo cual permite recuperar la totalidad de la inversión en menos de un año (*payback* ≈ 0,56 años). El proyecto presenta además una rentabilidad anual sobre la inversión (ROI) superior al 170 %, un VAN muy elevado para un tipo de descuento del 6 % y una TIR en torno al 179 %, indicadores que confirman de forma contundente la solidez económica de la ampliación.

En conjunto, los resultados obtenidos muestran que la inversión no solo es recuperable en un plazo extremadamente corto, sino que además aporta un incremento sustancial en la capacidad productiva, la autonomía de almacenamiento y la eficiencia del proceso de envasado. Siempre que las hipótesis de producción y precios se mantengan dentro de los rangos estimados, la ampliación propuesta constituye una decisión altamente rentable y estratégica para la empresa.

## 8. ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES

Para realizar un análisis del impacto medioambiental de una empresa que se dedica a la conservación y el envasado de peras, hay que tener en cuenta cada etapa del proceso productivo, desde la adquisición de la materia prima hasta la distribución del producto. A continuación, muestro cómo descomponer los aspectos más importantes a considerar.

### 1. Consumo de agua

Las empresas de conservación y envasado de frutas como la pera utilizan cantidades significativas de agua para lavar, clasificar y procesar la fruta.

#### **Efectos:**

Un uso intensivo de agua puede causar un estrés hídrico en las áreas donde las plantas procesadoras se localizan, especialmente si están situadas en áreas con poco acceso al recurso.

#### **Para mitigar ese impacto ambiental la empresa puede:**

Implementar tecnologías que reutilicen el agua en el proceso.

### 2. Generación de residuos sólidos

Durante el procesado de las peras, se generan residuos sólidos como cáscaras, semillas y frutas en mal estado. Estos deben ser eliminados y manejados según corresponda.

#### **Efectos:**

Efectos negativos si hay una mala gestión de los residuos sólidos ya que, puede contribuir a la generación de metano que es un gas de efecto invernadero y a la contaminación del agua superficial o del suelo afectado por las malas eliminaciones de residuos.

#### **Para mitigar ese impacto ambiental la empresa puede:**

Con Los residuos orgánicos generados de la fruta se pueden utilizar para compost o alimentar al ganado, lo que reduce los desperdicios al mínimo.

Los residuos orgánicos pueden convertirse en una fuente valiosa si se gestionan correctamente:

Usar los desechos para la generación de compostaje para devolver los nutrientes al suelo.

Usar tecnologías de digestión anaeróbica para producir biogás, que puede aprovecharse como energía.

### **3. Consumo de energía en las cámaras de refrigeración con atmósfera controlada**

La atmósfera controlada requiere equipos que monitorean y ajustan constantemente los niveles de gases y la temperatura dentro de las cámaras.

#### **Efectos:**

- Si hay un alto consumo de electricidad para mantener los sistemas de control atmosférico y de refrigeración puede contribuir a una mayor huella de carbono si la energía proviene de fuentes no renovables y a emisiones indirectas de CO<sub>2</sub>, si el suministro eléctrico proviene de combustibles fósiles.

#### **Para mitigar ese impacto ambiental la empresa puede:**

- Reducir el consumo de energía
- Usar fuentes de energía renovable, como solar o eólica, para alimentar los sistemas de control de atmósfera.
- Mejora en la eficiencia energética de los equipos como el uso de sistemas de refrigeración más eficientes o cámaras de almacenamiento mejor aisladas.

### **4. Emisión de gases refrigerantes:**

Los sistemas de refrigeración de las cámaras de atmósfera controlada a menudo utilizan refrigerantes que, si se liberan al ambiente, pueden ser potentes gases de efecto invernadero, como el hidrofluorocarbonado (HFC).

#### **Efecto:**

Los HFC tienen un efecto mucho mayor que el CO<sub>2</sub> en términos de calentamiento global y altas probabilidades de fuga durante el mantenimiento o fallo de los sistemas.

#### **Para mitigar ese impacto ambiental la empresa puede:**

- Reducir la emisión de estos gases mediante el uso de refrigerantes con bajo impacto ambiental, como los naturales o HFC con un potencial de calentamiento global bajo

- Se debe implementar un programa de mantenimiento y monitoreo para minimizar la base posibilidad y asegurar un uso adecuado de los sistemas.

## **5. Embalaje y Residuos de material de embalaje como el plástico.**

El envasado de peras usando materiales plásticos, tiene un impacto ambiental significativo:

Efectos:

Generación de residuo de plástico, el cual lleva cientos de años en descomponerse y puede terminar como contaminación de vertedero o ambiental si no se reciclan apropiadamente.

**Acción correctiva:**

- Los residuos de embalaje pueden minimizarse al elegir unos materiales de embalaje sostenible duraderos como plástico biodegradable o reutilizable.
- Fomentar un sistema de reciclaje eficiente dentro de la empresa y con los consumidores.
- Usar envases minimalistas, reduciendo la cantidad de material empleado sin comprometer la calidad del producto.

## **6. Transporte**

Al transportar la fruta desde su recolección en los campos de cultivo a la planta de conservación y envasado, y luego a los distribuidores o puntos de venta, genera impactos como:

**Emisiones de gases de efecto invernadero** debido al uso de vehículos que funcionan con combustibles.

**Consumo de combustibles**, lo que incrementa la huella ambiental de la empresa.

Para mitigar ese impacto ambiental la empresa puede:

- Mejorar las rutas de transporte para reducir distancias recorridas y tiempos de entrega.

- Considerar el uso de **vehículos eléctricos** o con menor consumo de combustible.
- Priorizar el transporte local o regional, minimizando el impacto asociado a las largas distancias.

## **7. Contaminación por desechos gaseosos en la atmósfera controlada**

Impacto:

En el proceso de atmósfera controlada, se utilizan gases como el dióxido de carbono para reducir la respiración de las peras y alargar su vida útil. Estos gases deben manejarse adecuadamente para evitar su liberación innecesaria.

Efectos:

La liberación accidental de gases podría contribuir al calentamiento global, especialmente si se usan grandes cantidades de CO<sub>2</sub> u otros gases.

Para mitigar ese impacto ambiental la empresa puede:

- Recuperar y reutilización los gases durante el proceso.
- Implementar sistemas que minimicen la pérdida de gases y su fuga al ambiente.

## **8. Uso de productos químicos para el lavado en drencher de la fruta.**

- Impacto:

Al utilizar productos químicos como conservantes para evitar el deterioro de las peras durante el lavado en drencher, pueden tener impactos negativos como:

- Contaminación del agua y del suelo si los productos químicos no son manejados adecuadamente.
- Riesgo para la salud de los trabajadores si están expuestos a esos productos de manera continuada.

La empresa puede reducir estos riesgos optando por:

- Mejora en la formación y manejo de la utilización de productos químicos, garantizando que se usen de forma segura y responsable.

## 9. CONCLUSIONES

El presente Trabajo de Fin de Grado ha permitido realizar el diseño y la ampliación de una empresa agroalimentaria que se dedica a la conservación y al manejo de peras de la variedad Conferencia durante la fase de post-cosecha en la zona de La Rioja Baja. Debido a la complejidad del tema, el estudio ha tratado todos los aspectos que permiten llevar a cabo una conservación de la fruta al mismo tiempo que el almacenamiento es eficiente, seguro y de calidad, lo que requiere combinar los conocimientos de fisiología vegetal, las tecnologías de conservación, la ingeniería de los frigoríficos y la gestión industrial. Por otro lado, el análisis de la producción y de la fisiología y calidad de la pera Conferencia ha permitido confirmar la importancia que tiene aplicar un correcto manejo desde la recolección hasta el almacenamiento, puesto que se trata de una fruta climatérica muy sensible al etileno, a la temperatura y al tiempo de enfriamiento, y que un preenfriamiento rápido, la utilización adecuada del drencher y el control de la humedad, temperatura y composición gaseosa son elementos fundamentales para conseguir obtener fruta firme, evitar alteraciones fisiológicas importantes y disminuir las pérdidas comerciales. En lo que concierne la conservación, se han considerado diferentes tecnologías, desde la refrigeración convencional hasta las más avanzadas como atmósfera controlada, ULO, X-ULO o DCA. Estas tecnologías han resultado ser fundamentales para la vida útil del producto y sus propiedades organolépticas, sobresaliendo en el caso de una variedad como Conferencia, que tiene un alto nivel de demanda en los mercados nacionales e internacionales. El diseño industrial hecho permite dimensionar una ampliación de cámaras frigoríficas que incrementan la capacidad de almacenamiento de 1.000 t a 1.900 t. Se han calculado las necesidades térmicas, se ha seleccionado el equipo frigorífico y se ha establecido la distribución en planta de las nuevas instalaciones. El estudio concluye que la ampliación propuesta tanto mejora la eficiencia de las instalaciones, como disminuye el tiempo de proceso y permite gestionar mayores volúmenes de fruta con las garantías de calidad. Finalmente, el estudio económico concluye que la inversión propuesta es viable y responde a una rentabilidad adecuada, fundamentada en una notable mejora de la capacidad productiva y en una mayor competitividad de la empresa dentro del sector hortofrutícola. En conjunto, el proyecto evidencia que la ampliación diseñada no solo responde a las necesidades actuales de la empresa, sino que también la prepara para afrontar las exigencias de un mercado cada vez más competitivo, reforzando su sostenibilidad, eficiencia y capacidad de crecimiento futuro.

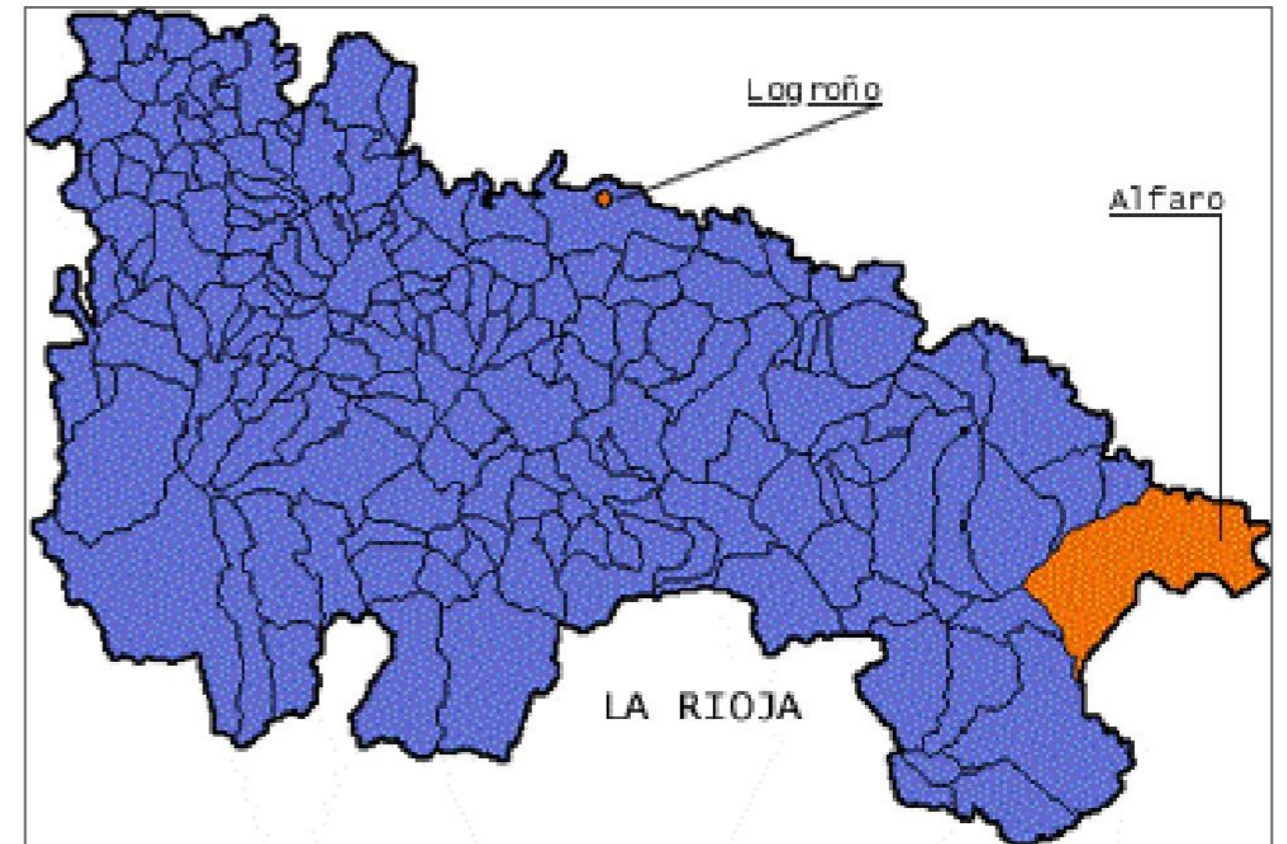
## **10. PLANOS**

PLANO 1. LOCALIZACIÓN


PLANO 2. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

PLANO 3. DISTRIBUCIÓN DE LA MAQUINARIA

PLANO 4. DIAGRAMA DE FLUJO EN PLANTA



**PARCELA  
INDUSTRIA**  
Huso UTM 30  
X: 601.524  
Y: 4.671.340

<p>Diseño e instalaciones de una empresa agroalimentaria para el manejo y la conservación post-cosecha de peras de la variedad Conferencia en la zona de La Rioja Baja</p>		
<p>TITULACIÓN: INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL SITUACIÓN: PARCELA 79 DEL POLÍGONO 65 DE ALFARO (LA RIOJA)</p>		
<p>AUTOR DEL PROYECTO: MARÍA HERNÁNDEZ GARCÍA</p>		<p>FECHA: 12-9-25 ESCALA: S/E</p>
<p>TÍTULO: PLANO DE LOCALIZACIÓN</p>		<p>PLANO Nº: 1</p>

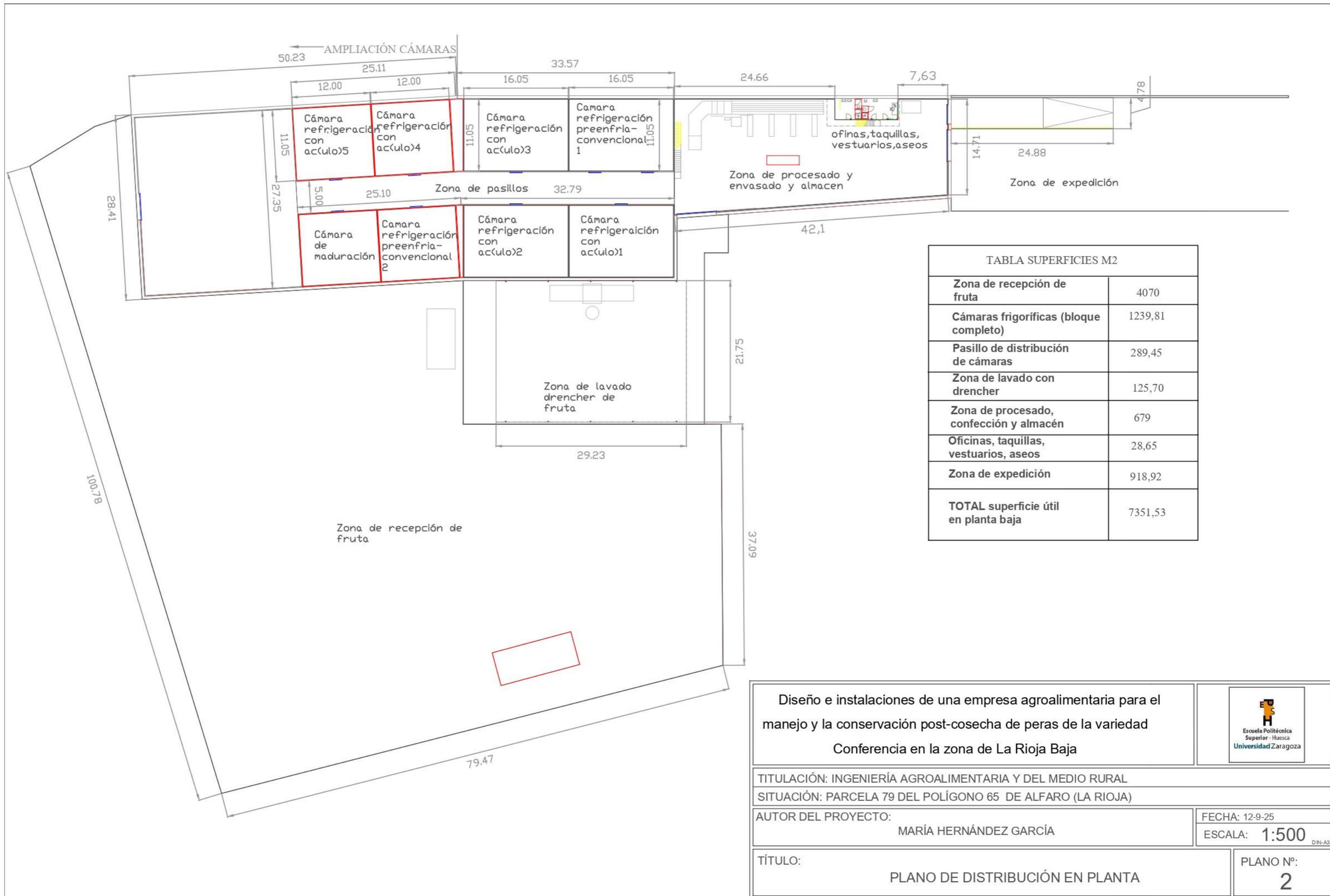



TABLA SUPERFICIES M2

Zona de recepción de fruta	4070
Cámaras frigoríficas (bloque completo)	1239,81
Pasillo de distribución de cámaras	289,45
Zona de lavado con drencher	125,70
Zona de procesado, confección y almacén	679
Oficinas, taquillas, vestuarios, aseos	28,65
Zona de expedición	918,92
<b>TOTAL superficie útil en planta baja</b>	<b>7351,53</b>

Diseño e instalaciones de una empresa agroalimentaria para el manejo y la conservación post-cosecha de peras de la variedad Conferencia en la zona de La Rioja Baja



TITULACIÓN: INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL  
 SITUACIÓN: PARCELA 79 DEL POLÍGONO 65 DE ALFARO (LA RIOJA)

AUTOR DEL PROYECTO: MARÍA HERNÁNDEZ GARCÍA

FECHA: 12-9-25  
 ESCALA: 1:500 DIN-A3

TÍTULO: PLANO DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

PLANO Nº: 2

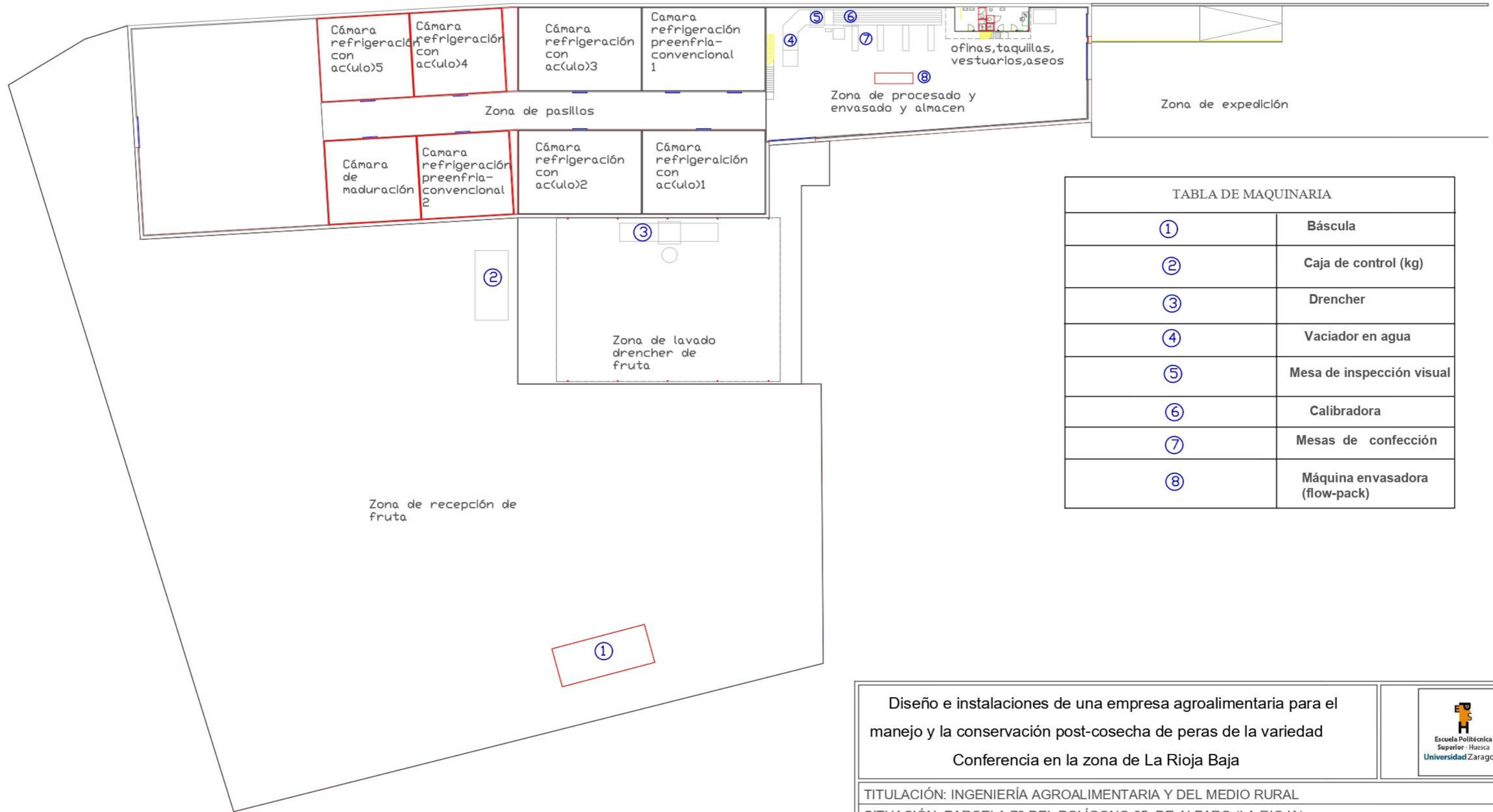



TABLA DE MAQUINARIA	
①	Báscula
②	Caja de control (kg)
③	Drencher
④	Vaciador en agua
⑤	Mesa de inspección visual
⑥	Calibradora
⑦	Mesas de confección
⑧	Máquina envasadora (flow-pack)

<b>Diseño e instalaciones de una empresa agroalimentaria para el manejo y la conservación post-cosecha de peras de la variedad Conferencia en la zona de La Rioja Baja</b>		
TITULACIÓN: INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL SITUACIÓN: PARCELA 79 DEL POLÍGONO 65 DE ALFARO (LA RIOJA)		
AUTOR DEL PROYECTO: MARÍA HERNÁNDEZ GARCÍA		FECHA: 12-9-25 ESCALA: 1:500 <small>DIN-A3</small>
TÍTULO: DISTRIBUCIÓN DE LA MAQUINARIA DE LA PLANTA DE LA NAVE		PLANO Nº: <b>3</b>

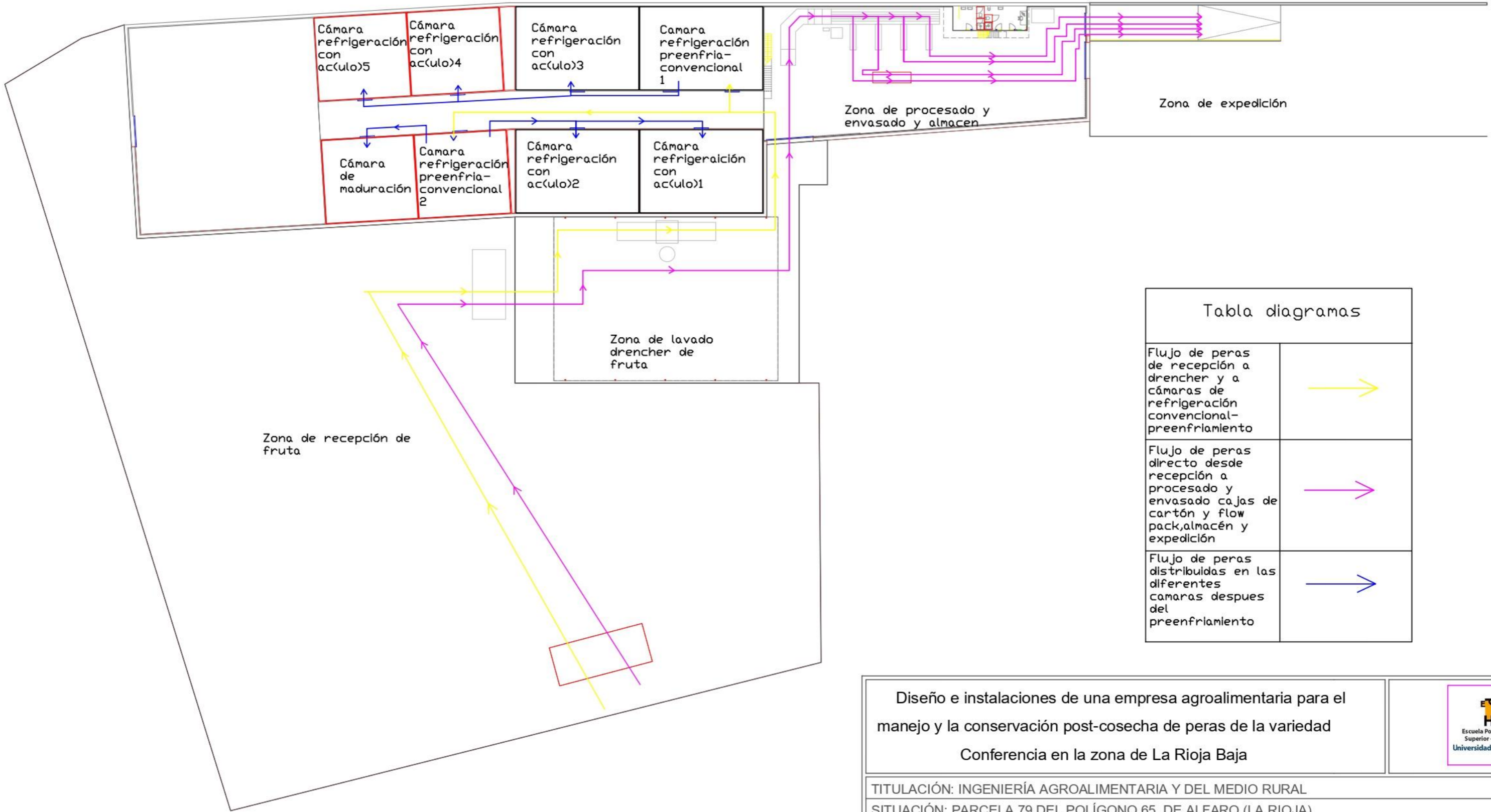



Tabla diagramas	
Flujo de peras de recepción a drencher y a cámaras de refrigeración convencional-preenfriamiento	→
Flujo de peras directo desde recepción a procesamiento y envasado cajas de cartón y flow pack,almacén y expedición	→
Flujo de peras distribuidas en las diferentes camaras despues del preenfriamiento	→

<p>Diseño e instalaciones de una empresa agroalimentaria para el manejo y la conservación post-cosecha de peras de la variedad Conferencia en la zona de La Rioja Baja</p>		
<p>TITULACIÓN: INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL</p>		
<p>SITUACIÓN: PARCELA 79 DEL POLÍGONO 65 DE ALFARO (LA RIOJA)</p>		
<p>AUTOR DEL PROYECTO: MARÍA HERNÁNDEZ GARCÍA</p>		<p>FECHA: 12-9-25</p>
		<p>ESCALA: 1:500 <small>DIN-A3</small></p>
<p>TÍTULO: DIAGRAMA DE FLUJO EN PLANTA</p>		<p>PLANO Nº: 4</p>

## 11. BIBLIOGRAFÍA

ATLASBIG.(2025). Obtenido de <https://es.atlasbig.com/paises-por-produccion-de-peras>

BELCA.(2025).<https://www.belca.es/soluciones-de-envase/maquinas-ensado/flow-pack/flow-pack-bf325h/>.

BITZER. (2025). <https://www.bitzer.de/pr/es/tools-archive/software/software/>.

BOE.(2019). <https://www.boe.es/eli/es/rd/2019/09/27/552/dof/spa/pdf>.

BURGMACHINERY.(2020). <https://www.burgmachinefabriek.nl/es/maquinaria/vaciador-en-agua-2/>.

CEPEX.(2025). <https://www.cepex.com/es/>.

col, M. y. (2013).

Consejería de Agricultura, G. y. (2011). Obtenido de DOP Peras de Rincón de Soto:  
<https://web.larioja.org/normativa?n=1404>

DANFOSS. (2025). <https://www.danfoss.com/es-es/>.

Decco Ibérica, S. (2023). Obtenido de Fichas técnicas de Naturcover y Deccosan FH:  
<https://www.deccoiberica.com>

GREEFA.(2019). <https://www.greefa.com/es/product/combisort/>.

GROUP, B.(2025). <https://besseling-group.com/es/>.

Güntner. (2025). <https://www.pecomark.com/es/c/p/324706>.

IDAE.(2025).[https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_12\\_Guia\\_tecnica\\_condiciones\\_climaticas\\_exteriores\\_de\\_proyecto\\_e4e5b769.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_12_Guia_tecnica_condiciones_climaticas_exteriores_de_proyecto_e4e5b769.pdf)

Ilerfred.(2024). <https://www.ilerfred.com/historia-los-sistemas-conservacion-la-fruta/>

Infoagro.(2025). Obtenido de [https://infoagro.com/frutas/frutas\\_tradicionales/peras.htm](https://infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/peras.htm)

Isolcell.(2025). <https://www.storage-isolcell.com/es/dinamico2-eco/>.

JUNGHEINRICH.(2025).<https://www.jungheinrich.es/productos/carretillasnuevas/transpaletas/transpaletas-manuales/am-30-482514>.

KRONEN.(2020).<https://www.kronen.eu/es/soluciones/mesa-de-inspeccion-con-banda>.

LINDE.(2024). <https://www.linde-mh.es/es/Productos/Carretillas-electricas/E16-E20-P/>.

LOPEZ,F.(2023).[https://www.ferreteriaonline.es/producto/bascula-suelo-plataforma-3000kg-base-2x1.5m-con-verificacion-\\$\\$\\$oferta\\$\\$\\$6-16222515](https://www.ferreteriaonline.es/producto/bascula-suelo-plataforma-3000kg-base-2x1.5m-con-verificacion-$$$oferta$$$6-16222515).

MAPA. (s.f.). Obtenido de SIGPAC: <https://sigpac.mapama.gob.es/fega/visor/>

MAPA.(2021).ObtenidodeMinisteriodeAgricultura,PescayAlimentación:<https://www.mapa.gob.es>

MAPA.(2023).ObtenidodeANÁLISISDECAMPAÑA:[https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/estadisticas/230425frutapepitacampana2022-232\\_tcm30-650688.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/estadisticas/230425frutapepitacampana2022-232_tcm30-650688.pdf)

MELGAREJO. (2000). *CÁMARAS FRIGORÍFICAS Y TÚNELES DE ENFRIAMIENTO*.

METALICAS.(2020).<https://metalicas-sanchezromero.com/nuestros-productos/drencher-3000/>.

MINISTERIO.(s.f.).[https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBAnteriores/D BHE\\_200801.pdf](https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBAnteriores/D BHE_200801.pdf).

Moreiras y Col. (2013).

Panelbuilding.(2024).Obtenidode<https://panelbuilding.es/blog/panel-sandwich-frigorifico-para-construccion-modular-camaras-frias/>

Soto,G.O.(s.f.).*Perasderincondesoto*.Obtenidode:<https://go.perasderincondesoto.com/guia-de-buenas-practicas/>

Statista. (2025). Obtenido de <https://es.statista.com/>

SUMINISTROS,C.(2025).<https://climasuministros.es/es/recuperadora-refrigerante/1278-filtro-visor-recuperacion-de-gas-refrigerante-reciclaje-category.html>.

SUNBOX.(2025).[https://sunboxonline.com/index.php?route=product/product&product\\_id=3806](https://sunboxonline.com/index.php?route=product/product&product_id=3806).

Syngenta España, S. (2023). *Ficha técnica de Scholar 230 SC*. Obtenido de <https://www.syngenta.es>