



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

Máster en Ingeniería Industrial

**MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**Propuesta de proyecto de mini quesería portable y  
sostenible**

**Autor: D. Pablo Rodríguez Revuelta**

**Tutora: Dra. Marta Herráez Sánchez**

**Valladolid Julio 2022**





Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

Máster en Ingeniería Industrial

**MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**Propuesta de proyecto de mini quesería portable y  
sostenible**

**Autor: D. Pablo Rodríguez Revuelta**

**Tutora: Dra. Marta Herráez Sánchez**

**Valladolid Julio 2022**



## RESUMEN

La infrautilización a nivel mundial de las explotaciones de ganado ovino motiva la necesidad de aumentar su valor añadido. Este proyecto consiste en realizar un estudio preliminar sobre el diseño y el dimensionamiento de una mini quesería que sea portable y sostenible. El diseño consiste en una fase inicial de concepción, seguida por una propuesta de estudio del impacto social, económico y ambiental de la mini quesería. El dimensionado de esta engloba la definición del volumen de producción de queso, el diseño conceptual del diagrama de flujo de proceso (a partir de las operaciones unitarias de este), y la distribución en planta del proceso productivo, considerando la elección de la maquinaria necesaria para llevar a cabo el proceso de elaboración de queso. Finalmente, se han detallado las propuestas de ingeniería de las obras, así como de la ingeniería de las instalaciones, que faciliten el funcionamiento de la mini quesería.

**Palabras Clave:** diseño de producto, quesería, proceso productivo, sostenibilidad, instalaciones industriales.

## ABSTRACT

The worldwide under-use of sheep farms motivates the need to increase their added value. This project aims to conduct a preliminary study on the design and sizing of a portable and sustainable mini-cheese factory. The design involves an initial conception phase, followed by a proposal for a study of the social, economic and environmental impact of the mini-cheese factory. The sizing of the mini-cheese factory includes the definition of the cheese production volume, the conceptual design of the process flow diagram (based on its unit operations), and the plant layout of the production process, considering the choice of the necessary machinery to carry out the cheese production process. Finally, the engineering proposals of the construction works, as well as the engineering of the installations, have been detailed to facilitate the operation of the mini-cheese factory.

**Keywords:** product design, cheese factory, production process, sustainability, industrial installations.



## **AGRADECIMIENTOS:**

A mi padre, a mi madre, a mi hermana y a mis abuelos, que han sido siempre un apoyo incondicional durante estos años, todos mis éxitos son gracias a vuestro esfuerzo, implicación y motivación. Gracias a vosotros he podido alcanzar este nivel de educación y vivir las experiencias que he vivido, tanto en España como en el extranjero.

A Andrea por estar siempre ahí, ser un apoyo en el día a día y animarme cuando más lo necesito.

A mi tutora, la Dra. Marta Herráez por sus consejos, por hacerme mejorar continuamente, y por su ayuda durante la elaboración del TFM.

A mis amigos con los que he compartido estos bonitos años. Gracias por hacer esta etapa más amena.

A IDT Ingeniería y Dassault Systèmes, empresas que me han dado la oportunidad de descubrir el mundo laboral y aprender de sus profesionales.



## Índice

Capítulo 1 – Introducción y Objetivos .....	1
1.1 Antecedentes del proyecto.....	1
1.2 Necesidades y objetivos del proyecto .....	4
Capítulo 2 – Fases de concepción de la mini quesería. Análisis de la sostenibilidad.	9
2.1 Análisis funcional .....	9
2.2 Impacto en la dimensión social – Implantación en comunidades desfavorecidas .....	15
2.3 Impacto en la dimensión económica - Estudio de Mercado .....	16
2.4 Impacto en la dimensión ambiental - Estudio del impacto ambiental .....	19
Capítulo 3 – Definición del volumen de producción de quesos .....	25
3.1 Necesidades de la explotación ganadera en Castilla y León .....	25
3.2 Extrapolación a países en desarrollo .....	26
3.3 Estimación del volumen de producción de quesos .....	27
Capítulo 4 – Descripción del Proceso Productivo. Distribución en planta. ....	29
4.1 Diagrama de flujo del proceso .....	29
4.2 Operaciones del proceso productivo.....	31
4.3 Selección de maquinaria.....	34
4.4 Distribución en planta del proceso .....	34
Capítulo 5 – Ingeniería del Proyecto .....	41
5.1 Ingeniería de las obras.....	41
5.2 Ingeniería de las instalaciones.....	45
5.2.1 Instalación de frío .....	46
5.2.2 Instalación de saneamiento.....	53
5.2.3 Instalación de electricidad .....	57
5.2.4 Instalación fotovoltaica .....	66
5.2.5 Instalación de fontanería .....	68
5.2.6 Instalación de calefacción .....	70
Capítulo 6 – Estudio económico .....	73
Capítulo 7 – Conclusiones y líneas de futuro .....	77
Capítulo 8 – Referencias bibliográficas .....	85
Anexo A – Ingeniería del Proceso. Selección de maquinaria	
Anexo B – Ingeniería de las Instalaciones	
Anexo C – Planos	



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Categorización de indicadores de la sostenibilidad industrial / Fuente: Mengistu y Panizzolo, 2022.....	3
Ilustración 2 - Indicadores de sostenibilidad de la mini quesería / Fuente: Elaboración propia .....	4
Ilustración 3 – Antecedentes y necesidades a satisfacer / Fuente: Elaboración propia .....	5
Ilustración 4 – Pasos a seguir para realizar el diseño y dimensionamiento de la mini quesería. / Fuente: Elaboración propia.....	8
Ilustración 5 - Análisis Funcional / Fuente: Elaboración propia .....	9
Ilustración 6 - Diagrama de operaciones / Fuente: Elaboración propia .....	13
Ilustración 7 - Diagrama de interacciones - Situación de vida 1/ Fuente: Elaboración propia	14
Ilustración 8 - Diagrama de interacciones - Situación de vida 2/ Fuente: Elaboración propia	14
Ilustración 9 - Diagrama de interacciones - Situación de vida 3/ Fuente: Elaboración propia	15
Ilustración 10 - Resumen del presupuesto estimado de la maquinaria empleada en el proceso productivo.....	18
Ilustración 11 - Modelo de Negocio / Fuente: Elaboración propia .....	19
Ilustración 12 – CO <sub>2</sub> -eq por kg de queso según la fase del proceso productivo / Fuente: Vagnoni et al. ,2017 .....	21
Ilustración 13 - Categorías de impacto según la actividad - Factoría semi artesanal / Fuente: Vagnoni et al., 2017 .....	23
Ilustración 14 - Diagrama de Ishikawa sobre la mejora del rendimiento de la sostenibilidad industrial / Fuente: Elaboración propia a partir de: Mengistu y Panizzolo, 2022 .....	24
Ilustración 15 - N° de cabezas de ganado para satisfacer la producción (Lunes - Miércoles) .....	26
Ilustración 16 - N° de cabezas de ganado para satisfacer la producción (Jueves-Domingo)	26
Ilustración 17 - N° máximo de quesos de 1 kg y 3 kg por semana.....	27
Ilustración 18 - Diagrama de flujo / Fuente: Elaboración propia .....	30
Ilustración 19 - Mapa sistemático del proceso productivo / Fuente: Elaboración propia.....	31
Ilustración 20 - Maquinaria empleada en el proceso productivo y fabricantes .....	34
Ilustración 21 - Distribución en planta de la mini quesería / Fuente: Elaboración propia.....	36
Ilustración 22 - Superficies de las distintas salas.....	36
Ilustración 23 - Equipos empleados en el proceso productivo .....	36
Ilustración 24 - Dimensiones equipos contenedor 1 .....	37
Ilustración 25 - Dimensiones equipos contenedor 2 .....	38
Ilustración 26 - Dimensiones equipos contenedor 3 .....	39
Ilustración 27 - Contenedor 1 .....	42
Ilustración 28 - Contenedor 2 .....	42
Ilustración 29 - Contenedor 3 .....	43
Ilustración 30 - Puertas de la mini quesería.....	44

Ilustración 31 - Condiciones necesarias en cada sala .....	46
Ilustración 32 - Resistencias térmicas superficiales de cerramientos / Fuente: MFOM, 2015 .....	48
Ilustración 33 - Materiales contenedor (conductividades térmicas y espesores) / Fuente: Duarte, 2018 .....	48
Ilustración 34 - Diagrama de Carrier a 750 m sobre el nivel del mar.....	50
Ilustración 35 - Clasificación del metabolismo según la actividad / Fuente: Nogareda, y Luna, 1995 .....	51
Ilustración 36 - Resumen pérdidas de calor en la sala de salado .....	53
Ilustración 37 - Necesidades de refrigeración de la mini quesería .....	53
Ilustración 38 - Plano de Red de Aguas Pluviales / Fuente: Elaboración propia .....	54
Ilustración 39 - Plano de cubierta / Fuente: Elaboración propia .....	55
Ilustración 40 - Plano de Red de Aguas Residuales / Fuente: Elaboración propia.....	56
Ilustración 41 - Plano de iluminación / Fuente: Elaboración propia.....	58
Ilustración 42 - Resumen de circuitos del cuadro principal de la instalación .....	59
Ilustración 43 - Descripción línea "Iluminación contenedor 1".....	64
Ilustración 44 - Resumen de las características de todas las líneas del cuadro.....	65
Ilustración 45 - Plano de conexionado solar fotovoltaico / Fuente: Elaboración propia .....	67
Ilustración 46 - Resumen de las necesidades de la instalación fotovoltaica .....	67
Ilustración 47 - Equipos necesarios instalación de fontanería.....	68
Ilustración 48 - Plano de fontanería / Fuente: Elaboración propia.....	69
Ilustración 49 - Resumen de la instalación de fontanería.....	69
Ilustración 50 - Resumen necesidades caloríficas de la instalación de calefacción .....	71
Ilustración 51 - Estimación de días de trabajo laborables y horas efectivas anuales .....	73
Ilustración 52 - Costes de personal anuales y por hora de trabajo .....	73
Ilustración 53 – Estimación de las horas totales de trabajo .....	75
Ilustración 54 - Coste total del personal.....	75
Ilustración 55 - Tasas de amortización de los equipos informáticos.....	75
Ilustración 56 - Costes de amortización de los equipos informáticos y software .....	76
Ilustración 57 - Resumen de las conclusiones obtenidas a partir de los objetivos / Fuente: Elaboración propia .....	81
Ilustración 58 - Conocimientos y competencias transversales adquiridas.....	82



## ÍNDICE DE NOMENCLATURA

### **Nomenclatura del apartado 5.2.1 – Instalación de Frío**

$Cd$ : calor por unidad de volumen (kcal/(día·m<sup>3</sup>))

$Cs$ : calor específico másico (kJ/kg)

$e$ : espesor del aislamiento (m)

$e_i$ : espesores de las distintas capas del cerramiento (m)

$g$ : potencia calorífica de una persona para una actividad media (W/m<sup>2</sup>)

$h, h'$ : coeficientes de convección interior y exterior (m<sup>2</sup>·K/W)

$\Delta h$ : diferencia de entalpías interior y exterior (kJ/kg)

$K_1$ : conductividad térmica (W/m·K)

$K_2$ : coeficiente global de transmisión térmica (W/m<sup>2</sup>)

$n_1$ : número crítico de veces que se abre la cámara

$n_2$ : número máximo de personas en la cámara

$N$ : número de luminarias

$m$ : masa de queso que entra en la cámara de secado (kg/día)

$P$ : potencia de cada fluorescente (W)

$q$ : calor total que atraviesa un cerramiento por unidad de tiempo. (kcal/h)

$Q$ : flujo de calor (W)

$Qa$ : pérdidas por renovación de aire (W)

$Ql$ : pérdidas por iluminación (W)

$Qp$ : calor liberado por las personas (W)

$Qr$ : calor desprendido por la refrigeración de los alimentos (W)

$Qv$ : calor disipado por los ventiladores del evaporador (W)

$S$ : superficie del cerramiento (m<sup>2</sup>)

$t_1$ : tiempo medio de funcionamiento (h/día)

$t_2$ : tiempo de permanencia de los operarios en la cámara (h/día)

$\Delta T_1$ : incremento de temperatura (°C)

$\Delta T_2$ : diferencia de temperaturas exterior e interior (°C)

$\Delta T_3$ : diferencia de temperatura entre los quesos a la entrada de la cámara y la cámara (°C)

$V$ : volumen de la cámara (m<sup>3</sup>)

$\lambda_i$ : conductividades térmicas (W/m·K)

$\rho$ : densidad del aire exterior (kg/m<sup>3</sup>)

## Nomenclatura del apartado 5.2.3 – Instalación de Electricidad

$C_c$  = Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento

$C_F$  : constante que depende de la naturaleza del fusible

$C_t$ : Coeficiente de tensión

$C_R$ : Coeficiente de resistividad

$\cos \varphi$ : = Coseno de  $\varphi$ . Factor de potencia

$e_2$ : Caída de tensión (V)

$I$ : Intensidad (A)

$I_{max}$ : Intensidad máxima admisible del conductor (A).

$I_b$  intensidad utilizada en el circuito (A)

$I_z$ : intensidad admisible del conductor (A)

$I_n$ : intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables,  $I_n$  es la intensidad de regulación escogida (A)

$I_2$  : intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección (A)

$I_{pcc1}$ : intensidad permanente de c.c. en inicio de línea (kA)

$I_{pccf}$ : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea (A)

$K$ : Conductividad (W/m·K)

$L$ : Longitud de Cálculo (m)

$L_c$ : Longitud total del conductor (m)

$L_p$ : Longitud total de las picas (m)

$n$ : nº de conductores por fase

$P_c$ : Potencia de Cálculo (W)

$R_1$ : Rendimiento. (Para líneas motor)

$R_2$ : Resistencia de la línea ( $m\Omega$ )

$R_{t1}$ :  $R_1 + R_2 + \dots + R_n$  (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.) ( $\Omega$ )

$R_{t2}$ : Resistencia de tierra ( $\Omega$ )

$S$ : Sección del conductor ( $mm^2$ )

$t_{mcicc}$ : Tiempo máximo que un conductor soporta una  $I_{pcc}$  (s)

$t_{fcicc}$ : tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito (s)

$T$ : Temperatura del conductor ( $^{\circ}C$ )

$T_0$ : Temperatura ambiente ( $^{\circ}C$ ): Cables enterrados =  $25^{\circ}C$  / Cables al aire =  $40^{\circ}C$

$T_{max}$ : Temperatura máxima admisible del conductor ( $^{\circ}\text{C}$ ): XLPE / EPR =  $90^{\circ}\text{C}$  | PVC =  $70^{\circ}\text{C}$

$U$ : Tensión de Servicio (V) (Trifásica ó Monofásica)

$U_T$ : Tensión trifásica (V).

$U_F$ : Tensión monofásica (V)

$X_u$ : Reactancia por unidad de longitud ( $\text{m}\Omega/\text{m}$ )

$X_t$ :  $X_1 + X_2 + \dots + X_n$  (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$Z_t$ : Impedancia total en  $\text{m}\Omega$ , aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

$\rho$ : Resistividad del conductor a la temperatura T.

$\rho_{20}$ : Resistividad del conductor a  $20^{\circ}\text{C}$ . Cu = 0,018 / Al = 0,029

$\rho$ : Resistividad del terreno ( $\Omega\cdot\text{m}$ )

$\alpha$ : Coeficiente de temperatura. Cu = 0,00392 / Al = 0,00403

#### **Nomenclatura del apartado 5.2.4 – Instalación Fotovoltaica**

$\Delta U$ : caída de tensión (V)

$I$ : intensidad (A)

$\rho$ : resistividad del cable ( $\Omega$ )

$L$ : longitud del cable (m)

$S$ : sección del cable ( $\text{mm}^2$ )

#### **Nomenclatura del apartado 5.2.6 – Instalación de Calefacción**

$A$ : área de contacto de la leche con las paredes suelo y techo de la cuba de cuajar ( $\text{m}^2$ )

$C_p$ : calor específico del agua ( $\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$ )

$h_i$ : coeficiente de película del lado de la leche ( $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ )

$h_e$ : coeficiente de película del lado del aire ambiente de la mini quesería ( $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ )

$m$ : masa de agua ( $\text{kg}/\text{h}$ )

$q$ : pérdidas de calor con los alrededores (W)

$Q$ : potencia calorífica requerida (W)

$\Delta T$ : salto térmico ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T$ : temperatura de entrada de la leche a la cuba ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_a$ : temperatura ambiente de la sala donde se encuentran las cubas ( $^{\circ}\text{C}$ )





# Capítulo 1 – Introducción y Objetivos

En el presente capítulo se describen los antecedentes del proyecto, los cuales justifican las necesidades y los objetivos de este. En primer lugar, se presentan los datos sobre la producción de leche y la producción de queso en España y en el resto del mundo, que justifican las necesidades de este proyecto. Posteriormente se describe el significado de sostenibilidad, así como el de sus dimensiones. Teniendo en cuenta estos elementos, se especifican los objetivos del proyecto, y se introduce la estructura que se va a utilizar.

## 1.1 Antecedentes del proyecto

España es el país con mayor censo de ganado ovino en Europa, seguido por Rumanía, Grecia y Francia (MAGRAMA, 2021). Sin embargo, la mayoría de los animales presentes en las explotaciones de ganado ovino son destinados a la producción de carne (MAGRAMA, 2020). En la última década, el número de explotaciones de ganado ovino que se dedican a la producción de leche en España ha disminuido un 35 %. No obstante, España es uno de los principales países productores de leche de oveja, realizando el 8 % de la producción mundial, y siendo por tanto uno de los países más destacados y especializados de la Unión Europea (UE). Además, el 27 % de la leche de oveja mundial es producida en Europa, mientras que en Asia se produce el 47 %, en África el 22 % y en América, tan solo el 1 % (MAGRAMA, 2021).

Por otro lado, España es el segundo país productor de queso puro de oveja de la Unión Europea, por detrás de Italia, y el tercer productor mundial de queso de oveja. El consumo de este producto tiende al alza. Pese a ello, el número de importaciones totales de queso prácticamente triplica al número de exportaciones, siendo los países de la UE los clientes más importantes. Los principales destinos comunitarios de las exportaciones españolas de quesos fueron en 2020 Francia, Italia y Portugal, mientras que el principal destino extracomunitario fue Estados Unidos (MAGRAMA, 2021).

Según el estudio elaborado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente sobre el consumo de queso en los hogares españoles en 2020, el 6,2 % del queso total consumido en los hogares españoles corresponde al queso de oveja, cuyo consumo per cápita se encuentra en constante ascenso desde hace ya más de 9 años. El sector de la producción de queso tiene una amplia proyección en el mercado nacional, así como en el internacional. Además, este sector juega un papel fundamental en el medio rural, ya que contribuye a la generación de empleo en zonas donde hay escasas alternativas (MAGRAMA, 2019).

Estos datos ponen de manifiesto la necesidad de desarrollar una estrategia económica, social y ambiental para promover la innovación y aumentar la competitividad de los sistemas de producción de ovejas lecheras. Esta estrategia se fundamenta en los principios de la sostenibilidad.

El concepto de sostenibilidad es muy amplio, y se utiliza cada vez más para hacer frente a las crecientes preocupaciones respecto a los impactos ambientales y sociales creados por el sector industrial. En el ámbito de este proyecto resultan interesantes los conceptos de fabricación sostenible y sostenibilidad industrial, conceptos que están estrechamente relacionados (Mengistu y Panizzolo, 2022).



La fabricación sostenible trata de considerar la responsabilidad medioambiental y social, además de perseguir la rentabilidad económica. En la industria, la sostenibilidad se puede alcanzar a todas las escalas: desde la línea de producción hasta la planta, pasando por la cadena de suministro (Mengistu y Panizzolo, 2022).

El término de sostenibilidad industrial afirma que la sostenibilidad industrial debe promover la producción de bienes y servicios que satisfagan las necesidades de la generación actual sin comprometer las oportunidades económicas, medioambientales y sociales a largo plazo. La sostenibilidad industrial debe apoyar el crecimiento económico, la protección del medio ambiente y el desarrollo social para crear ventajas industriales a corto y largo plazo. El sector manufacturero ha tardado en transformar sus prácticas tradicionales de fabricación, centradas principalmente en la obtención de beneficios económicos, en prácticas de fabricación sostenibles que también tienen en cuenta la responsabilidad medioambiental y social (Chen *et al.*, 2012). Algunos de los retos de sostenibilidad a los que se enfrenta el sector son el aumento de la contaminación, la emisión de gases de efecto invernadero y el calentamiento global, así como la disminución de la biodiversidad. En consecuencia, las empresas manufactureras deben mejorar sus resultados en materia de sostenibilidad y ser transparentes en cuanto a sus prácticas de sostenibilidad (Mengistu y Panizzolo, 2022).

Bajo este contexto, se presenta la propuesta de proyecto que permita realizar el diseño y dimensionamiento de una mini quesería portable, esto es, un sistema de producción de quesos de baja industrialización, que considere los aspectos ambientales, sociales y económicos, propios de la sostenibilidad y que pueda ser enviada a cualquier lugar del mundo.

Como se ha descrito anteriormente, cuando se habla de sostenibilidad, es necesario distinguir entre tres dimensiones que están correlacionadas: la económica, la ambiental y la social. Para adoptar eficazmente prácticas de sostenibilidad en una industria, es esencial medir su impacto en cada una de las dimensiones ya mencionadas. La sostenibilidad industrial no puede gestionarse adecuadamente si no se mide eficazmente con los indicadores adecuados. La categorización de los indicadores se puede realizar como se indica en la ilustración 1.



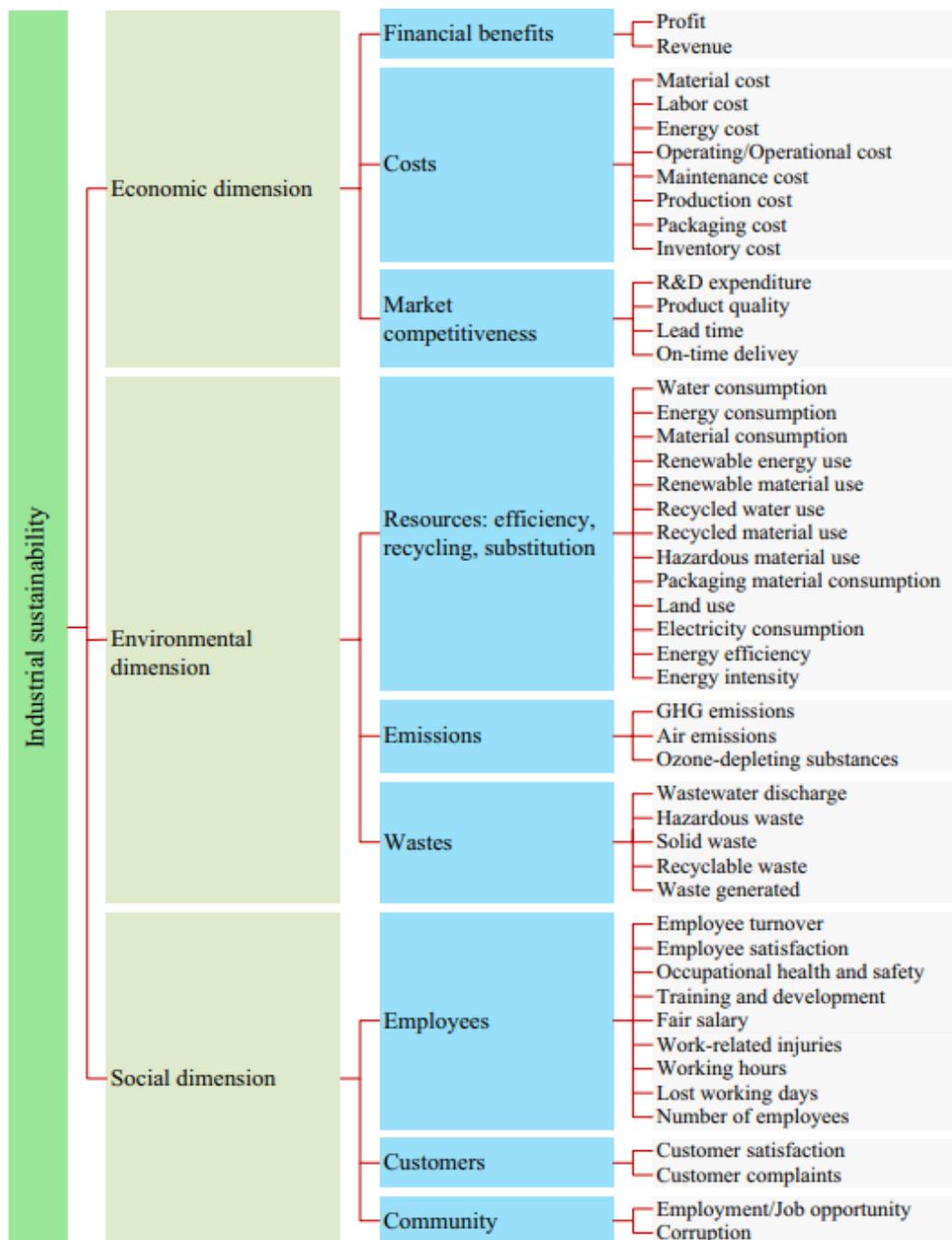
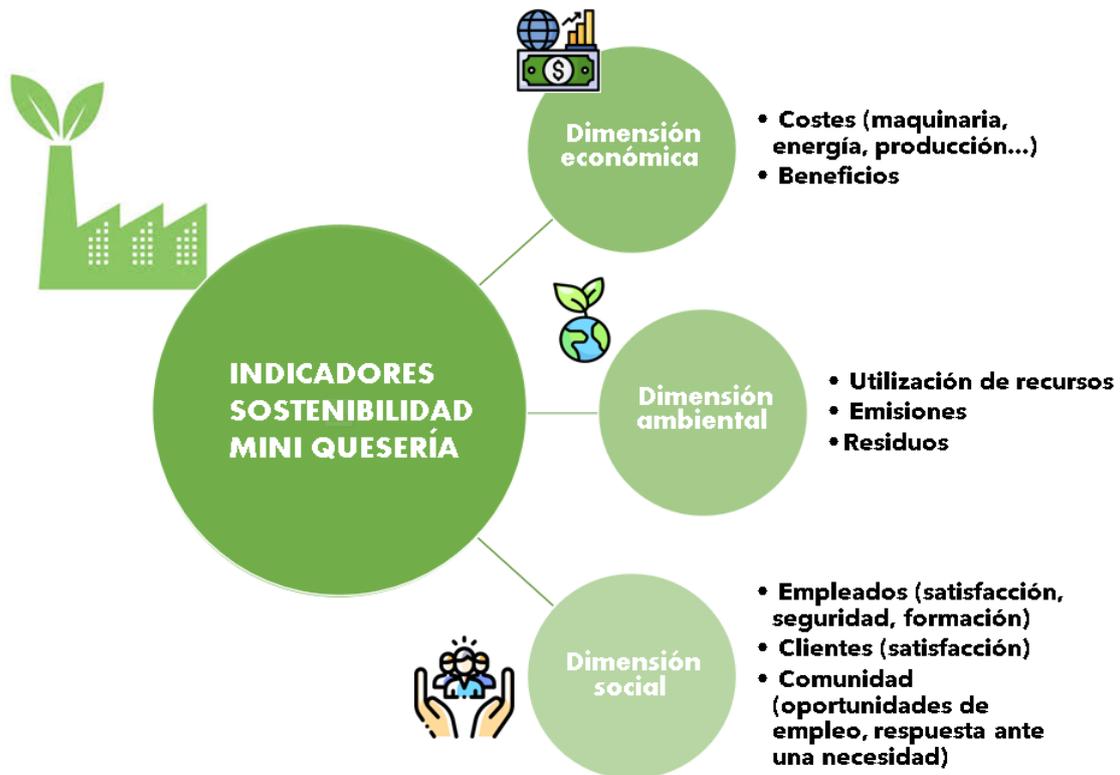


Ilustración 1 - Categorización de indicadores de la sostenibilidad industrial / Fuente: Mengistu. y Panizzolo, 2022

Los indicadores que deberán ser utilizados en el proceso de concepción inicial de la mini quesería, en función de las diferentes dimensiones de la sostenibilidad industrial son los siguientes, y se muestran en la ilustración 2:

- Dimensión económica: costes (de maquinaria, energía, mantenimiento, producción...), beneficios y competitividad de mercado (calidad de producto).
- Dimensión ambiental: utilización de recursos (consumo de agua, energía y materiales, uso de energías renovables...), emisiones (gases de efecto invernadero, contaminantes de la capa de ozono...) y residuos.

- Dimensión social: empleados (satisfacción, seguridad, formación...), clientes (satisfacción del cliente) y comunidad (oportunidades de empleo, respuesta a una necesidad).



*Ilustración 2 - Indicadores de sostenibilidad de la mini quesería / Fuente: Elaboración propia*

## 1.2 Necesidades y objetivos del proyecto

En base a los datos previamente expuestos, se justifica la necesidad del presente proyecto: aumentar el valor añadido actual de las explotaciones de ganado ovino en España, así como en comunidades más desfavorecidas de países en desarrollo. Resultarán de especial interés aquellas explotaciones de pequeño tamaño, que suelen dedicarse a la cría y mantenimiento de animales destinados al consumo cárnico familiar. En primer lugar, se propone satisfacer la demanda creciente de queso de oveja, y reducir en la medida de lo posible el número de importaciones que se realizan. Por otro lado, se ofrece la posibilidad para el pequeño ganadero de obtener una fuente extra de ingresos al poder comercializar los quesos que fabrique. Finalmente, se crea la oportunidad de generación de puestos de trabajo en zonas rurales poco industrializadas. El resumen de los antecedentes, así como las necesidades, se recogen en la ilustración 3.



*Ilustración 3 – Antecedentes y necesidades a satisfacer / Fuente: Elaboración propia*

Para lograr satisfacer estas necesidades, el objetivo final del presente proyecto consiste en la realización de una propuesta de diseño y dimensionamiento de una mini quesería portable y sostenible. En concreto, el diseño consistirá en una fase de concepción inicial según la metodología de Tassinari (1995) y AFNOR (1991), en la que se expongan y ordenen las funciones de la mini quesería, así como un análisis preliminar de los aspectos de la sostenibilidad realizado a través del estudio de mercado, descrito en Kühne y Böhman (2018), y del impacto ambiental de la mini quesería (Vagnoni *et al.*, 2017). Por otra parte, el dimensionamiento consistirá en tomar las decisiones de distribución en planta según SüBe *et al.* (2022) y de selección de maquinaria (equipos del proceso productivo) en base a unos volúmenes de producción que serán definidos con anterioridad. Finalmente se realizará una propuesta de diseño de las diferentes instalaciones que permitan el funcionamiento de la mini quesería (instalación de frío, de saneamiento, de electricidad, fotovoltaica, de fontanería y de calefacción). Esta propuesta de proyecto de mini quesería portable y sostenible puede ser utilizada por aquellas empresas que busquen invertir en una solución innovadora para satisfacer las necesidades anteriormente descritas. Esta solución resulta atractiva ya que considera temas muy presentes en la actualidad, tales como la sostenibilidad y la innovación.

Para cumplir el requisito de portabilidad, la propuesta consiste en realizar una línea de elaboración de queso cuyo proceso productivo se encontrará en el interior de contenedores marítimos homologados de tipo High Cube (se explicarán en detalle en el capítulo 5), los cuales podrán ser enviados a cualquier ubicación del mundo. Esta idea de factoría portable es innovadora y ha sido previamente desarrollada en ámbitos diferentes, como herramienta de aprendizaje de habilidades relacionadas con las tecnologías digitales o el “lean manufacturing” (Mchauser *et al.*, 2020).

En la actualidad, la mayoría de los proyectos dedicados a realizar el diseño y dimensionamiento de queserías están orientados a factorías de medio y gran tamaño (con un elevado volumen de producción) situadas en polígonos industriales como ocurre en el caso de Mínguez (2017), Vázquez (2020) y Asenjo (2021). Sin embargo, el objetivo de este proyecto es innovar, y por tanto se decide realizar una propuesta de diseño y dimensionamiento de una mini quesería cuyo volumen de producción sea reducido, al igual que en Vallinas (2017).

La mini quesería portable permitirá la elaboración de quesos a partir de la leche procedente de los animales de las explotaciones ganaderas donde se vaya a implantar, mediante un proceso productivo de baja industrialización. Además, para que la mini quesería sea sostenible, se realizarán estudios preliminares sobre su impacto en las dimensiones social, económica y ambiental de la sostenibilidad, como se ha comentado anteriormente.

Para poder asegurar el funcionamiento de la mini quesería, se enviarán tres contenedores marítimos homologados de tipo High Cube a la ubicación donde vaya a instalarse: todos ellos se utilizan para almacenar la maquinaria y los diferentes equipos durante la etapa de transporte. Después, una vez instalados, cada contenedor tendrá una serie de finalidades particulares. El primero contendrá la maquinaria necesaria para la elaboración del queso, y, además, albergará la sala de salado. El segundo albergará la cámara de secado, un almacén y las salas de calderas y de electricidad. Por último, el tercer contenedor albergará la sala de maduración para los quesos que ya hayan sido fabricados.

La finalidad del presente proyecto es, además, aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación del Máster en Ingeniería Industrial, realizado en la Escuela de Ingenieros Industriales de la Universidad de Valladolid, de forma que permitan resolver un problema real inmerso en un contexto muy amplio. Además, otro de los objetivos es adquirir competencias transversales a través de la redacción de la propuesta de este proyecto.

El presente trabajo de fin de máster se estructura en esta parte introductoria, a la que siguen seis capítulos, y unas conclusiones (que incluyen las líneas futuras del proyecto) seguidas de una parte final que recopila las referencias bibliográficas.

El capítulo 2 recoge las fases de la concepción inicial de la mini quesería portable, realizada a través del análisis funcional descrito en Tassinari (1995) y AFNOR (1991), que permitirá caracterizar y ordenar las funciones de la mini quesería. En este capítulo también se trata el análisis preliminar de su impacto en las diferentes dimensiones de la sostenibilidad: sociales (estudio de posibilidad de implantación en comunidades desfavorecidas), económicas (estudio de mercado) y ambientales (estudio del impacto ambiental).

El capítulo 3 se dedica a definir el volumen de producción de queso que sirve para tomar decisiones sobre el dimensionamiento de la mini quesería portable. Este volumen de producción se define a partir de un análisis previo de las características de las explotaciones ganaderas, en primer lugar, en Castilla y León, que después se extrapola a cualquier otro emplazamiento.

Una vez justificada la producción semanal de quesos, se realizará en el capítulo 4 una descripción del proceso productivo. En primer lugar, se presenta un diagrama de flujo del proceso en base a Grewal (2011), entre otros, que describe gráficamente la consecución de operaciones unitarias de este. Además, se



presenta un mapa sistemático que facilita la comprensión de las operaciones del proceso productivo, así como de sus entradas y salidas. Posteriormente se describirán cada una de las operaciones del proceso productivo de elaboración del queso, que justificarán las diferentes necesidades en cuanto a la maquinaria y las condiciones de temperatura y humedad de las diferentes salas de la industria al igual que en Gómez (2020), Vallinas (2017) y Vásquez (2020). El capítulo concluirá con la propuesta de distribución en planta elegida para la actividad de la mini quesería, considerando el flujo de cargas y operarios, así como las dimensiones de la maquinaria empleada en el proceso y las dimensiones de los contenedores.

El capítulo 5 describe inicialmente las características de los contenedores que se van a emplear. A continuación, describe la Ingeniería del proyecto, compuesta, por un lado, por la propuesta de ingeniería de las obras (Carrasco, 2020), (que analizará elementos tales como la cimentación, el forjado, los acabados y la carpintería) y por otro, la propuesta de ingeniería de las instalaciones, (que describirá las instalaciones de frío, saneamiento, electricidad, fotovoltaica, fontanería y calefacción). Estas instalaciones serán explicadas en detalle en el Anexo B del presente proyecto. Además, en el Anexo C se recogerán los planos correspondientes a estas instalaciones.

El capítulo 6 recoge un estudio económico de esta propuesta de proyecto, que permite estimar, de forma aproximada, los costes asociados al personal y a los equipos y software empleados para la realización del proyecto. Este capítulo proporciona información sobre el coste aproximado que supone a una empresa llevar a cabo la redacción de esta propuesta de proyecto de una mini quesería portable y sostenible.

Las conclusiones vendrán a establecer las principales deducciones del proyecto, así como a recordar los resultados más importantes. Por otro lado, pondrán de manifiesto la consecución de los objetivos, analizarán las competencias adquiridas durante la realización del trabajo y describirán las líneas futuras del trabajo.

Finalmente, la última parte recopila las referencias bibliográficas consultadas para la elaboración de este trabajo fin de máster.

En la ilustración 4 se recoge un resumen de los pasos a seguir para realizar el diseño y dimensionamiento de la mini quesería portable y sostenible.



## Pasos a seguir

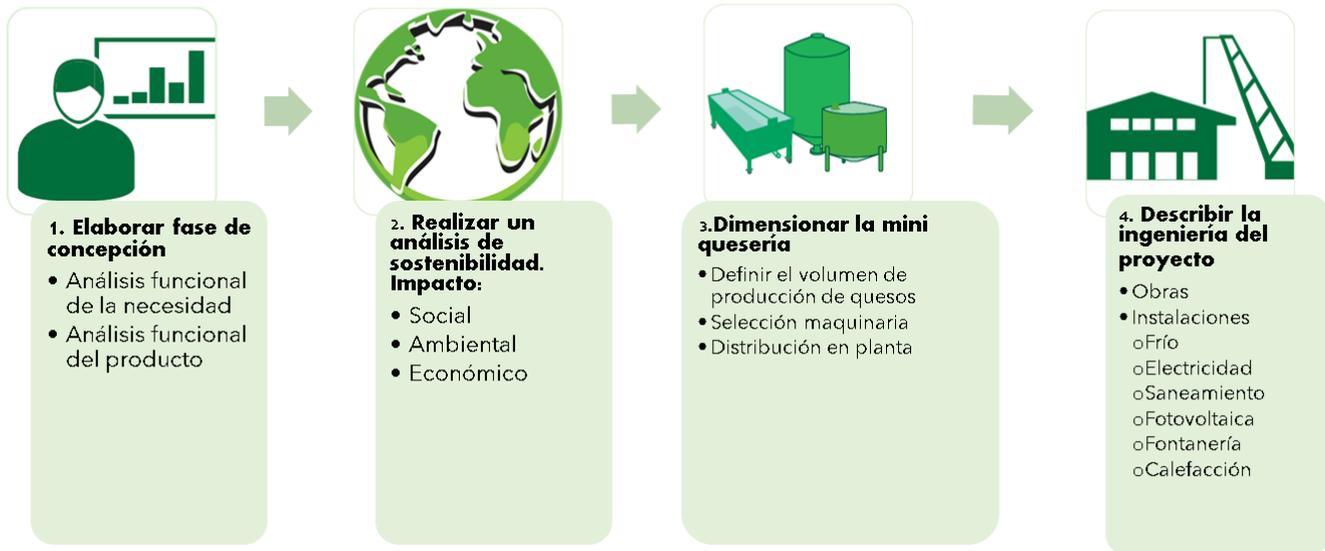


Ilustración 4 – Pasos a seguir para realizar el diseño y dimensionamiento de la mini quesería. / Fuente: Elaboración propia

## Capítulo 2 – Fases de concepción de la mini quesería. Análisis de la sostenibilidad.

En este capítulo se describen las fases de la concepción inicial de la mini quesería portable, realizada a través del análisis funcional descrito en Tassinari (1995) y AFNOR (1991), que permitirá caracterizar y ordenar las funciones de la mini quesería. En este apartado también se trata el análisis preliminar de su impacto en las diferentes dimensiones de la sostenibilidad: sociales (estudio de posibilidad de implantación en comunidades desfavorecidas), económicas (estudio de mercado) y ambientales (estudio del impacto ambiental).

### 2.1 Análisis funcional

El análisis funcional se trata de un método estructurado que contribuye a la concepción del producto y sirve como herramienta de conversación con el cliente (Tassinari, 1995). En este caso, se va a realizar el análisis funcional, bajo la necesidad de detallar las características técnicas de la mini quesería portable y los elementos necesarios para garantizar su funcionamiento. El objetivo complementario de este análisis va a ser: caracterizar, ordenar, jerarquizar, y valorizar las funciones del producto.

En el presente capítulo, se llama producto a aquello que se va a diseñar, es decir, la mini quesería portable. Por su parte, los clientes serán aquellas personas, o empresas que posean una explotación de ganado ovino, y deseen elaborar queso a partir de la leche producida en su explotación, utilizando la mini quesería portable (el producto).

La realización del análisis funcional permite reducir los costes del diseño del producto, centrar los límites del proyecto y en última instancia, innovar. Esta herramienta se lleva a cabo a través de dos enfoques diferentes: el análisis funcional de la necesidad y el análisis funcional del producto (ilustración 5).

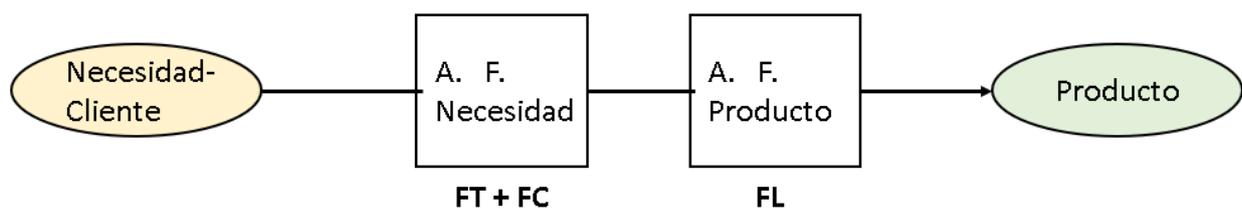


Ilustración 5 - Análisis Funcional / Fuente: Elaboración propia

#### a) Análisis funcional de la necesidad

El análisis funcional de la necesidad comienza por la recopilación de los datos de entrada: antes de definir las necesidades técnicas del proyecto es necesaria la recopilación de datos que ayudarán a la concepción del producto. Es necesario definir las necesidades de los clientes, implícitas y explícitas, así como el entorno en función de las diferentes situaciones de vida.

Las necesidades de los clientes de la mini quesería son:

- La mini quesería deberá ser enviada y posteriormente instalada en cualquier lugar del mundo (aunque sea de difícil acceso). Esto implica por tanto el transporte e instalación de los tres contenedores homologados descritos anteriormente.
- La fabricación de quesos se deberá realizar mediante un proceso productivo de baja industrialización, gracias a la leche obtenida a través de los animales de la explotación de ganado ovino. La elaboración de quesos deberá realizarse de forma segura para el/los operarios de la mini quesería y cumpliendo los requisitos de seguridad alimentaria y calidad.
- La maquinaria empleada deberá ser adecuada (dimensiones, características...) para satisfacer las necesidades del proceso productivo considerando las limitaciones impuestas por las dimensiones de los contenedores.
- Autoabastecimiento de energía mediante fuentes de energías renovables.

Análisis de las diferentes situaciones de vida, así como de sus elementos de entorno:

- Situación de vida 1: Contenedores (albergando los equipos y maquinaria en su interior) en fase de transporte. Elementos de entorno: operarios de transporte, vehículos de transporte, normativa, seguridad y condiciones climáticas.
- Situación de vida 2: Contenedores ya instalados en el terreno donde se va a llevar a cabo la actividad. Elementos de entorno: cliente, normativa, seguridad, condiciones climáticas, ubicación, instalaciones existentes y distribución en planta.
- Situación de vida 3: Fase de elaboración de quesos activa, los equipos que se encuentran en el interior de los diferentes contenedores están en funcionamiento. Elementos de entorno: cliente, operarios de mini quesería, normativa, seguridad, maquinaria de proceso productivo e instalaciones.

Para la realización gráfica de los diferentes diagramas del análisis funcional, es necesaria la elaboración de las funciones principales y las funciones limitación, que van a relacionar los elementos de entorno de las situaciones de vida anteriormente propuestas.

Las Funciones Principales (**FP**) indican por qué se ha creado el producto.

- FP1: Crear un valor añadido, mayor al actual, que permita obtener un ingreso extra procedente de la elaboración de quesos, así como la posible generación de puestos de trabajo. Se presta especial interés hacia aquellas personas que poseen pequeñas explotaciones ganaderas, dedicadas en su mayoría a la producción de carne, y particularmente aquellas de los países en desarrollo, en los que existe una falta de recursos notable.
- FP2: Permitir la elaboración de quesos mediante un proceso productivo de baja industrialización. Esto permite a los ganaderos aprovechar al máximo sus recursos a un coste reducido.
- FP3: Diseñar un producto innovador y portable, que pueda ser enviado a cualquier ubicación del mundo, y que, además, se abastezca mediante el



uso de energías renovables. Al tratarse de un producto innovador que puede beneficiar a un gran número de personas, el nicho de mercado de este es muy grande.

- FP4: Diseñar un producto efectivo y seguro, que no permita infiltraciones y proteja a los diferentes equipos en caso de condiciones meteorológicas desfavorables.

Las Funciones Limitación (**FC**) indican cuáles son las limitaciones que se tiene que satisfacer:

- FC1: Ubicación (aunque esta sea un lugar de difícil acceso), el contenedor puede ser enviado a cualquier lugar del mundo (por tanto, pueden variar las condiciones climáticas) e instalado en cualquier tipo de superficie.
- FC2: Seguridad tanto para las personas que intervengan en el proceso de transporte de los contenedores, así como para el contenido de estos.
- FC3: Seguridad para los operarios de la mini quesería durante el proceso de elaboración del queso.
- FC4: Se deben respetar las normas de seguridad alimentaria pertinentes durante el proceso de elaboración.
- FC5: Fiabilidad de la maquinaria empleada en el proceso productivo, la cual, tras un cierto tiempo de uso, puede fallar.
- FC6: Fiabilidad de las diferentes instalaciones, cuya dificultad de realización dependerá de la ubicación donde se desee instalar la mini quesería.

**Resultado:** una vez se han definido las funciones principales y las funciones limitación, se obtienen las funciones a realizar (**FP/FC**) para satisfacer la necesidad motivando la existencia del producto.

### **b) Análisis funcional del producto**

El análisis funcional del producto consiste en formalizar las decisiones técnicas realizadas y caracterizar el funcionamiento de la solución técnica adoptada. El análisis funcional del producto se divide en tres fases:

- 1) Recopilación de los datos de entrada: en este caso los datos de entrada serán, en primer lugar, una lista de la maquinaria utilizada en el proceso productivo de elaboración del queso y las (Funciones (FP + FC) obtenidas durante el análisis funcional de la necesidad).

La maquinaria utilizada en el proceso productivo está constituida principalmente por:

- Tanque de almacenamiento
- Intercambiador de placas
- Bombas lobular y centrífuga
- Cuba de cuajado
- Mesa de llenado de moldes
- Prensa horizontal
- Mesa de desmoldeo



- Saladero
- Moldes de dimensiones acordes a los formatos elegidos
- Cestas de P.V.C. para cámaras de secado y maduración
- Pallets europeos

La selección de esta maquinaria se indica en el capítulo 4 y la descripción detallada de sus especificaciones técnicas se realiza en el Anexo A.

Además de esta maquinaria se deben considerar los sistemas de generación de energía renovable (caldera de biomasa e instalación fotovoltaica), los equipos de frío de las cámaras de salado, secado y maduración, el equipo utilizado para el suministro de agua caliente y la depuradora. Estos equipos no intervienen sin embargo directamente en el proceso productivo.

## 2) Elaboración de las funciones de enlace

Las funciones de enlace (**FL**) son las limitaciones técnicas relacionadas con las conexiones entre las piezas (contactos + flujos). Las funciones de enlace son las siguientes:

- FL1: Enfriamiento inadecuado de la leche a 4 °C tras su ordeño.
- FL2: Fugas en el interior del intercambiador de placas.
- FL3: Pérdidas de la bomba lobular.
- FL4: Velocidad de rotación excesiva de la bomba lobular que supone la rotura de granos de cuajada.
- FL5: Residuos procedentes de la operación de desuerado.
- FL6: Problemas en el llenado semiautomático de los moldes.
- FL7: Prensado incorrecto que afecte a las características finales del queso.
- FL8: Residuos procedentes de la operación de prensado.
- FL9: Disolución del baño de salmuera con concentración excesiva de sal.
- FL10: Condiciones de temperatura y humedad relativa inadecuadas en las salas de secado y maduración.

**Resultado:** Obtención de las funciones a realizar (**FP/FC/FL**) para cada componente del producto.

## 3) Elaboración del diagrama de operaciones (ilustración 6).



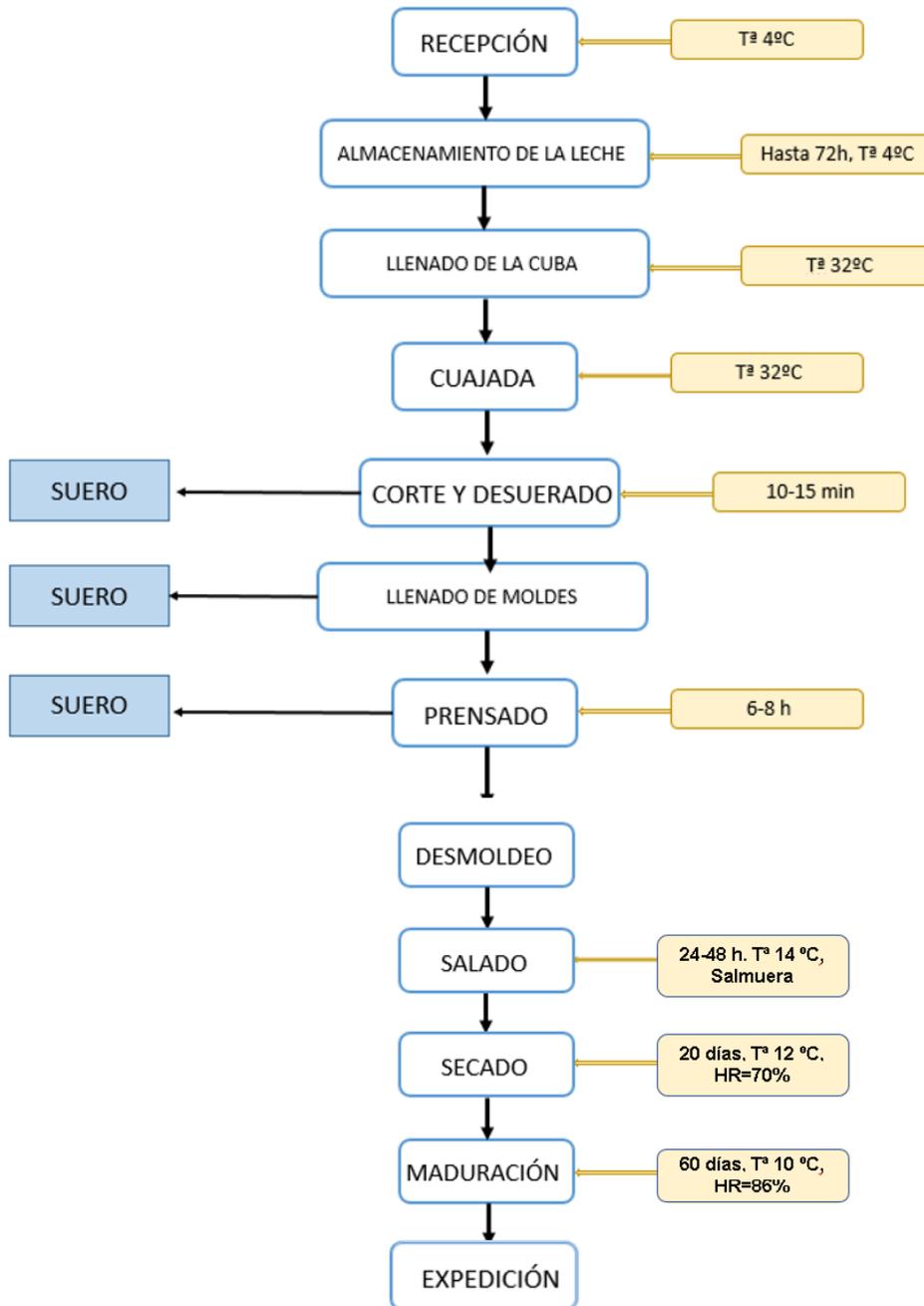


Ilustración 6 - Diagrama de operaciones / Fuente: Elaboración propia

**Resultado final:** utilizando la metodología del análisis funcional se realizan los diagramas de interacciones de las ilustraciones 7, 8 y 9. Para realizar estos diagramas, en primer lugar, se detallan los componentes de cada situación de vida anteriormente descritas. Por ejemplo, para la situación de vida 1 de la ilustración 7 los componentes son: normativa, vehículos de transporte, seguridad, condiciones climáticas, y operarios de transporte. A continuación, se trazan los flujos entre las componentes que se corresponden con las funciones principales y las funciones limitación, que se han definido con anterioridad. En el caso de la situación de vida 1, la función principal 3 (FP3), diseñar un producto innovador y portable, relaciona a los operarios de transporte y a los vehículos de transporte. Por su parte, la función

limitación 1 (FC1), ubicación relaciona los vehículos de transporte y las condiciones climáticas. El procedimiento es el mismo con el resto de las funciones principales y funciones limitación.

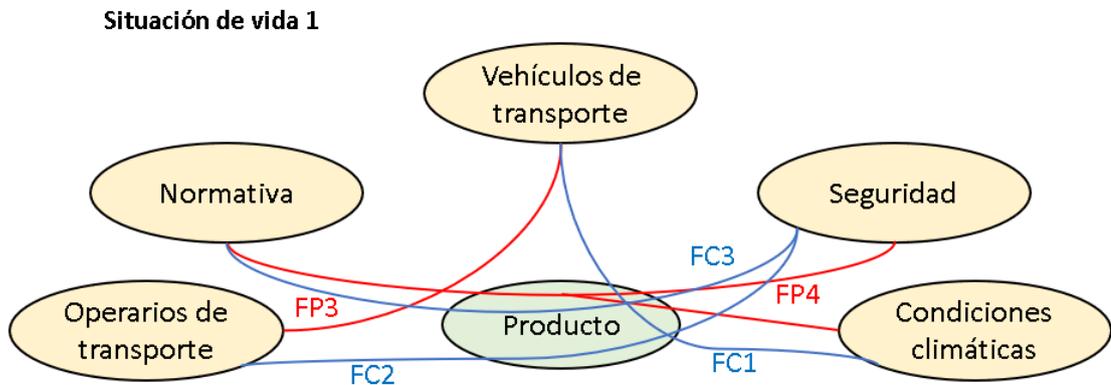


Ilustración 7 - Diagrama de interacciones - Situación de vida 1/ Fuente: Elaboración propia

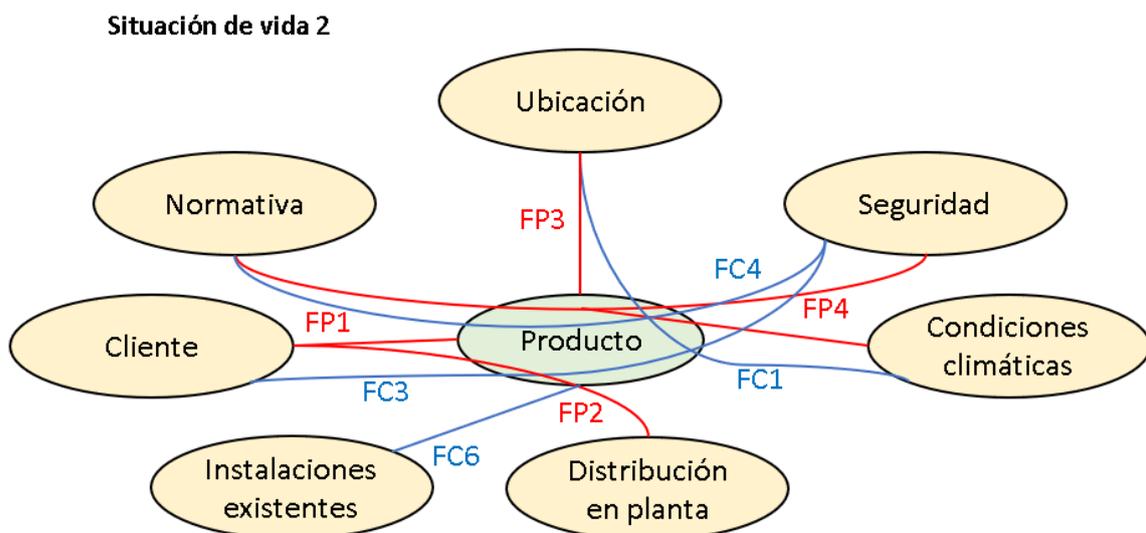


Ilustración 8 - Diagrama de interacciones - Situación de vida 2/ Fuente: Elaboración propia

### Situación de vida 3

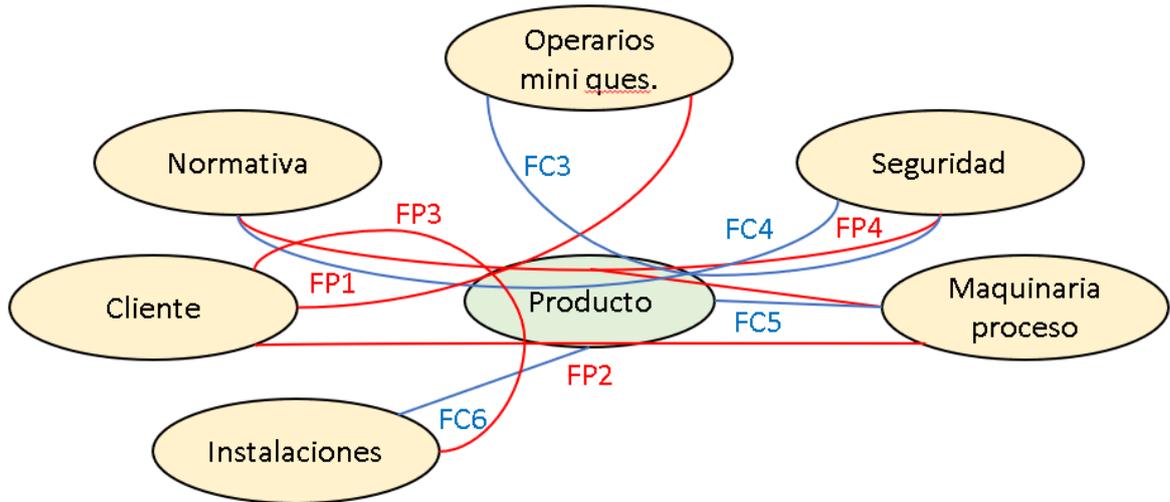


Ilustración 9 - Diagrama de interacciones - Situación de vida 3/ Fuente: Elaboración propia

## 2.2 Impacto en la dimensión social - Implantación en comunidades desfavorecidas

Como se describió en la introducción del presente documento, el 22 % de la producción de la leche de oveja mundial se produce en África, y tan sólo el 1 % se produce en América. En estos continentes se encuentran la mayoría de los países en desarrollo, y en ellos, existen comunidades desfavorecidas que no disponen de los recursos necesarios para elaborar quesos a partir de sus explotaciones de ganado ovino. Mediante el análisis de las comunidades conocidas como “base de la pirámide” se estudia la necesidad social de la implantación de la mini quesería portable en estas comunidades. El objetivo de este análisis es valorizar el impacto en la dimensión social del concepto de sostenibilidad anteriormente descrito, aspecto importante para garantizar que la mini quesería sea sostenible.

La BoP (“*Base of Pyramid*”) es un grupo socioeconómico caracterizado por personas con mala nutrición, ingresos limitados, tecnologías inadecuadas, falta de acceso a los mercados y escasa infraestructura para producir productos y servicios valiosos (Chihambakwe *et al.*, 2019). La BoP está formada aproximadamente por 2/5 de la población mundial. Por ello, presenta un gran potencial para el emprendimiento y la creación de empleos.

Bajo este contexto, la mini quesería pretende ofrecer una tecnología portable que permita la fabricación de quesos, dando respuesta a necesidades sociales (y por lo tanto provocando un impacto social). Además, contribuirá a la reducción del impacto ambiental en las comunidades de la BoP. Por otro lado, se debe asegurar la viabilidad económica de la mini quesería en estas comunidades.

El primer paso para garantizar la viabilidad económica se trata de la construcción de lazos de confianza y unión entre el producto (la mini quesería) y la comunidad donde se vaya a implantar. De esta forma, se creará un entorno saludable para la formación de trabajadores, garantizando así su competencia. La segunda fase

consistirá en garantizar un mercado para los quesos producidos, creando una red de oferta y demanda.

Lo más importante será asegurar que se responde a una necesidad de la comunidad y que existe una demanda natural. Esto facilitará la venta de los quesos en la comunidad y la construcción de un modelo de negocio rentable y sostenible.

Tras haber realizado el análisis del impacto de la implantación de la mini quesería en las comunidades de la “base de la pirámide” se propone a continuación, un estudio del impacto en el aspecto económico de la mini quesería portable:

## **2.3 Impacto en la dimensión económica - Estudio de Mercado**

### **2.3.1 Público objetivo de nuestro producto**

- Líneas estratégicas

Las líneas estratégicas utilizadas serán las siguientes:

- Diferenciar el servicio prestado, con un trato personalizado y una calidad de servicio que cumpla todas las expectativas de los clientes. El servicio ofrecido se basa en la construcción de lazos de confianza con las comunidades que utilizan el producto, como se ha comentado previamente.

- Innovación (en el diseño del producto y uso de tecnologías) que permita diferenciarse de la competencia directa.

- Afianzar un buen número de clientes, primeramente, en la región de Castilla y León y en el territorio nacional, para dar el salto internacional lo antes posible.

- Utilizar la connotación social del producto, para facilitar su puesta en el mercado gracias a la colaboración con asociaciones, instituciones, ONGs o gobiernos.

Al tratarse de un producto nuevo e innovador, es necesario atraer rápidamente a los clientes que proporcionarán los ingresos mínimos para asegurar la rentabilidad del producto.

- Identificación de la clientela

Los posibles compradores de la mini quesería serán aquellas personas/empresas/comunidades que dispongan de una explotación ganadera de ganado ovino, y que quieran dedicarse a la elaboración de queso, además de producir carne.

Por tanto, nuestros potenciales clientes serán, tanto pequeños ganaderos, como ayuntamientos, instituciones o gobiernos, que quieran poner la mini quesería a disposición de la población, y en particular, de aquellas comunidades más desfavorecidas. Se pretende por tanto favorecer la creación de empleos, así como obtener una fuente extra de ingresos.

- Modo de acceso al producto y estrategia de comunicación

Es importante en una primera instancia la difusión a través de los medios tradicionales como la radio, la prensa o canales de televisión regionales. El objetivo es dar a conocer el producto entre los potenciales clientes de la región de Castilla



y León, que utilizan este tipo de plataformas de comunicación. De igual forma, se realizará publicidad del producto entre los diferentes ayuntamientos, instituciones y asociaciones que tengan relación estrecha con los ganaderos. De forma paralela, y considerando la importancia actual, se llevará a cabo una campaña publicitaria a través de redes sociales.

Finalmente, con el objetivo de la internacionalización del producto, se contactará directamente con ONGs, para ponerse en contacto con aquellos gobiernos de comunidades más desfavorecidas que consideren nuestro producto como una solución óptima para mejorar el bienestar de sus habitantes.

### **2.3.2 Mercado asociado**

- Competencia

La mini quesería portable se caracteriza por ser un producto único e innovador. La competencia es muy baja, por lo que, al disponer de ventajas técnicas respecto a esta, nuestro posicionamiento en el mercado se verá favorecido. Además, nuestro producto tendrá ventaja al ser sostenible, un aspecto muy considerado en la actualidad. Existe únicamente una empresa a nivel nacional que desarrolle un producto parecido, por lo que existe un gran nicho de mercado.

- Precio de venta admisible

Para estimar el precio de venta admisible de la mini quesería, en primer lugar, se debería realizar un presupuesto exacto de la totalidad del proyecto, para lo cual se deben considerar una gran cantidad de factores. Entre ellos, la preparación del terreno, la ingeniería de las obras (cimentación, carpintería, acabados, forjado, etc.), las instalaciones y por supuesto, la maquinaria empleada en el proceso productivo. Con objeto de realizar una primera aproximación, se ha estimado el coste de la maquinaria empleada directamente en el proceso productivo (enumerada en el análisis funcional del producto del apartado 2.1). Para estimar este coste se ha contactado con los fabricantes de la maquinaria, quienes han proporcionado directamente el presupuesto de esta, así como sus especificaciones técnicas, que serán descritas con detalle en el Anexo A. El precio aproximado de esta maquinaria asciende a 78.160 euros. En la ilustración 10 es posible ver un resumen de este presupuesto, en el que se muestran los precios de la maquinaria proporcionados por los distintos fabricantes considerando el IVA incluido. Para deducir el precio de venta admisible de la mini quesería, sería conveniente realizar un estudio económico más exhaustivo de todos los componentes del proyecto. Se plantea por tanto este análisis como líneas futuras del proyecto.



<b>PRESUPUESTO - Proceso Productivo</b>	<b>Marca</b>	<b>Precio (€)</b>
Contenedores	SABINCO	6500
Tanque de almacenamiento - enfriamiento	I. Céspedes	3960
Cuba de cuajada	LEYNOX	19250
Mesa de llenado	Sanchez Cañamero	21125
Mesa de desmoldeo	Sanchez Cañamero	1120
Prensa horizontal	Sanchez Cañamero	3915
Intercambiador placas	ALFA LAVAL	2200
Bomba centrífuga	INOXPA	1209
Bomba lobular	INOXPA	4628
Saladero	Sanchez Cañamero	6865
Pallets	EPAL	592
Moldes	Busqui	4880
Cestas	TEPSA	1914
<b>TOTAL</b>		<b>78158</b>

*Ilustración 10 - Resumen del presupuesto estimado de la maquinaria empleada en el proceso productivo*

### **2.3.3 Modelo de negocio (Business Model)**

En la ilustración 11 se representa el “Business model” o modelo de negocio de la mini quesería portable realizado en base a los requerimientos descritos en Kühne y Böhman, (2018). En él se incluyen los puntos anteriormente descritos como: actividades clave, propuesta de valor, relación con el cliente, segmentos de clientes, canales, estructura de costes y fuentes de ingreso. El modelo de negocio es vital para asentar las bases de un producto durante la fase de su concepción y sirve para establecer una conversación con el cliente.



# MODELO DE NEGOCIO: MINI QUESERÍA PORTABLE



Ilustración 11 - Modelo de Negocio / Fuente: Elaboración propia

## 2.4 Impacto en la dimensión ambiental - Estudio del impacto ambiental

Este apartado tiene como objetivo realizar un análisis preliminar del posible impacto ambiental de la mini quesería portable y sostenible.

Los sectores de la alimentación y la bebida son responsables del 20-30 % del impacto ambiental en Europa. Particularmente, los principales alimentos que generan mayor número de residuos son los productos cárnicos y lácteos. Pese al rol significativo del sector de los pequeños rumiantes en las tendencias mundiales de producciones ganaderas, se ha encontrado pocos estudios relacionados con las implicaciones medioambientales de los sistemas de producción de leche de oveja y posterior fabricación de queso (Canellada *et al.*, 2018). Además, en comparación con otros productos lácteos, la producción de queso es la que más recursos demanda, en cuestión de materias primas, energía y agua. Debido a su volumen de producción más significativo y al mejor valor económico, el queso es considerado como el principal producto de la industria láctea (Santos *et al.*, 2018). Los principales impactos ambientales en la producción de queso a nivel de una planta de fabricación de queso, sin tener en cuenta el proceso de producción de

leche, se derivan del consumo de electricidad, energía térmica, el agua y los productos de limpieza (Alves *et al.*, 2019).

Los sistemas de producción de ovejas lecheras son relevantes para la economía de muchas zonas rurales y por tanto la optimización ambiental y económica de sus factores productivos es una estrategia eficaz para promover la innovación y aumentar la competitividad de estos sistemas. La gestión y optimización ambiental se centra en analizar el impacto ambiental de la producción de queso con el objetivo de garantizar estándares de calidad ambiental socialmente aceptables (Adissi y Almeida Neto, 2013). Algunas de las estrategias que contribuyen a la evaluación del impacto ambiental son, entre otras, la producción más limpia, la ecología industrial, el ecodiseño, la ecoeficiencia y el ACV. Nos interesaremos por esta última estrategia.

El análisis del ciclo de vida (ACV) es un método conveniente para cuantificar el uso de recursos y las emisiones en una amplia gama de sectores primarios e industriales y sirve para dar visibilidad a las implicaciones medioambientales de estos. Existe una falta de información respecto al impacto ambiental de las fábricas de quesos a pequeña escala (Canellada *et al.*, 2018). Para poder estimar el posible impacto ambiental de la mini quesería portable, se ha decidido analizar el ACV de una factoría dedicada a la producción de quesos de forma semi artesanal (Vagnoni *et al.*, 2017), cuya producción semanal es la mitad del volumen de producción de la mini quesería, el cual se estimará en el siguiente capítulo, y deducir de forma aproximada los resultados que se obtendrían en el caso de la mini quesería.

- Huella de Carbono y contribución a los gases de efecto invernadero (GEI)

La contribución dominante al total de las emisiones de CO<sub>2</sub> por cada kg de queso producido (ilustración 12) son las fases de producción de leche (en azul) y de elaboración del queso (en gris). Es importante destacar que la contribución del proceso de producción de leche es mucho mayor. Por lo tanto, para reducir los impactos ambientales, es necesario aplicar estrategias de mitigación en la producción de leche cruda a nivel de granja (Finnegan *et al.*, 2017), como propone Mondello *et al.*, (2018) para el caso de la leche de oveja.



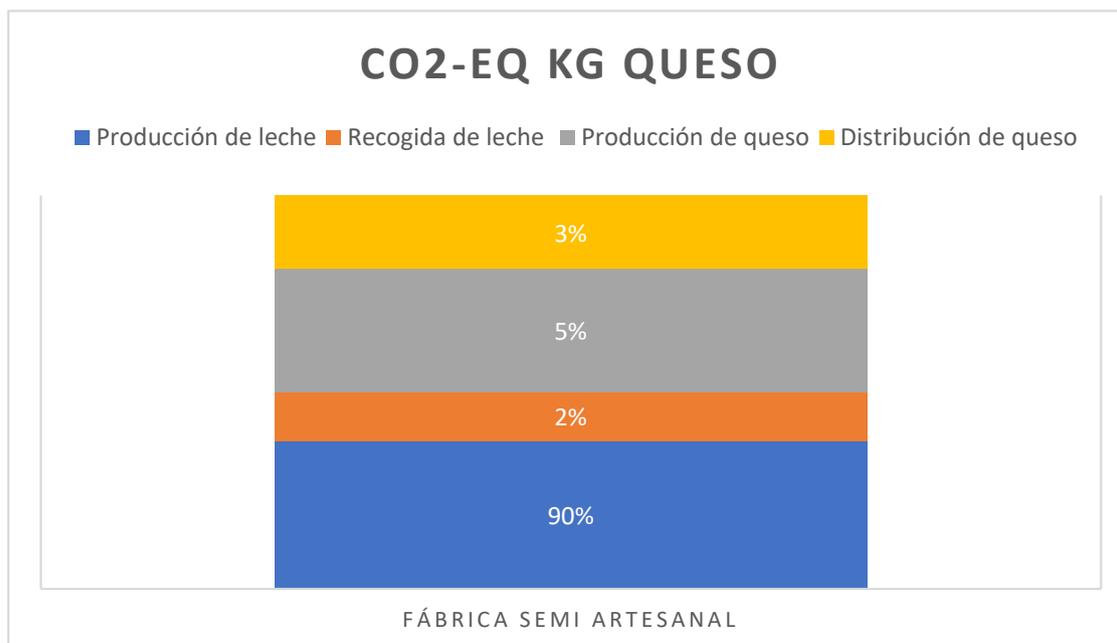


Ilustración 12 – CO<sub>2</sub>-eq por kg de queso según la fase del proceso productivo / Fuente: Vagnoni et al., 2017

En el caso de la mini quesería, la producción de leche se realizaría de forma manual por lo que la mayor contribución a las emisiones de CO<sub>2</sub>-eq por kg de queso producido serían debidas a la producción de queso y a la fase de distribución de este.

La elevada contribución de la fase de distribución se explica porque la mini quesería, al igual que la factoría semi artesanal, transportará pequeñas cantidades en furgonetas, de manera frecuente, dando lugar a una fase de transporte poco eficiente.

Por otro lado, la fábrica semi artesanal de quesos considera las emisiones provocadas durante la recogida de leche, ya que debe ser transportada desde las producciones ganaderas donde se obtiene, hasta la factoría. Por el contrario, la mini quesería produce la leche en el mismo lugar que fabrica los quesos, por lo que puede evitar las emisiones provocadas por esta actividad al realizarse de forma manual.

- Aguas residuales y residuos sólidos

Debido al elevado consumo de agua, en la elaboración de productos lácteos se generan grandes volúmenes de efluentes en todo el mundo. Así, la generación de efluentes líquidos es uno de los aspectos medioambientales inevitables de la producción de queso. El caudal y la composición de las aguas residuales lácteas crudas suelen ser variables, dependiendo del tipo de productos y de las operaciones (Finnegan *et al.*, 2017). Según Rad y Lewis (2014), el volumen de agua residual generado por los quesos producidos oscila entre 0,7 y 60 L por kilogramo de queso.

Según Finnegan *et al.*, (2017), para cumplir con la normativa medioambiental, las plantas de elaboración de queso tienen sus sistemas de tratamiento de aguas residuales, especialmente las que operan a gran escala. Queiroz *et al.*, (2019) afirman que el tratamiento de efluentes con tecnologías convencionales es menos

común en las pequeñas industrias lácteas debido a las restricciones operativas y a las limitaciones económicas. Estas industrias no disponen de medios para tratar las aguas residuales, que son vertidas directamente en el alcantarillado, incluso al terreno (Dalla Riva *et al.*, 2017).

Boguniewicz-Zablocka *et al.*, (2019) argumentan que las aguas residuales más peligrosas son las que se forman durante el lavado de los equipos e instalaciones, que contienen los restos de la producción, así como los productos de limpieza. En el caso de la mini quesería, pese a las pequeñas dimensiones de la industria, se utilizará una depuradora (equipo de oxidación total) para tratar estas aguas residuales, cuyas especificaciones técnicas serán descritas en detalle en el Anexo B, subanexo 2. Sólo las aguas pluviales se verterán directamente al terreno.

Las industrias queseras también generan residuos sólidos orgánicos y no orgánicos. Estos residuos, producidos en baja cantidad, comprenden los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales in situ (Stehlik, 2008), así como los producidos por el envasado y el mantenimiento del queso y comúnmente incluyen plásticos, metales, cartón, madera y papel, gran parte de los cuales pueden ser reciclar (Rad y Lewis, 2014). Resulta complicado predecir la cantidad de estos residuos que se pueden generar en la mini quesería.

Sin embargo, para reducir el impacto provocado por estos residuos, en la mini quesería se utilizarán envases ecosostenibles. Se prestará especial atención a los proveedores utilizados ya que, incluso consumiendo la misma cantidad, los cambios en el proveedor de materiales pueden contribuir a reducir los efectos ambientales adversos relacionados con el consumo de productos de envasado (Ferreira *et al.*, 2020).

- Categorías de impacto

El análisis ACV considera 7 categorías de impacto para definir el perfil ecológico de un queso. Estas categorías son: efecto invernadero, acidificación, eutrofización, ozono troposférico, ecotoxicidad acuática y toxicidad humana. En la ilustración 13 se muestra el porcentaje de contribución de cada fase a estos indicadores, en el caso de la factoría semi artesanal.



## % INDICADOR - FACTORÍA SEMI ARTESANAL

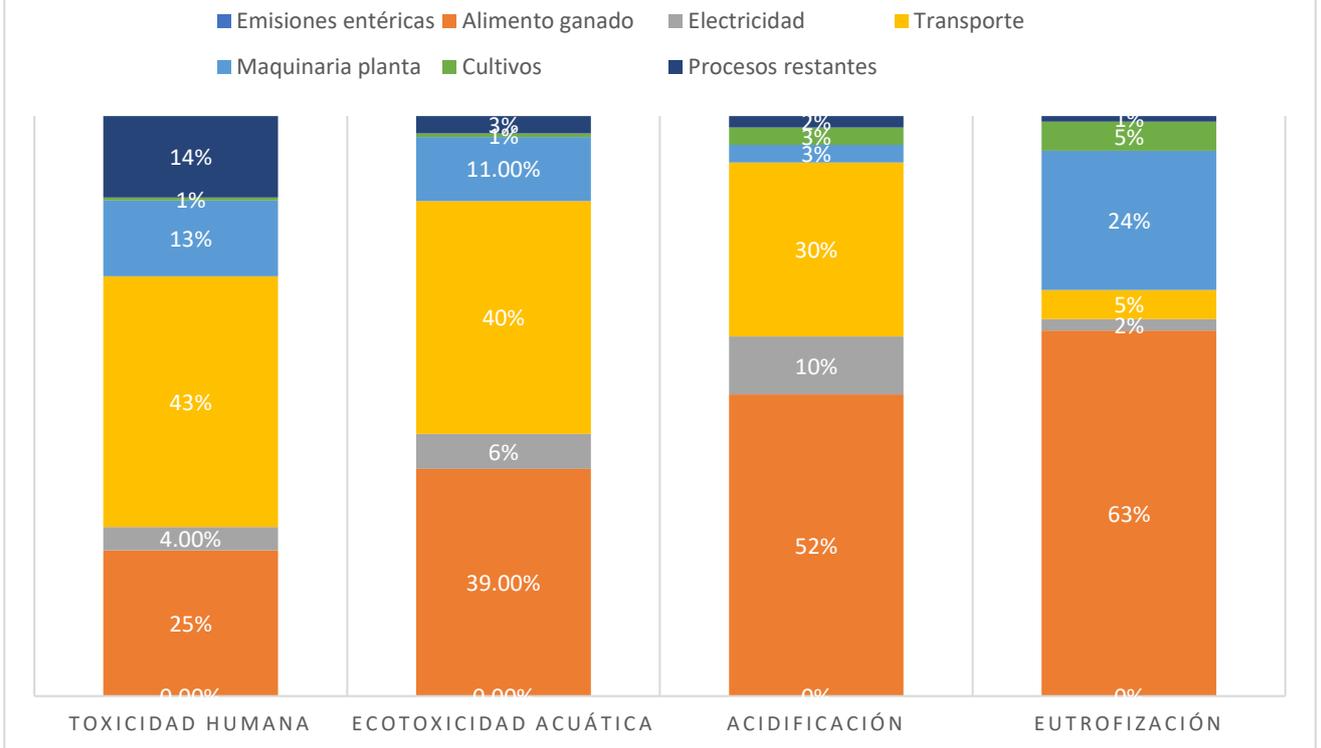


Ilustración 13 - Categorías de impacto según la actividad - Factoría semi artesanal / Fuente: Vagnoni et al., 2017

Es posible remarcar que la alimentación del ganado (en naranja) tiene un papel relevante en todos los indicadores expuestos, especialmente en la eutrofización, que consiste en un exceso de nutrientes que provoca una disminución de la diversidad biológica y una peor calidad del agua, entre otros. Otras de las actividades que provocan mayor impacto en los indicadores es la fase de transporte (en amarillo), que supone un gran porcentaje en la toxicidad humana (que expresa el potencial de toxicidad del producto), en la ecotoxicidad acuática (que expresa el potencial de ecotoxicidad del agua dulce generado por el producto) y la acidificación (que incluye el problema de la lluvia ácida que afecta a ecosistemas naturales e infraestructuras humanas).

Tras realizar el análisis de estos datos, se concluye que para lograr un cambio hacia un sistema de producción de queso más sostenible desde el punto de vista ambiental, sería necesaria la utilización de energía renovable (Tarighaleslami et al., 2020) y un dimensionamiento adecuado de los equipos (que permitiría reducir el impacto provocado por la fase de fabricación de queso), el uso de agentes de limpieza menos contaminantes, así como la adopción de una gestión más limpia de las aguas residuales (para reducir los indicadores como la toxicidad humana o ecotoxicidad acuática) y un sistema de transporte de los quesos fabricados más eficiente. Un aumento del consumo de combustibles renovables puede reducir las emisiones del transporte y mejorar el perfil medioambiental del queso (Dalla Riva et al., 2017).

En base a los análisis del impacto en las dimensiones social, económica y ambiental de la mini quesería propuestos, se ha realizado un diagrama de causa y efecto que recoge de forma gráfica las acciones que se deben llevar a cabo para

mejorar el rendimiento de la sostenibilidad industrial de la mini quesería portable según Gosalvitr *et al.* (2021) (ilustración 14):

### DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO

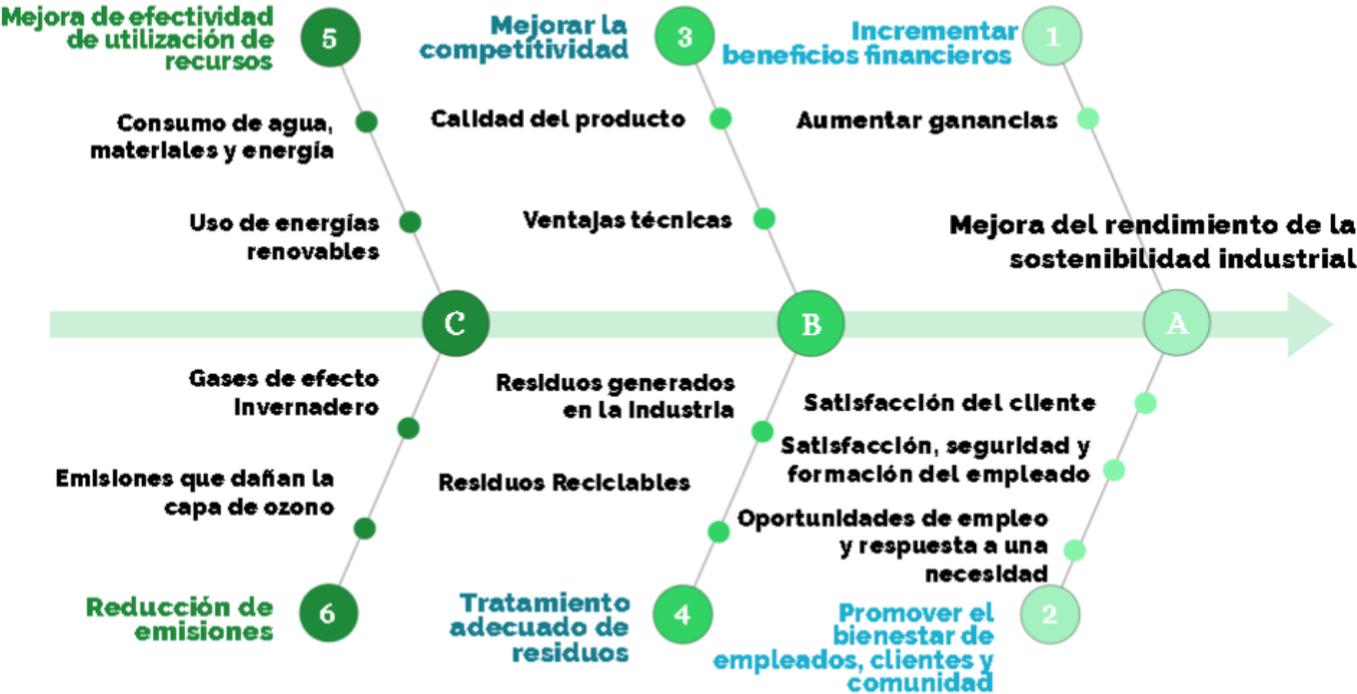


Ilustración 14 - Diagrama de Ishikawa sobre la mejora del rendimiento de la sostenibilidad industrial / Fuente: Elaboración propia a partir de: Mengistu y Panizzolo, 2022



## Capítulo 3 – Definición del volumen de producción de quesos

En este capítulo se analizan las características de las explotaciones ganaderas, en primer lugar, en Castilla y León y después se extrapola a cualquier otro emplazamiento. En él se justifican las decisiones tomadas respecto a la producción de leche, y, por consiguiente, el volumen de producción de queso de la mini quesería portable que servirán para tomar decisiones sobre la propuesta de dimensionamiento del proceso productivo.

### 3.1 Necesidades de la explotación ganadera en Castilla y León

Tras analizar los datos de censo de ganado ovino, así como de producción de leche y de fabricación de queso de oveja a nivel nacional e internacional en el primer capítulo, a continuación, se presentan las características del sector en la región de Castilla y León.

Castilla y León es la Comunidad Autónoma (CCAA) con mayor número de explotaciones de ganado ovino destinadas a la producción de leche, con un total de 2008 explotaciones, que constituyen el 32 % de las explotaciones dedicadas a la producción de leche en el territorio español. Este dato se puede ver desde otro enfoque: la relación entre compradores y ganaderos en Castilla y León es de 82 compradores frente a 1927 ganaderos, mientras que en otras CCAA como Cataluña esta relación es de 20 compradores, frente a 11 ganaderos. Se puede deducir, por tanto, que la totalidad de la materia prima para abastecer a la industria (leche cruda de oveja) proviene de la propia comunidad. (MAGRAMA, 2020).

Castilla y León es la segunda CCAA con un precio de leche de oveja más barato por litro. (0,897 euros/l en 2020), siendo un factor atractivo para la ubicación de este tipo de industria en esta región.

Teniendo en cuenta estos factores, se concluye que Castilla y León es una región con gran potencial para implantar la mini quesería portable y sostenible, debido a las posibilidades de mercado existentes. Muchos ganaderos de la comunidad se podrían beneficiar de la mini quesería, obteniendo ingresos extra de sus explotaciones de ganado ovino.

Las características de los quesos dependen fundamentalmente de la raza de oveja de la cual proviene la leche. En Castilla y León existen tres razas de ovino autóctonas emblemáticas: la Churra, la Castellana y la Ojalada (Yanes y De La Fuente, 2010). Sin embargo, estas razas autóctonas son minoritarias en comparación con el censo total de la especie. Las dos primeras tienen aún una gran significación en la economía y tradición ganadera. Además, son orientadas mayoritariamente a la producción exclusiva de lechazos. Por otro lado, la raza Assaf representa el mayor censo ovino de producción de leche de la comunidad, y se caracteriza por su elevada producción lechera.

En función de la raza de la oveja de la cual proviene la leche, la producción diaria de leche puede variar significativamente. Por ejemplo, una oveja de la raza Assaf produce 2,5 litros de leche al día, mientras que una oveja de la raza Churra produce únicamente 0,89 litros de leche al día. Se va a realizar un estudio de la necesidad de cabezas de ganado para dos casos: una explotación de ganado ovino de la raza Assaf, y otra de la raza Churra, raza que siguen utilizando las explotaciones autóctonas.



Las dimensiones de la mini quesería, y, por tanto, la distribución del proceso productivo, se encuentran limitados por las dimensiones de los contenedores homologados en los que será instalada. Por ello, se establece una cifra de producción de leche máxima por día, de forma que se pueda utilizar maquinaria de potencia y dimensiones adecuadas, que permita producir el mayor número de quesos posible. Esta cifra, que se utilizará para realizar el cálculo de necesidades de explotación ganadera, así como para la selección de los equipos utilizados en el proceso productivo, es de 1000 litros/día. El volumen de producción de leche define el volumen de producción de quesos.

El ordeño y recogida de la leche se realiza diariamente. Sin embargo, el tiempo máximo de almacenamiento de la leche para evitar su desperdicio es de cuatro días. Una producción diaria de queso no se considera, ya que no se dispone del espacio suficiente para su almacenamiento. Considerando estos factores, se propone una producción que tendrá lugar 2 días por semana, los lunes y los jueves, dando lugar a una producción semanal de 2000 litros de leche.

En las ilustraciones 15 y 16 se recogen los datos de producción de leche por cabeza de ganado para dos ovejas de raza Assaf y Churra. Además, se presenta, con el objetivo de dar un enfoque numérico, el número de cabezas de ganado que serían necesarias para satisfacer la producción de 1000 litros/día.

Almacenamiento Lunes - Miércoles	Producción de leche / cabez de ganado (l)	Nº de cabezas de ganado
Raza Churra	2,67	375
Raza Assaf	7,5	134

*Ilustración 15 - Nº de cabezas de ganado para satisfacer la producción (Lunes - Miércoles)*

Almacenamiento Jueves - Domingo	Producción de leche / cabez de ganado (l)	Nº de cabezas de ganado
Raza Churra	3,56	281
Raza Assaf	10	100

*Ilustración 16 - Nº de cabezas de ganado para satisfacer la producción (Jueves-Domingo)*

Tras realizar el estudio comparativo entre estas dos razas de oveja predominantes en la región, resulta evidente que aquellos ganaderos cuya explotación sea de la raza Assaf, producirán una mayor cantidad diaria de leche, por lo que necesitarán un total de 134 cabezas de ganado para satisfacer la producción de 1000 litros/día. Por su parte, aquellos ganaderos que posean ovejas de la raza Churra necesitarían un total de 375 cabezas de ganado para satisfacer la misma producción. Estos resultados no quieren decir que la mini quesería sea válida únicamente para explotaciones ganaderas de estas dimensiones, siendo totalmente viable para volúmenes de producción inferiores a 1000 litros/día, y, por tanto, para explotaciones ganaderas con menor censo de cabezas de ganado.

### 3.2 Extrapolación a países en desarrollo

El análisis del impacto social realizado en el capítulo dos muestra el interés y la conveniencia de la implantación de la mini quesería portable en comunidades desfavorecidas. Si se desea implantar la mini quesería en alguna comunidad



desfavorecida localizada en un país en desarrollo, se deberían aplicar las mismas consideraciones antes descritas para la región de Castilla y León en términos de volumen de fabricación. Sería necesario considerar la raza de oveja de la explotación, ya que de ello dependerá la producción diaria de leche y por tanto las dimensiones de la explotación ganadera.

### 3.3 Estimación del volumen de producción de quesos

Una vez se han definido las necesidades del tamaño de la explotación ganadera en función de la raza de oveja para satisfacer el volumen de producción de leche establecido, se procede a estimar el volumen de producción de quesos.

Como se ha dicho anteriormente, se considera el valor de la producción semanal de leche de 2000 litros para estimar la producción semanal en kg de quesos.

Primeramente, se debe elegir el formato de queso que se va a producir en base a una serie de criterios. Las alternativas que se presentan son: 1 kg, 2 kg, 3 kg y cuñas. Criterios:

- Demanda: el formato debe satisfacer al mayor número de consumidores, adaptándose a sus necesidades. Los formatos de queso más demandados en España son los quesos de 1 kg y 3 kg.
- Dificultad de la producción: el desarrollo de diversos formatos de quesos no implica una dificultad añadida. Sin embargo, cuanto mayor variedad de formatos exista, mayor será la variedad de moldes necesarios. El desarrollo de un formato de cuñas implica la necesidad especial de un corte y envasado diferente, por lo que se descartará este formato.
- Coste de inversión: la elaboración de diversos formatos implica un mayor coste de inversión, debido a la cantidad de espacio dedicada a los diferentes formatos y moldes. Se pretende ofrecer cierta variedad, por lo que se producirán 2 formatos de queso diferentes.

En función de los criterios considerados anteriormente se decide fabricar quesos de 1 kg y 3 kg.

El rendimiento de litros de leche por cada kilogramo de queso varía en función del animal, así como de la raza de este. Se necesitan unos 10 litros de leche de vaca para producir 1 kg de queso, 8 litros de leche de cabra y entre 5 y 6 litros de leche de oveja. (Finnegan *et al.*,2017).

Se ha determinado la producción semanal de quesos en kg, en función de este rendimiento, considerando un valor de 5,5 litros de leche necesarios para la producción de 1 kg de queso. La producción de quesos de 1 kg y 3 kg se recoge en la ilustración 17.

Producción semanal (kg)	Número de quesos 1 kg	Número de quesos 3 kg
364 (5,5l/kg)	364	122

Ilustración 17 - Nº máximo de quesos de 1 kg y 3 kg por semana



Por motivos de dimensionamiento del proceso productivo y selección de la maquinaria, concretamente de la prensa horizontal, y para que no haya problema de espacio en las salas de secado y maduración, se ha decidido considerar únicamente el 25 % de la producción para el caso de 1 kg. Además, la demanda en el mercado de los quesos de 1 kg es mucho más pequeña que la del formato de 3 kg, por lo que esta decisión también se realiza con motivo de maximizar los ingresos procedentes de la venta de quesos. Como se observa en la ilustración 17, el número máximo de quesos de 3 kg que se van a producir por semana es de 122. Por su parte, se pueden producir un total de 364 kg de quesos de 1 kg, que en la práctica serán muchos menos debido a las consideraciones realizadas. De esta forma, según lo comentado anteriormente, los lunes y jueves, días en los que tiene lugar la producción, se producirán 61 quesos de 3 kg y 46 quesos de 1 kg. Este volumen de producción diario se tendrá en cuenta a la hora de realizar la distribución del proceso productivo, así como el dimensionamiento de los equipos implicados en el mismo.



## **Capítulo 4 - Descripción del Proceso Productivo. Distribución en planta.**

Tras justificar el volumen de producción de quesos de la mini quesería en el capítulo 3, se describe su proceso productivo en el presente capítulo. Es necesario recordar que para evitar que la leche se ponga en mal estado, no se debe almacenar más de 4 días. Por ello la elaboración de quesos se llevará a cabo los lunes y los jueves, mientras que el resto de los días la leche ordeñada será almacenada en los respectivos tanques de almacenamiento.

En este capítulo se presenta en primer lugar el diagrama de flujo del proceso, que permite identificar rápidamente y de manera visual las diferentes operaciones del proceso productivo, así como el orden de precedencia de estas. Después, se describe de manera más detallada cada operación del proceso productivo. A continuación, se indica la maquinaria elegida que se utilizará en el proceso productivo. Finalmente, se describe la distribución en planta de la mini quesería portable de manera justificada para cada uno de los contenedores.

### **4.1 Diagrama de flujo del proceso**

El diagrama de flujo del proceso productivo permite describir gráficamente el funcionamiento de este (ilustración 18). Este diagrama muestra todas las fases del proceso y el modo en que se relacionan y están conexionadas. Además, indica el camino a seguir en el supuesto de tener que tomar decisiones en un momento determinado del proceso. El diagrama de flujo de proceso se realiza a partir de Canellada *et al.*, (2018) y Borges (2021). También se ha considerado para su realización los procedimientos de diseño de procesos recogidos en Clarkson y Eckert (2005) y Grewal (2011).



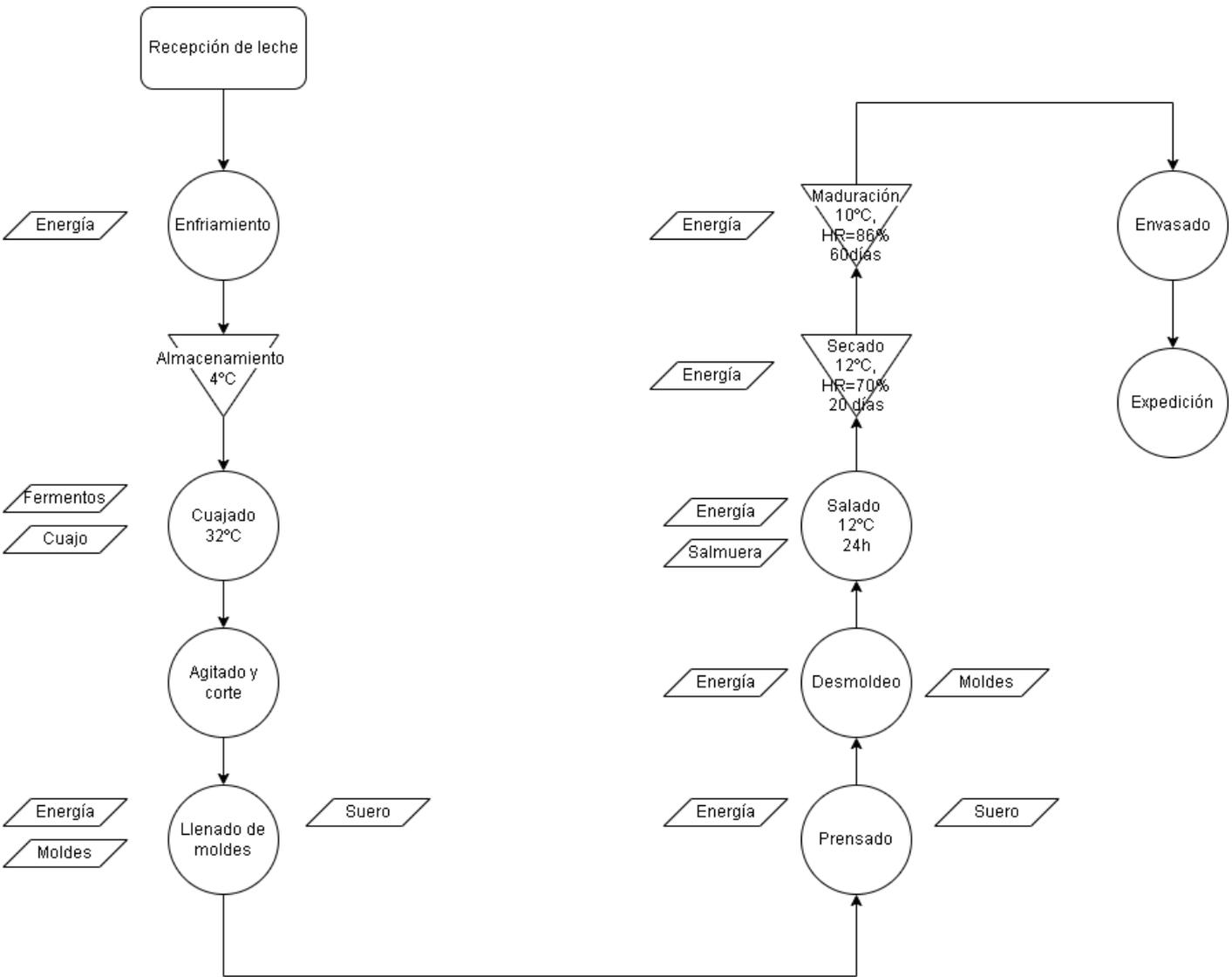


Ilustración 18 - Diagrama de flujo / Fuente: Elaboración propia

Con el objetivo de presentar este diagrama de una forma más clara, en la ilustración 19 se indica un mapa sistemático en el que se muestran las diferentes entradas y salidas de cada operación del proceso productivo. Las líneas continuas se corresponden a las entradas, mientras que las discontinuas se corresponden a las salidas. El diagrama se realiza según Coelho *et al.* (2017).

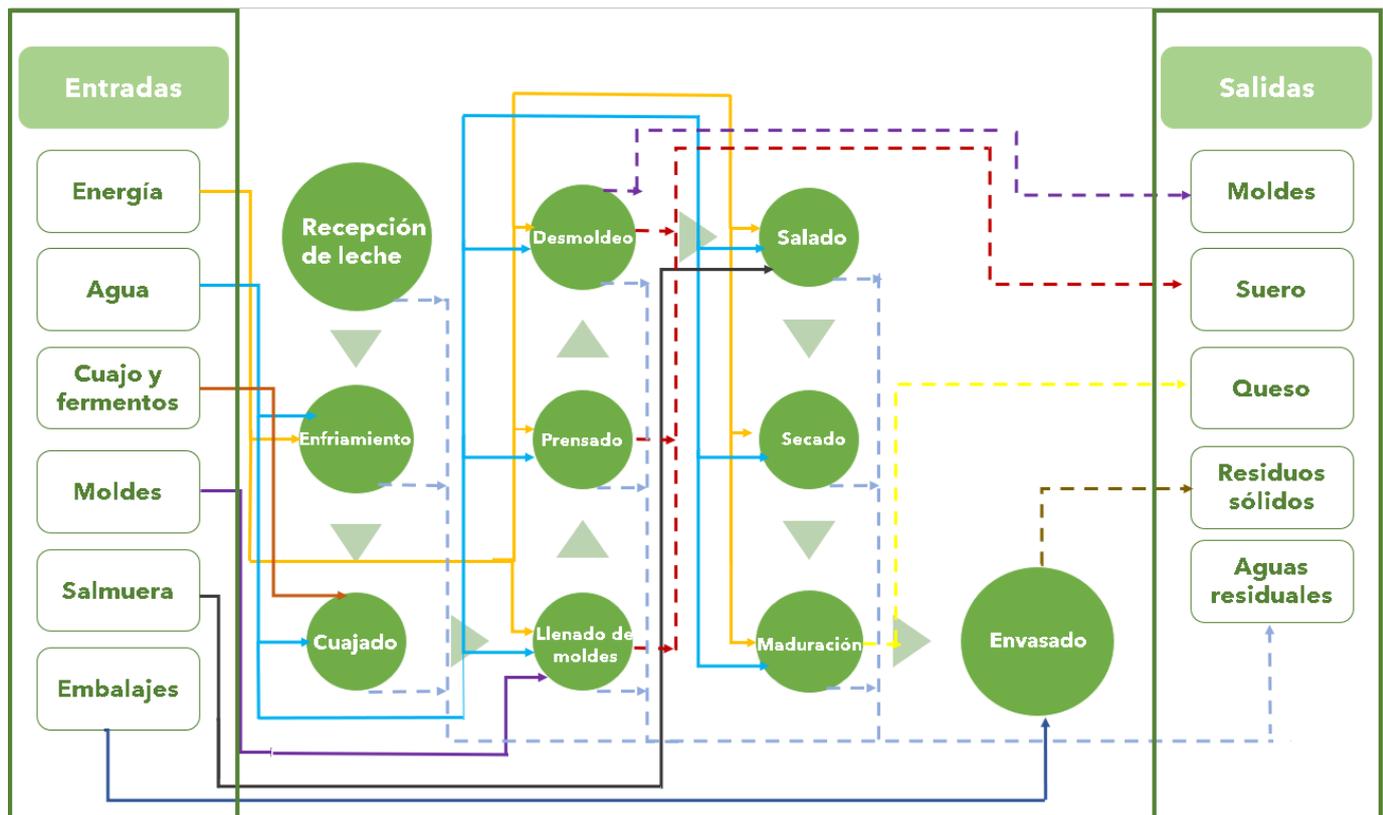


Ilustración 19 - Mapa sistemático del proceso productivo / Fuente: Elaboración propia

## 4.2 Operaciones del proceso productivo

La descripción de las distintas operaciones del proceso productivo sirve para tomar decisiones respecto a los siguientes aspectos:

- Maquinaria empleada en el proceso de elaboración de quesos, así como sus dimensiones y potencia necesaria.
- Necesidades de temperatura y condiciones de humedad relativa.
- Necesidades de tiempos del proceso productivo (dimensionado de salas de salado, secado y maduración).

El proceso productivo de la mini quesería se caracteriza por su baja industrialización y está condicionado por las dimensiones de los contenedores homologados. Las operaciones de este proceso se describen al igual que en Gómez (2020), Vallinas (2017) y Vásquez (2020):

- Recepción de la leche

En nuestro caso, la leche de oveja, una vez ordeñada de forma manual, se recoge en recipientes adecuados (cántaras) y se lleva a un depósito de almacenamiento donde se enfría a una temperatura de 4 °C (Vithanage *et al.*, 2017). De esta manera se evitan calentamientos indeseados que pueden favorecer la proliferación de microorganismos o la destrucción parcial de bacterias de interés para la elaboración del queso.

La explotación ganadera estará ubicada en el mismo emplazamiento que la mini quesería por lo que el transporte hasta los tanques de almacenamiento de la leche se realiza de forma manual sin el uso de vehículos motorizados, lo que contribuye a reducir el impacto ambiental.

- Almacenamiento de la leche

La leche se almacena en los tanques de almacenamiento adecuados para ello (que preservan la calidad de la leche) hasta el momento que se utiliza para el proceso productivo de elaboración del queso. Estos depósitos deberán estar provistos de un sistema isoterma que mantenga la temperatura de la leche a 4 °C como máximo, ya que, es a esta temperatura cuando las bacterias lácticas quedan inactivas, y pueden aparecer unas bacterias no deseadas.

- Llenado de la cuba de cuajado

Se realiza el bombeo desde los tanques de almacenamiento refrigeradores a la cuba de cuajado. Se establece el volumen de la cuba de cuajado en 1000 litros (volumen de producción diario). Antes del llenado de la cuba de cuajado, la leche se hace pasar a través de un intercambiador de placas para elevar su temperatura hasta 32 °C. Las características de la cuba de cuajado empleada permiten mantener esta temperatura mediante baño maría.

- Cuajado

Esta fase consiste en añadir el cuajo, esto es una serie de fermentos lácticos o coagulantes que pueden ser de tipo vegetal o animal. Gracias a este proceso, el queso pasa de estar en estado líquido, a un estado sólido o semisólido. Mientras se añaden estos aditivos, la leche debe estar en constante agitación para así conseguir una distribución homogénea de todos ellos. Esta agitación es llevada a cabo por la propia cuba de cuajado, que dispone de unas palas que rotan. Una vez se han añadido los aditivos se para la agitación para que tenga lugar la coagulación enzimática.

- Corte de la cuajada

La pasta coagulada se corta mediante unas liras (finos alambres que rotan sobre el eje central de la cuba) para dividir la pasta en partículas de menor tamaño, similar al de un grano de arroz.

De manera simultánea al cortado de la cuajada, es necesaria una leve agitación de los granos que facilite el desuerado. Esta agitación debe ser leve para evitar la disgregación de la pasta. El tiempo de corte y agitación varía entre 10 y 15 minutos.

- Desuerado

Terminada la etapa anterior, se realiza el desuerado.

Cabe destacar que en ocasiones el suero se utiliza como subproducto utilizándose para elaborar suero en polvo.

- Llenado de moldes

Existen diferentes posibilidades de llenado de los moldes que han sido consideradas: en primer lugar, se estudió situar la cuba de cuajado en una plataforma para así aprovechar la fuerza de la gravedad para realizar el llenado. Esta propuesta pese a ser innovadora no se ha considerado finalmente ya que el comportamiento es menos controlable, y la altura del contenedor es limitada. En segundo lugar, se encuentra la opción de instalar una bomba de lóbulo rotativo, lo cual resulta más ventajoso, ya que el caudal de la pasta se controlará más fácilmente. Por este motivo se instalará una bomba de lóbulo rotativo que trabaje en régimen discontinuo y que sea accionada por un operario a través de un pedal.



Además, el caudal de diseño de la bomba será sobredimensionado para evitar la rotura de los granos de queso.

La pasta resultante se introducirá en los moldes que se llenarán de manera semiautomática.

- Prensado

En esta etapa se termina de dar corteza, se elimina suero y se liga firmemente los granos de cuajada. La fuerza de prensado determina las características de los quesos, como la dureza o blandura, y la sequedad o humedad.

El prensado tiene una duración variable, entre 6-8 horas, en función de las características de la cuajada y formato de los quesos. Además del tiempo, durante esta etapa es necesario controlar la temperatura, el pH y los niveles de presión.

- Salado

Esta operación consiste en introducir el queso, una vez es extraído de su molde, en una solución de salmuera durante un periodo de tiempo que oscilará entre las 14 y 16 h para quesos de 1 kg y periodos de 24 horas para los formatos de 3 kg. Esta etapa es fundamental, ya que contribuye a la formación de la corteza, la conservación del producto y evita el crecimiento de microorganismos no deseados. Por otro lado, esta fase sirve también para aportar los primeros matices de sabor y aroma del queso (Guinee y Fox, 2017).

La temperatura del baño de salmuera será de 14 °C, ya que se pretende evitar la proliferación de microorganismos no deseados. Para lograr esta temperatura se instalará un equipo de frío en la cubierta del contenedor que mantenga la sala de salado a 14 °C.

Se emplearán 3 litros de salmuera por cada kg de queso. Como se ha descrito en el capítulo 3, los kg de queso producidos en un día de elaboración son 229 kg (61 quesos de 3 kg y 46 quesos de 1 kg). Por tanto, los litros de salmuera necesarios para satisfacer la producción de quesos de un día son de 687 litros.

- Secado

Previamente a su introducción en la cámara de secado, los quesos se dejarán escurrir durante 5-7 horas en cestones que se situarán sobre el baño de salmuera. El secado, junto con la etapa de maduración, pretende conferir al producto final una mejora de sus características organolépticas (olor, color sabor y textura), así como la creación de la corteza que protegerá a los quesos. La duración de la etapa de secado es de 20 días.

En el interior de la cámara de secado se procurarán unas condiciones ambientales de 12 °C para evitar la proliferación de organismos no deseados y 70 % de humedad relativa, evitando un secado que pueda provocar la rotura del queso. Para ello se utilizarán los equipos de frío pertinentes.

Las dimensiones de la sala de secado se justificarán en el apartado de distribución en planta.

- Maduración

En la cámara de maduración se procurarán unas condiciones ambientales de 10 °C de temperatura y 86 % de humedad relativa, manteniéndose los quesos durante un



total de 60 días. Esto se logrará mediante los equipos de frío pertinentes. Es en esta fase cuando se determinará el sabor, los aromas, la consistencia y la forma del queso.

Las dimensiones de la sala de maduración se justifican en el apartado de distribución en planta.

- Envasado

Se procede finalmente con el envasado de los quesos previamente a su expedición.

- Expedición

### 4.3 Selección de maquinaria

Para la selección de la maquinaria de la mini quesería se ha tomado como referencia el trabajo de Ozturk y Kilic-Akyilmaz (2022). La selección de los equipos que se instalarán en la mini quesería portable se ha realizado en primer lugar, teniendo en cuenta las dimensiones de los contenedores. Estas son reducidas, por lo que es necesario una distribución y una selección precisa de la maquinaria para producir el máximo número de quesos, así como facilitar el flujo de operarios y mercancía. Además, la maquinaria debe cumplir las especificaciones técnicas de las operaciones del proceso productivo necesarias para la fabricación del queso. Para seleccionar la maquinaria, se ha realizado un estudio de mercado, analizando las especificaciones técnicas, así como el precio de los equipos. En la ilustración 20 se recogen los fabricantes elegidos para la maquinaria del proceso productivo, los cuales, tras contactar con ellos, han proporcionado las especificaciones técnicas de la maquinaria que serán descritas en el Anexo A.

MAQUINARIA	MARCA
Depósito isoterma	Industrias Céspedes
Intercambador de placas	Alfa Laval
Bomba lobular	INOXPA
Cuba de cuajada	LEYNOX
Prensa horizontal	Sanchez Cañamero
Mesas de llenado y desmoldeo	Sanchez Cañamero
Saladero	Sanchez Cañamero
Moldes	BUSQUI
Pallets	EPAL
Cestas queseras	TEPSA

*Ilustración 20 - Maquinaria empleada en el proceso productivo y fabricantes*

### 4.4 Distribución en planta del proceso

La distribución en planta consiste en el posicionamiento físico de las diferentes salas, máquinas, personal y equipos. También se corresponde con el flujo de materias primas, materiales, información etc. a lo largo del proceso (Slack *et al.*, 2009).

La distribución en planta del proceso productivo está fuertemente condicionada por las dimensiones de los contenedores homologados, así como por las diferentes



operaciones del proceso, la maquinaria necesaria para llevarlas a cabo y el flujo de mercancías y operarios (que se plantea que utilicen máquinas transpaleta manuales en el interior de los contenedores para transportar los quesos). La distribución en planta se realiza siguiendo los principios descritos en SüBe *et al.* (2022).

La ordenación de los medios de producción es de vital importancia. Esta ordenación incide de manera directa sobre el coste de los quesos fabricados, el consumo de recursos energéticos, los tiempos de fabricación, y la capacidad de adaptación ante una modificación de la demanda o del volumen de producción. El objetivo de la distribución en planta será, por tanto, conseguir la máxima productividad y eficiencia, al mismo tiempo que se garantiza la seguridad de los empleados (Matsumoto *et al.*, 2020).

Siguiendo los pasos de la conocida filosofía del JIT (“*Just in time*”) (Wiendah y Reichardt, 2015) se definen los objetivos de la distribución en planta (Departamento de organización de empresas UPV, 2005):

- Simplificar el proceso productivo lo máximo posible
- Minimizar las operaciones de mantenimiento de maquinaria
- Disminuir la cantidad de trabajo en curso
- Aprovechar el espacio de la manera más efectiva posible
- Aumentar la satisfacción del operario, así como su seguridad

Además, el objetivo general se alcanza a través de la consecución de hechos como:

- Eliminación de áreas ocupadas innecesariamente.
- Mejora de la supervisión y el control sobre el proceso productivo.
- Mayor flexibilidad de ajuste a los cambios de condiciones en el volumen y proceso de producción.

En el diseño de la distribución en planta se han considerado los objetivos anteriormente descritos (Wiendah y Reichardt, 2015). Además, se consideran otros factores, entre los cuales podemos destacar:

- La superficie en planta disponible, forma y dimensiones de la maquinaria, así como los operarios requeridos y su flujo.
- La secuencia y orden de las diferentes operaciones (descrita en el diagrama de flujo), así como el flujo de materiales con los que se trabaja.
- La flexibilidad, manteniendo la distribución libre de características fijas.

En nuestro caso, se va a adoptar una configuración en planta orientada al producto, es decir, el producto recorre la línea de producción de una estación a otra siendo sometido a las diferentes operaciones necesarias. Para realizar la distribución de forma exacta se utiliza la herramienta Autocad, a partir de la cual se representan los contenedores y las distintas salas (ilustración 21) con sus superficies y equipos empleados en el proceso productivo (ilustraciones 22 y 23). Estas ilustraciones se pueden ver más en detalle en el plano 1 del Anexo C. Para llegar a esta posible solución se ha empleado un proceso iterativo en el que se han considerado diferentes configuraciones hasta retener la proposición final.



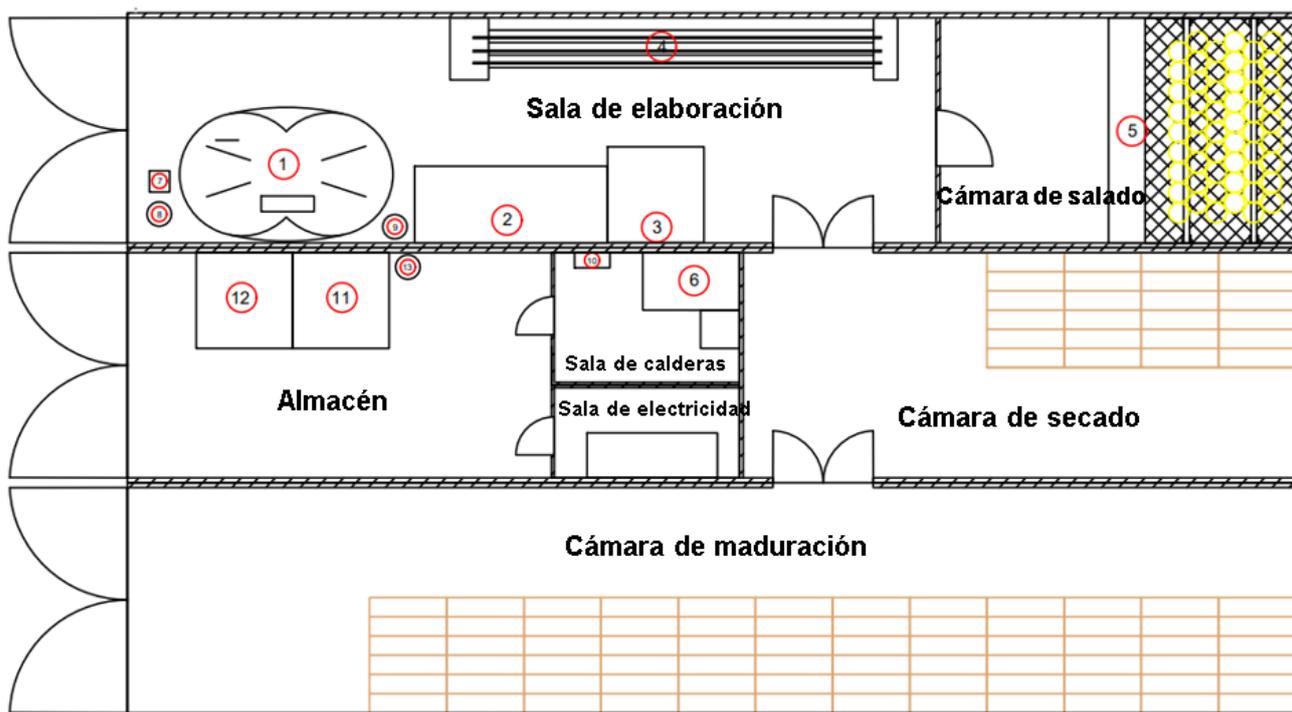


Ilustración 21 - Distribución en planta de la mini quesería / Fuente: Elaboración propia

### EQUIPOS

1	Cuba de cuajada
2	Mesa de llenado
3	Mesa de desmoldeo
4	Prensa horizontal
5	Saladero
6	Caldera
7	Intercambiador de placas
8	Bomba centrífuga
9	Bomba lobular
10	Estación de agua dulce
11	Depósito de agua
12	Depósito de agua
13	Bomba depuradora
14	Tanque de almacenamiento

### SUPERFICIES (m2)

1. Sala de elaboración	19,61
2. Cámara de salado	8,66
3. Cámara de secado	13,46
4. Almacén	14,81
5. Sala de calderas	2,6
6. Sala de electricidad	1,8
7. Cámara de conservación	28,27
Superficie total construida	89,6 m2

Ilustración 22 - Superficies de las distintas salas

Ilustración 23 - Equipos empleados en el proceso productivo

Los tres contenedores homologados se disponen como se describe en la ilustración 21, de forma que están conectados por medio de puertas de panel sándwich intermedias. Se justifica la propuesta de distribución de los tres contenedores de fabricación de la siguiente manera:

- **Contenedor 1:**

En la ilustración 24 se recogen los diferentes equipos empleados en el proceso productivo, así como sus dimensiones.

En este contenedor se dispone la maquinaria elegida para realizar el proceso de elaboración de queso. En primer lugar, la leche llega desde un tanque de almacenamiento que se situará durante la fase de elaboración de queso en el exterior de la mini quesería. Esta leche es calentada y bombeada a la cuba de cuajada. Tras el proceso de cuajada y corte de esta, la pasta se lleva a la mesa de llenado de moldes, que se realizará de forma semi automática, y, una vez son llenados, se introducen en la prensa horizontal. Tras el prensado se procede al desmoldeo, que al ser una operación relativamente más rápida que la de llenado de moldes, se puede utilizar una mesa de desmoldeo más pequeña, en la que se irán desmoldeando de forma progresiva conforme se sacan los quesos de la prensa. Por último, los quesos se llevan a la sala de salado donde serán introducidos en el saladero. El flujo de la leche y el queso queda representado en el plano 3 del Anexo C.

Contenedor 1 (equipos)	Dimensiones (mm)	Superficie (m2)
Contenedor (interior)	12030x2350	28,3
<b>SALA DE ELABORACIÓN</b>		19,6
Cuba de cuajado	2520x2080	2,7
Bomba Lobular	253x204	0,05
Intercambiador placas	210x220	0,05
Mesa llenado	2000x800	1,7
Mesa desmoldeo	1000x1000	1
Prensa horizontal	4640x650	3
<b>SALA DE SALADO</b>		8,7
Saladero		4,5

*Ilustración 24 - Dimensiones equipos contenedor 1*

La superficie interior del contenedor, así como las dimensiones de la maquinaria dificultan una distribución en planta óptima, siendo en este caso imposible una distribución en forma de U (distribución ideal). Sin embargo, la distribución se ha realizado de manera que se reduzcan las distancias entre los equipos, de forma que los operarios puedan manejar varios equipos simultáneamente. Además, debido a la simplicidad del proceso productivo y al ser las distancias entre equipos pequeñas, los operarios pueden realizar un control de la línea y detectar fácilmente cualquier desequilibrio. Por último, es importante destacar que en todo momento se ha respetado un pasillo en la distribución, que permite el flujo de operarios que utilizan una máquina transpaleta manual.

- **Contenedor 2:**

En la ilustración 25 se muestra el aprovechamiento de superficies en el contenedor 2:

Contenedor 2 (equipos)	Dimensiones (mm)	Superficie (m2)
<b>SALA DE SECADO</b>		13,5
Palets	1200x800	3,8
<b>ALMACÉN</b>		14,8
Depósito de agua	1000x1000	1
Bomba	280x186	0,5
<b>SALA DE CALDERAS</b>		2,6
Caldera de biomasa		0,8
<b>SALA DE ELECTRICIDAD</b>		1,8
Cuadro		1

*Ilustración 25 - Dimensiones equipos contenedor 2*

En primer lugar, se justifica el reparto de superficies de la siguiente manera:

- Sala de secado

Debido a que la duración del proceso de secado es de 20 días para los quesos de 3 kg, es necesario dimensionar la sala en función de esta característica. Para su secado, los quesos se introducirán en cestas, que irán apiladas unas encima de otras sobre un pallet europeo. Se elegirán cestas que permitan realizar apilamiento cruzado, alternando su posición sobre el pallet, para evitar su caída y asegurar la estabilidad, evitando el uso del film de plástico alrededor del pallet. Sobre cada pallet se colocarán 20 cestas de 800x400 mm y en cada cesta se pueden introducir 6 quesos de 3 kg y 15 quesos de 1 kg, en función de las dimensiones de ambos. Las dimensiones de un queso de 1 kg son: diámetro=140 mm y altura=100 mm. Las dimensiones de un queso de 3 kg son: diámetro=210 mm y altura=105 mm.

Considerando una producción en un día de 46 quesos de 1 kg y 61 quesos de 3 kg, la producción durante 20 días (que es la duración de la etapa de secado) será de 276 quesos de 1 kg y 366 quesos de 3 kg. Por ello, se necesitarán 19 cestas para quesos de 1 kg y 61 cestas para quesos de 3 kg, dando lugar a un total de 80 cestas. Como se dedujo anteriormente, y para evitar el desplome de las cestas apiladas, un total de 20 cestas pueden ser apiladas en un pallet europeo, por lo que serán necesarios 4 pallets europeos de dimensiones (1200x800 mm) que ocupan una superficie de 3,84 m<sup>2</sup>.

- Almacén

El resto de la superficie en planta del segundo contenedor será empleado como almacén de materiales diversos. Este almacén albergará en su interior los depósitos de agua necesarios para la limpieza de maquinaria e industria, la sala de calderas (en cuyo interior se encontrará la caldera de biomasa y el equipo de agua dulce utilizado para calentar el agua caliente sanitario (ACS)), y la sala de electricidad, donde se encontrarán el cuadro principal de la instalación eléctrica.

De nuevo se mantiene el espacio necesario para el flujo de operarios y mercancías.

- **Contenedor 3:**

En la ilustración 26 se recoge la distribución de la superficie del tercer contenedor:

Contenedor 3 (equipos)	Dimensiones (mm)	Superficie (m2)
SALA DE MADURACIÓN		28.3
Palets	1200x800	11.5

*Ilustración 26 - Dimensiones equipos contenedor 3*

Este contenedor se utilizará únicamente para la fase de maduración del queso. El dimensionamiento de la sala de maduración se justifica de la siguiente manera:

Al igual que en el proceso de secado, es necesario dimensionar la sala de maduración, considerando la producción de queso durante el periodo de 60 días, que tarda un queso en madurar. La producción total durante 60 días será de 828 quesos de 1 kg y 1098 quesos de 3 kg. Por ello necesitaremos 56 cestas para quesos de 1 kg y 183 cestas para quesos de 3 kg, que suman un total de 239 cestas. Se necesitan por tanto 12 pallets europeos para almacenar estas cestas, lo que equivale a un total de 11,47 m<sup>2</sup>.

Una vez más, la distribución en planta del contenedor se realiza considerando el flujo de operarios y mercancías. Las dimensiones exactas de la distribución en planta se pueden observar en el plano 2 de cotas del Anexo C.



## Capítulo 5 – Ingeniería del Proyecto

En este apartado se van a presentar las propuestas de la ingeniería del proyecto relativas tanto a la ingeniería de las obras como a la ingeniería de las instalaciones. Se justificarán primeramente las elecciones realizadas en cuanto a los contenedores empleados, los detalles del proceso de construcción e instalación de la mini quesería, así como las distintas instalaciones realizadas que permiten llevar a cabo la producción de quesos.

### 5.1 Ingeniería de las obras

Se describen en primer lugar las características de los contenedores homologados en los que se ubicará el proceso productivo de la mini quesería. A continuación, se profundiza en los diferentes detalles constructivos de los mismos (cimentación, forjado, carpintería y acabados).

En el interior del apartado de carpintería se detalla el número de puertas necesarias para conectar las diferentes salas. La realización de estas puertas implica la necesidad de utilizar refuerzos estructurales para garantizar la seguridad estructural. El estudio de la estructura portante de la mini quesería se plantea como líneas de futuro del trabajo.

#### 5.1.1 ELECCIÓN DE LOS CONTENEDORES Y DESCRIPCIÓN DE SUS CARACTERÍSTICAS

Tras analizar el volumen de producción de quesos descrito en el capítulo 3, así como las necesidades del proceso productivo descritas en el capítulo 4, se ha planteado una mini quesería portable que utiliza 3 contenedores homologados, que se transportarán a la ubicación donde se instale. La mayoría de los contenedores marítimos suelen ser de acero o aluminio, en función del interés: si se dispone de un mayor peso de mercancía se suele optar por el acero, y si se necesita una mayor capacidad cúbica interna, se suele optar por el aluminio. Estos contenedores son diseñados para transportar grandes cargas de forma segura y estanca. Además, su capacidad autoportante ofrece resistencia frente a los agentes externos (viento, lluvia etc.) (Prada, 2021). En nuestro caso, nos interesa una mayor capacidad cúbica interna, por lo que los contenedores elegidos deberían ser de aluminio. Sin embargo, existen contenedores de acero que ofrecen una gran capacidad cúbica interna, además de permitir un peso mayor de la mercancía, como veremos a continuación.

En general, el suelo de los contenedores es la parte más rígida. Los contenedores se componen por una estructura de vigas situadas en cada arista y reforzadas por chapas metálicas soldadas a ellas, que proporcionan gran resistencia al conjunto. Por lo tanto, el contenedor tiene una gran resistencia a flexión, flexo-tracción y flexo-compresión. En nuestro caso los 3 contenedores están unidos mediante puertas, por tanto, los contenedores deben ser reforzados de manera conveniente para evitar deformaciones por pandeo (Prada, 2021). El cálculo de la capacidad portante del conjunto está fuera del ámbito del presente proyecto y constituye una de las líneas futuras de este proyecto.



Existen diferentes tipos de contenedores homologados en función de su longitud, o la carga máxima que pueden soportar. Los contenedores standard son aquellos de 20 pies, que se corresponden a 6,06 metros de largo. Sin embargo, para albergar el proceso productivo de elaboración de queso se necesita más superficie, y una mayor altura interna. Por ello, para la mini quesería se utilizarán contenedores de 40 pies *High Cube*. Estos contenedores admiten un peso máximo de carga de 28.500 kg. Las dimensiones exteriores son: 12,19 m de largo, 2,45 m de ancho y 2,89 m de alto. Estas dimensiones pueden variar ligeramente en función del fabricante, y se caracterizan por poseer una altura superior a los contenedores standard.

Los contenedores se juntarán en esta ubicación donde se instale la mini quesería portable y se conectarán por medio de puertas de panel sándwich (como se indicó en la ilustración 21). En el interior de cada uno de estos contenedores se llevará a cabo una actividad diferente:

- 1- El primer contenedor albergará la maquinaria necesaria para llevar a cabo el proceso productivo de elaboración del queso (cuba de cuajado, mesas de llenado y desmoldeo, prensa etc.) que se realizará en el interior de este. En este contenedor también se realizará la operación de salado (ilustración 27).

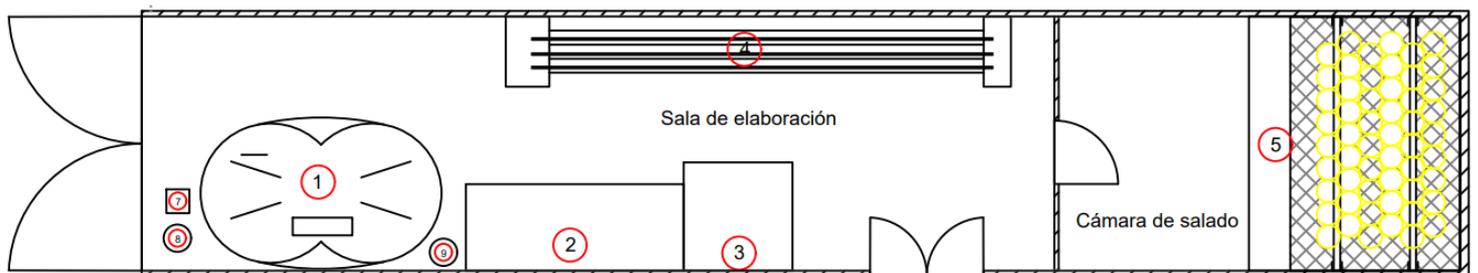


Ilustración 27 - Contenedor 1

- 2- El segundo contenedor albergará la sala de secado y un almacén. En el interior de este almacén se encontrarán la sala de calderas y la sala de electricidad (ilustración 28).



Ilustración 28 - Contenedor 2

- 3- En el tercer contenedor se situará la sala de maduración de los quesos (ilustración 29).

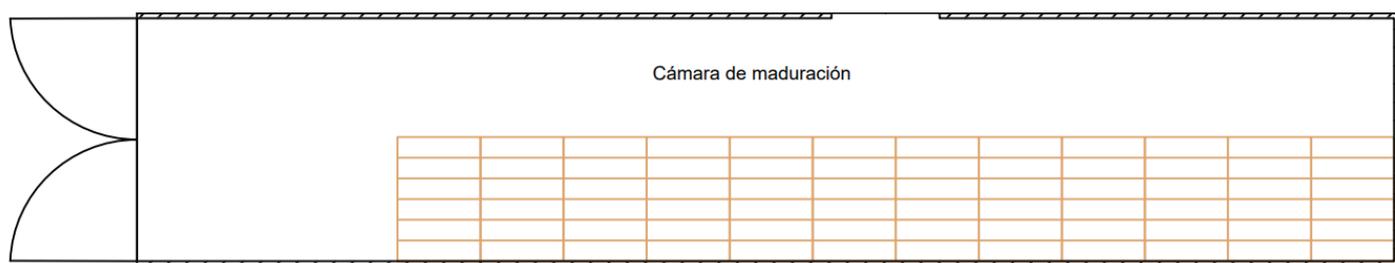


Ilustración 29 - Contenedor 3

Los tres contenedores se instalarán en la explotación de ganado ovino donde se desee llevar a cabo la elaboración de queso. La unión de los contenedores se podrá realizar por anclajes (temporal) o por soldadura (permanente). Además, será necesario sellar las juntas existentes entre ellos, tanto interna como externamente, para asegurar la estanqueidad del conjunto.

A continuación, se describen los diferentes apartados de la ingeniería de las obras que se aplicarán a cada contenedor. Es importante destacar que estos apartados pueden variar en función de la ubicación donde se instale la mini quesería y se tratan de una posible solución de entre varias existentes.

### 5.1.2 CIMENTACIÓN

La cimentación dependerá del tipo de terreno en el que se instale la mini quesería, y, por tanto, la decisión final se debería realizar tras realizar un estudio geotécnico. Se proponen las siguientes posibilidades:

- Los contenedores funcionan como una unidad autoportante, por lo que, si el suelo no presenta desnivel, los contenedores tendrían una gran superficie de contacto con el suelo y una losa de cimentación de hormigón de poco espesor, (unos 35 cm, que es el canto mínimo) sería suficiente (Prada, 2021).
- Gracias a su rigidez, otra posible solución para la cimentación de los contenedores es utilizar un sistema de 4 apoyos, que serán suficientes para mantenerlos estables. Estos apoyos pueden ser zapatas aisladas cuya misión será soportar la tensión máxima admisible.
- Existe la posibilidad de utilizar cimentación aislada prefabricada, constituida por una parte de hormigón, atravesada por barras de acero que se fijan al terreno. La ventaja de este método de cimentación es la facilidad de transporte, además de la posibilidad de su reutilización, lo que contribuye a la reducción del impacto ambiental (Prada, 2021).

Por último, en función de la localización de la mini quesería, puede ser necesario realizar unos apoyos adecuados del contenedor sobre la cimentación, para evitar los desplazamientos provocados por los esfuerzos horizontales (viento, terremotos...). En Castilla y León no es necesario realizar este tipo de refuerzos estructurales.



### 5.1.3 FORJADO

Se realizará un forjado sanitario, el cual permite mantener una separación de 50 cm sobre el terreno, de forma que el contenedor esté ventilado por abajo. Además, el forjado sanitario, evita la aparición de humedades, y mejora la eficiencia de la climatización.

### 5.1.4 CARPINTERÍA

Cada contenedor dispone de una puerta de doble hoja situada en uno de sus laterales. En el caso del contenedor 1, a través de esta puerta se realizará el bombeo de leche, desde el tanque de almacenamiento situado en el exterior de la mini quesería, hasta la cuba de cuajada. En el caso del contenedor 2, a través de esta puerta se introducirán o sacarán materiales, equipos etc. del almacén. Por su parte, el contenedor 3 utilizará esta puerta para dar salida a los quesos una vez se haya cumplido el periodo de tiempo de la fase de maduración. Las puertas son las que se indican en la ilustración 30 (rodeadas en rojo).

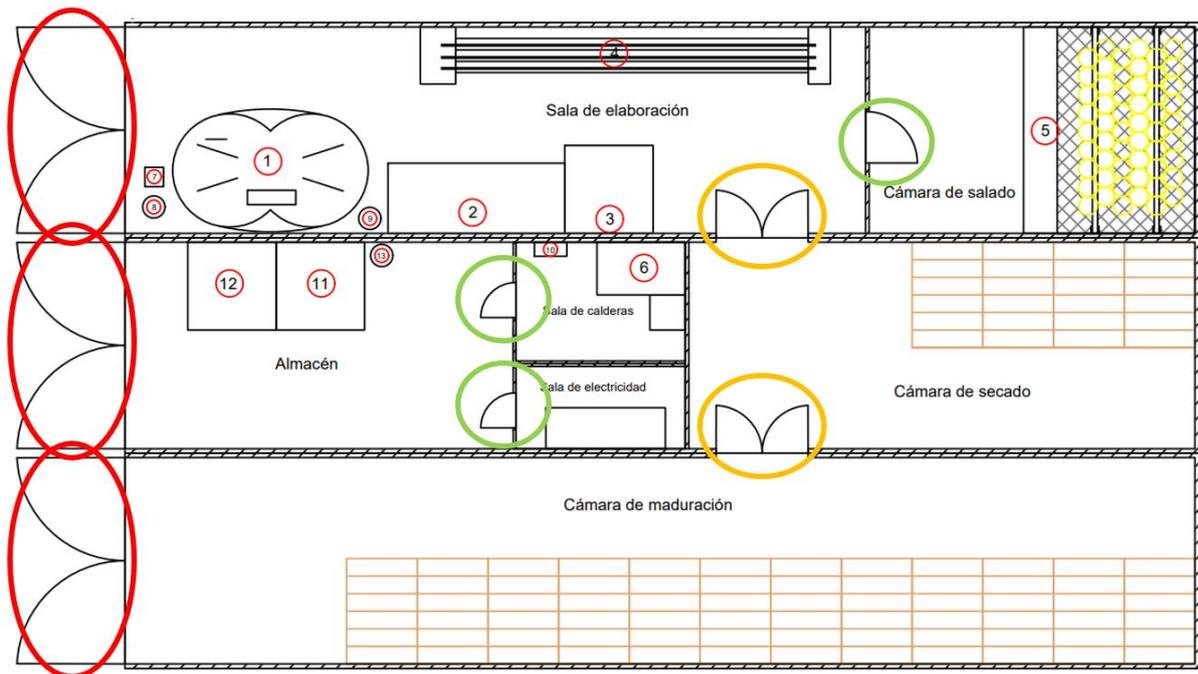


Ilustración 30 - Puertas de la mini quesería

En general, el número de puertas y ventanas a instalar depende de las dimensiones del contenedor homologado. Es importante diseñarlas y distribuir las correctamente, para garantizar la seguridad estructural. En nuestro caso, no se van a instalar ventanas, ya que se desea mantener unas condiciones de temperatura y humedad relativa en el interior de los contenedores, evitando así pérdidas de calor innecesarias. Vamos a diferenciar entre puertas interiores y puertas exteriores. En el interior del contenedor 1 se va a instalar una puerta que aísla la sala de salado del resto del contenedor. En el interior del contenedor 2 se van a instalar 2 puertas, una para la sala de calderas, y otra para la sala de electricidad. Estas puertas se indican en la ilustración 30 (rodeadas en verde).

Por otro lado, se instalarán dos puertas exteriores de panel sándwich en la fachada que sirven de unión entre el primer contenedor y la sala de secado, y de la sala de secado con la cámara de maduración. Estas puertas se indican en la ilustración 30 (rodeadas en naranja).

Se debería estudiar, por tanto, cómo afectan estas puertas a la estructura portante de los contenedores y la necesidad de utilizar los refuerzos estructurales pertinentes (Prada, 2021). Este estudio será motivo de las líneas futuras del proyecto.

### **5.1.5 ACABADOS**

Las prioridades a la hora de definir el diseño del acabado interior de la mini quesería son el confort, la estética, la limpieza y la durabilidad. Por ello, el interior de los contenedores tendrá un acabado liso, tanto como para acabados laterales como para el suelo. El revestimiento se realizará en base a resinas de poliuretano, las cuales son aptas para el procesado y almacenamiento alimentario.

Durante el proceso de elaboración del queso, se produce condensación en el ambiente. Esto se debe a que la chapa plegada del contenedor es impermeable y no posibilita la “respiración” del habitáculo, lo que implica un mayor gasto en la renovación de aire por ventilación. Estas condensaciones provocan condiciones ideales para el crecimiento de moho. Por ello, el interior de los contenedores será tratado con una imprimación de una pintura anti-condensación, que absorbe la humedad en la superficie.

Además, la chapa plegada de la que están hechos los contenedores posee una elevada conductividad térmica y calor específico. Esto supone que cuando le incide mucha radiación solar, el contenedor se sobrecalienta muy rápido y al revés, cuando no hay radiación, se enfría muy rápidamente también. Para paliar este problema se debe realizar un cuidadoso aislamiento térmico. (Carrasco, 2020)

Se propone realizar el aislamiento térmico de los contenedores con poliuretano, ya que posee notables ventajas frente a otros aislantes como su capacidad autoportante (lo que implica una gran facilidad de instalación), su buen comportamiento a flexión y ante el fuego y su eficiencia económica y medioambiental (Carrasco, 2020).

## **5.2 Ingeniería de las instalaciones**

En este apartado se describirán las instalaciones que permiten el funcionamiento de la mini quesería portable y por tanto la elaboración de quesos. Estas instalaciones serán explicadas en detalle en el Anexo B y los planos que las describen se presentarán en el Anexo C. Estos planos se realizan mediante la herramienta de diseño AutoCAD, y sirven para comprender mejor el diseño de las instalaciones. En primer lugar, se detalla la instalación de frío, que permite asegurar las condiciones de temperatura y humedad relativa en las salas de salado, secado y maduración. A continuación, se describe la instalación de saneamiento que recoge la red de evacuación de aguas pluviales, así como la red de evacuación de aguas residuales. Después, se determina la instalación de electricidad, que recoge la previsión de carga, el cálculo de la sección de los conductores, así como el cálculo de la puesta a tierra. A partir de las potencias calculadas en la instalación eléctrica, se especifican las necesidades de la instalación solar fotovoltaica para



lograr un autoabastecimiento. Finalmente se describe la instalación de fontanería y se justifica la instalación de calefacción mediante una caldera de biomasa, que se elige en función de las necesidades caloríficas calculadas.

### 5.2.1 Instalación de frío

Este apartado se describe en profundidad en el Anexo B, subanexo 1, en el que se explica la instalación de equipos de frío en las diferentes salas en las que se requieren unas condiciones específicas de temperatura y humedad relativa. Para realizar el cálculo se ha seguido la metodología descrita en Pinazo *et al.* (2011) Gómez (2020), Miranda (2008) y ASHRAE (2001).

Como se comentó en el capítulo 4, para la fabricación de queso en la mini quesería es necesario mantener unas condiciones de temperatura y humedad relativa tanto en la sala de salado, como en la de secado y en la sala de maduración del queso. La instalación de frío tiene como objetivo el acondicionamiento de estas salas para el correcto desarrollo de las operaciones de salado, secado y maduración del queso.

Las condiciones de cada una de las cámaras son las siguientes (ilustración 31):

Sala	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
Salado	14	75
Secado	12	70
Maduración	10	86

*Ilustración 31 - Condiciones necesarias en cada sala*

El objetivo de este apartado es determinar el cálculo de cargas de refrigeración que permitan realizar la selección de los equipos necesarios para el mantenimiento de las condiciones descritas en la ilustración 31.

Para realizar el cálculo de cargas de refrigeración se consideran las condiciones exteriores más desfavorables (máxima temperatura y humedad coincidente) y las cargas internas máximas esperables razonables (no se puede esperar una iluminación máxima o una radiación solar máxima a través de los huecos (Pinazo *et al.*, 2011).

Se consideran los siguientes datos para realizar el cálculo de las instalaciones frigoríficas:

- Temperatura del aire: 39 °C (temperatura media máxima en Castilla y León según Pinazo (2010).
- Humedad relativa: 50 %
- Refrigerante: R-134a

A continuación, se describe el procedimiento de cálculo de las cargas de refrigeración para la cámara de salado. Se procede de forma análoga para realizar el cálculo de las cargas de refrigeración de las cámaras de secado y maduración.

El proceso de salado de los quesos requiere una temperatura de 14 °C de la disolución de salmuera del saladero (Hernández, 2003). Por tanto, se mantendrá la sala de salado a esta temperatura para evitar la necesidad de incorporar un equipo



de refrigeración del saladero, lo cual implicaría un sobre coste. Los datos conocidos de la cámara de salado son:

- Superficie: 8,66 m<sup>2</sup>
- Capacidad máxima de queso: 229 kg
- Temperatura de la cámara: 14 °C
- Temperatura inicial del queso: 20 °C (temperatura a la que se encuentra el queso tras ser prensado y desmoldeado).
- Calor específico del queso: 2,10 kJ/kg · K (Gómez, 2020).

Las etapas del cálculo de las cargas de refrigeración son las siguientes:

- Cálculo del espesor del aislante

Como se indicó previamente, el aislamiento térmico de los contenedores se realiza con poliuretano, debido a las ventajas que presenta frente a otros aislantes. La ecuación 5.1 permite calcular el espesor del aislante:

$$e = K_1 \cdot \frac{\Delta T_1}{q} = 0.028 \cdot \frac{20 - 14}{8} = 0.021m \sim 3 \text{ cm} \quad \text{ec. (5.1)}$$

Donde:

$e$  es el espesor del aislamiento (m)

$K_1$  es la conductividad térmica del poliuretano (W/m·K)

$\Delta T_1$  es el incremento de temperatura (°C)

$q$  es calor total que atraviesa un cerramiento por unidad de tiempo (kcal/h). Para las cámaras de refrigeración este valor es de 8 kcal/h.

El espesor del aislante de la cámara de salado será de 3 cm.

- Transmisión por paredes y cerramientos

La ecuación 5.2 permite calcular el flujo de calor que atraviesa un muro cuyo espesor es muy pequeño en comparación con su longitud, considerando que a ambos lados de este las temperaturas son diferentes:

$$Q = K_2 \cdot S \cdot \Delta T_2 \quad \text{ec. (5.2)}$$

Donde:

$Q$  es el flujo de calor (W)

$K_2$  es el coeficiente global de transmisión de calor de la pared (W/m<sup>2</sup>)

$S$  es la superficie del cerramiento (m<sup>2</sup>)

$\Delta T_2$  es la diferencia de temperaturas exterior e interior (°C)

El coeficiente global de transmisión se puede determinar según la siguiente expresión matemática (ecuación 5.3), en función de las características de cada cerramiento:

$$K_2 = \frac{1}{\frac{1}{h} + \sum \frac{e_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h'}} \quad \text{ec. (5.3)}$$

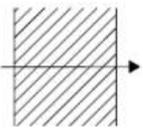
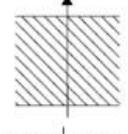
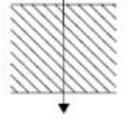


Donde:

$K_2$  es el coeficiente global de transmisión térmica (W)

$h, h'$  son los coeficientes de convección interior y exterior ( $m^2 \cdot K/W$ ). El valor de estos coeficientes se determina a partir de la ilustración 32.

**Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en  $m^2 \cdot K/W$**

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		$R_{se}$	$R_{si}$
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo Horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo)		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo)		0,04	0,17

*Ilustración 32 - Resistencias térmicas superficiales de cerramientos / Fuente: MFOM, 2015*

$e_i$  son los espesores de las distintas capas del cerramiento (m)

$\lambda_i$  son las conductividades térmicas respectivas ( $W/m \cdot K$ )

➤ Solera

Debemos calcular en primer lugar el coeficiente de transmisión global del suelo, que está constituido por varias capas de material con conductividades térmicas y espesores diferentes como vemos en la ilustración 33:

- Acero corten:  $K = 39 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ ,  $e = 0,05 \text{ m}$
- PVC:  $K = 0.17 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ ,  $e = 0.002 \text{ m}$
- MDF:  $K = 0.3 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ ,  $e = 0,01 \text{ m}$
- Poliuretano:  $K = 0,028 \text{ W/M}^\circ\text{C}$ ,  $e = 0,03 \text{ m}$

material	$L$ thickness (mm)	$k$ thermal conductivity ( $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ )	$\rho$ density ( $kg \cdot m^{-3}$ )	$c_p$ specific heat ( $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ )
corten steel [69]	5	39	7800	470
PVC-P [70]	2	0.17	1400	1400
MDF [71]	10	0.3	750	1700

*Ilustración 33 - Materiales contenedor (conductividades térmicas y espesores) / Fuente: Duarte, 2018*

Por lo que el coeficiente de transmisión global se calcula de la siguiente manera, aplicando la ecuación 5.3:



$$K = \frac{1}{\frac{1}{h} + \sum \frac{e_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h'}} = \frac{1}{\frac{1}{0,17} + \frac{0,05}{39} + \frac{0,002}{0,17} + \frac{0,01}{0,3} + \frac{0,03}{0,028} + \frac{1}{0,04}} = 0,0312 \text{ W}/(m \cdot ^\circ\text{C})$$

Entonces, aplicando la ecuación 5.2, las pérdidas a través del suelo ascienden a 1,621 W. Siendo  $Q = 0,031 \cdot 8,66 \cdot (20 - 14) = 1,621 \text{ W}$ .

➤ Paredes

Al igual que en el caso anterior, debemos conocer el coeficiente de transmisión de cada pared, que resulta ser de 0,03 W/m°C.

Y, por consiguiente, se puede deducir las pérdidas producidas por cada pared:

- Pared 1=Pared 3:  $Q_{p1} = 0,03 \cdot 9,878 \cdot (20 - 14) = 5,334 \text{ W}$
- Pared 2=Pared 4:  $Q_{p2} = 0,03 \cdot 6,3 \cdot (20 - 14) = 1,134 \text{ W}$

El total de las pérdidas producidas por las paredes son: 12,936 W.

➤ Techo

El coeficiente de transmisión global se calcula de igual manera que los anteriores, y su valor es de 0,0277 W/m°C. Por tanto, las pérdidas a través del techo son:  $Q = 0,0277 \cdot 8,66 \cdot (20 - 14) = 1,44 \text{ W}$ .

➤ Puertas

La cámara de salado cuenta con una puerta que sirve para el flujo de personal y de producto. Las pérdidas a través de las puertas son:  $Q = 0,024 \cdot 0,3 \cdot (20 - 14) = 0,043 \text{ W}$ .

El total de las pérdidas por transmisión a través de paredes y cerramientos es de 16,04 W.

- Pérdidas por renovación de aire

Se considera la situación más desfavorable en la cual la sala de salado se abre 3 veces en un día. Teniendo en cuenta que la densidad del aire exterior es de 1,225 kg/m<sup>3</sup>, se necesitan hallar las entalpías en el exterior (para T=39 °C y HR=50 %) y en el interior (para T=14 °C y HR=75 %). Para ello, hacemos uso del diagrama de Carrier (ilustración 34).



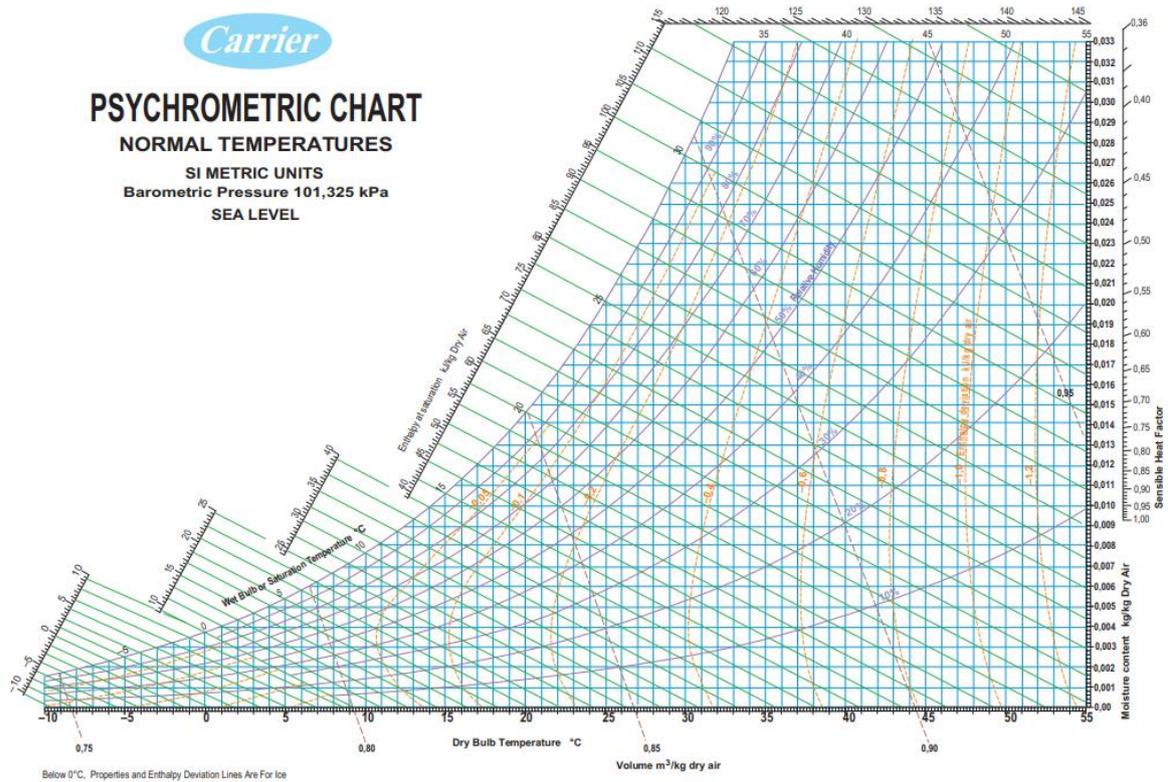


Ilustración 34 - Diagrama de Carrier a 750 m sobre el nivel del mar

A partir del diagrama anterior se obtiene:  $h_{\text{exterior}} = 96,5 \text{ kJ/kg}$  y  $h_{\text{interior}} = 33 \text{ kJ/kg}$ .

El área de la cámara es de  $8,66 \text{ m}^2$  y la altura de  $2,68 \text{ m}$  por lo que el volumen de la cámara es de  $23,21 \text{ m}^3$ . Entonces podemos calcular las pérdidas por renovación de aire usando la ecuación 5.4:

$$Qa = V \cdot \Delta h \cdot n_1 \cdot \frac{\rho}{86,4} = 23,21 \cdot 63,5 \cdot 3 \cdot \frac{1,225}{86,4} = 62,69 \text{ W} \quad \text{ec. (5.4)}$$

Donde:

$Qa$ : pérdidas por renovación de aire (W)

$V$  es el volumen de la cámara ( $\text{m}^3$ )

$\Delta h$  es la diferencia de entalpías interior y exterior (kJ/kg)

$n_1$  es el número crítico de veces que se abre la cámara

$\rho$  es la densidad del aire exterior ( $\text{kg/m}^3$ )

Se divide entre 86,4 para obtener el calor perdido por renovación de aire en W.

- Pérdidas por iluminación

A la hora de calcular las necesidades frigoríficas de la cámara es necesario considerar el calor producido por las luminarias instaladas. Para cuantificar esta aportación calorífica se necesita saber el número de luminarias que se van a instalar, la potencia de estas, así como su tiempo de funcionamiento en h/día. Para ello, sería necesario el cálculo de la instalación eléctrica. Como el diseño de la instalación eléctrica se realiza posteriormente, se estima que en la sala de salado



se instalará 1 luminaria de 100 W que funcionará de media 3 h/día. Las pérdidas por iluminación se calculan mediante la ecuación 5.5:

$$Q_l = \frac{N \cdot P \cdot t_1 \cdot 1,3}{24} = \frac{1 \cdot 100 \cdot 3 \cdot 1,3}{24} = 16,25 \text{ W} \quad \text{ec. (5.5)}$$

Donde:

$Q_l$ : pérdidas por iluminación (W)

$N$  es el número de luminarias

$P$  es la potencia de cada fluorescente (W)

$t_1$  es el tiempo medio de funcionamiento (h/día)

1,3 corresponde al 30 % de aumento por la reactancia

- Calor liberado por las personas

Los operarios de la mini quesería son los que realizarán el flujo de entrada y salida de quesos. Estas personas liberarán calor, que deberá ser contrarrestado por el equipo de refrigeración. La tasa metabólica de los operarios se puede deducir en función de la actividad, y para una persona que realiza una actividad media es equivalente a 165 W/m<sup>2</sup>, como se observa en la ilustración 35.

CLASE	W/m <sup>2</sup>
Reposo	65
Metabolismo ligero	100
Metabolismo moderado	165
Metabolismo elevado	230
Metabolismo muy elevado	290

*Ilustración 35 - Clasificación del metabolismo según la actividad / Fuente: Nogareda, y Luna, 1995*

Las pérdidas se calculan como se indica en la ecuación 5.6:

$$Q_p = \frac{n_2 \cdot g \cdot t_2}{24} = \frac{2 \cdot 165 \cdot 3}{24} = 41,25 \text{ W} \quad \text{ec. (5.6)}$$

Donde:

$Q_p$ : calor liberado por las personas (W)

$n_2$  es el número máximo de personas en la cámara

$g$  es la potencia calorífica de una persona para una actividad media (W/m<sup>2</sup>)

$t_2$  es el tiempo de permanencia de los operarios en la cámara (h/día), que coincide con el tiempo de funcionamiento medio de las luminarias



- Refrigeración de los alimentos

Es necesario extraer calor de los quesos que se introducen en la cámara, debido a que los quesos entran a una temperatura superior a la que se mantiene el interior de la cámara. Cada día entran en la cámara 229 kg de queso a 20 °C, cuya temperatura debe descender a 14 °C. Para cuantificar este calor de refrigeración vamos a utilizar la ecuación 5.7:

$$Q_r = \frac{m \cdot C_s \cdot \Delta T_3 \cdot 1,1}{86,4} = \frac{229 \cdot 2,10 \cdot (20 - 14) \cdot 1,1}{86,4} = 36,74 \text{ W} \quad \text{ec. (5.7)}$$

Donde:

$Q_r$ : calor desprendido por la refrigeración de los alimentos (W)

$m$  masa de queso que entra en la cámara de secado (kg/día)

$C_s$  es el calor específico másico (kJ/kg)

$\Delta T_3$  es la diferencia de temperatura entre los quesos a la entrada de la cámara y la cámara (°C)

1,1 es un coeficiente de seguridad

Se divide entre 86,4 para obtener el calor perdido por renovación de aire en W.

- Calor disipado por los ventiladores del evaporador

Debe tenerse en cuenta, que toda la potencia de los ventiladores del evaporador acaba transformándose en potencia calorífica, por lo cual, ha de contabilizarse a la hora de calcular las necesidades térmicas totales de la cámara.

Para conocer el calor desprendido por estos motores, primero es necesario conocer su potencia. Sin embargo, no se puede precisar un valor exacto ya que esta potencia es la que se desea calcular en última estancia. Ante esta situación, es posible estimar el calor desprendido por este equipo de dos maneras diferentes: en función del volumen de la cámara, o como un 10 % de todas las pérdidas previamente calculadas. Se elige la primera opción y se considera un flujo de calor desprendido de 11 kcal/m<sup>3</sup> · día. Esto se debe a que, en la práctica, los valores de los volúmenes desprendidos por el ventilador en el caso de las cámaras están entre 10 kcal/m<sup>3</sup> · día y 50 kcal/m<sup>3</sup> · día (Gómez, 2020). Al tratarse de una cámara pequeña se decide elegir un flujo de 11 kcal/m<sup>3</sup> · día.

Para hallar el calor disipado por los ventiladores del evaporador se emplea la ecuación 5.8:

$$Q_v = \frac{V \cdot Cd}{20,736} = \frac{23,21 \cdot 11}{20,736} = 12,53 \text{ W} \quad \text{ec. (5.8)}$$

Donde:

$Q_v$ : calor disipado por los ventiladores del evaporador (W)

$V$  es el volumen de la cámara (m<sup>3</sup>)

$Cd$  es el calor por unidad de volumen (kcal/(día·m<sup>3</sup>))

Entonces, el resumen de las pérdidas de calor en la cámara de salado es el de la ilustración 36:



OPERACIÓN	PÉRDIDAS (W)
Paredes y cerramientos	16,4
Renovación de aire	62,7
Iluminación	16,2
Clor liberado por personas	41,2
Refrigeración del queso	36,7
Calor liberado por evaporador	12,5
TOTAL	185,9

*Ilustración 36 - Resumen pérdidas de calor en la sala de salado*

En la ilustración 37 se muestran los resultados de las necesidades de refrigeración de todas las salas:

Sala	Necesidades (W)
Salado	185,9
Secado	229
Maduración	451,9
TOTAL	866,7

*Ilustración 37 - Necesidades de refrigeración de la mini quesería*

En función de las necesidades de refrigeración se realiza un estudio de los proveedores existentes en el mercado para elegir la mejor opción en cuanto a especificaciones técnicas y precio. Los equipos que se deben instalar serán descritos en detalle en el Anexo B, subanexo 1.

Los evaporadores se colocarán en el techo de los contenedores sobre cada una de las cámaras, lo que permite el mejor aprovechamiento del espacio en planta. Estos se deben tener en cuenta a la hora de realizar la instalación fotovoltaica, que se llevará a cabo también sobre la cubierta de los contenedores.

### 5.2.2 Instalación de saneamiento

Este apartado se describe en profundidad en el Anexo B, subanexo 2. El diseño de la instalación de saneamiento se ha realizado en conformidad con el Documento Básico Salubridad HS5 (MITMA, 2022).

La instalación de saneamiento tiene como objetivo realizar los cálculos referentes al dimensionamiento de la red de saneamiento, cuya finalidad es la evacuación de aguas residuales generadas en la industria, así como la evacuación de otras sustancias como el suero, y de la evacuación de las aguas pluviales.

Se va a diferenciar entre dos redes de saneamiento diferentes, una para las aguas pluviales, y otra para las aguas del proceso (provenientes del desagüe de las



máquinas y de la limpieza de las áreas funcionales y equipos). En el presente proyecto no se consideran las aguas fecales al no existir áreas de aseos.

- Diseño y dimensionado de la red de evacuación de aguas pluviales

La red de evacuación de aguas pluviales tiene como objetivo recoger el agua de lluvia procedente de las cubiertas de los contenedores, evitando así la aparición de humedades y contaminaciones en la industria. Las aguas de lluvia recogidas se conducirán directamente al terreno, ya que no necesitan ser tratadas. Esto es debido a que la mini quesería se instalará en un entorno rural, y que, además, no siempre existirá un pozo de registro cerca de la instalación.

La red será enterrada, y se realizará tal y como se detalla en la ilustración 38, que se corresponde con el plano 5 del Anexo C.

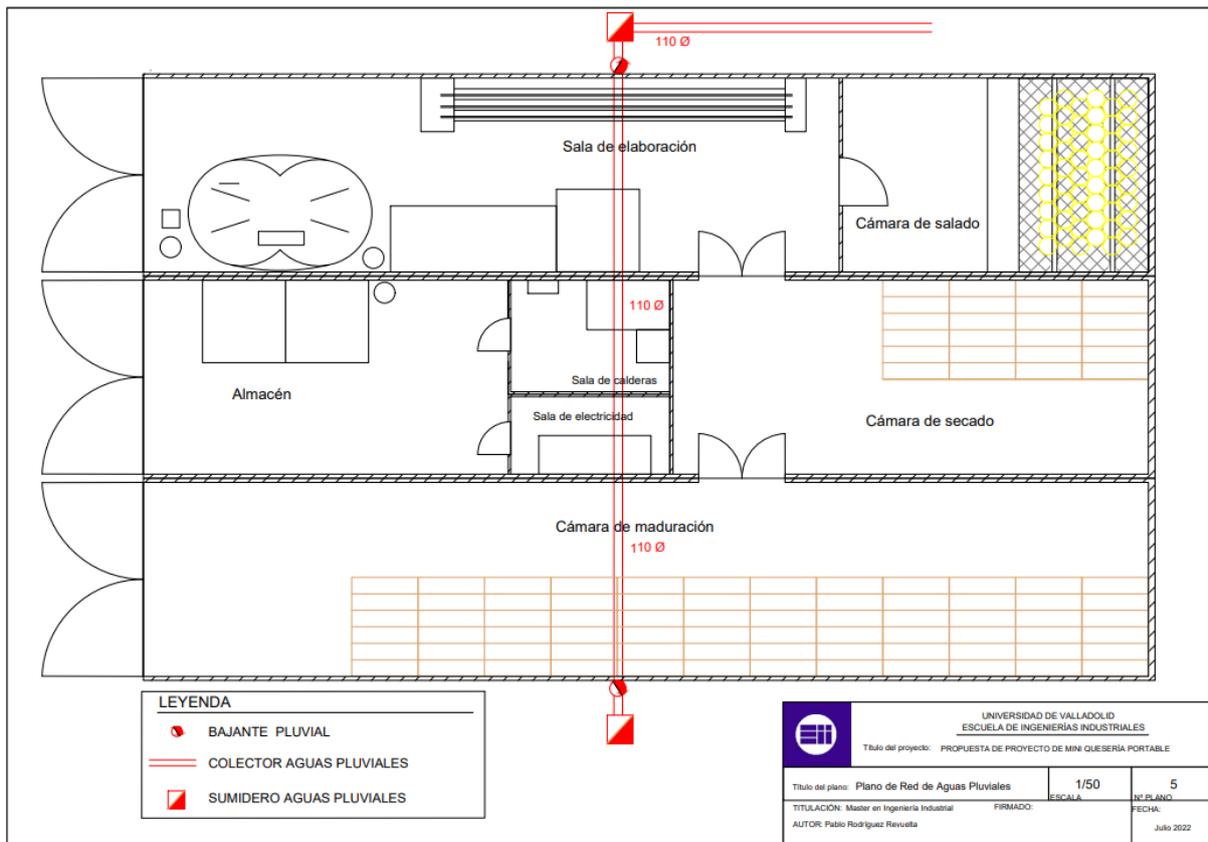


Ilustración 38 - Plano de Red de Aguas Pluviales / Fuente: Elaboración propia

Los tubos serán de PVC, de espesor uniforme y de superficies interiores lisas. Los elementos que forman la red de aguas pluviales se definen a partir de las tablas presentes en el Documento Básico Salubridad HS5 (MITMA, 2022).

- Número y dimensiones de bajantes: 2 bajantes, una en cada lateral de la nave, de 50 mm de diámetro nominal.
- Número y dimensiones de canalones: un canalón semicircular de 150 mm de diámetro y pendiente de 1 % en cada lateral de la mini quesería, tal y como se indica en la ilustración 39 que se corresponde con el plano de cubierta del Anexo C.

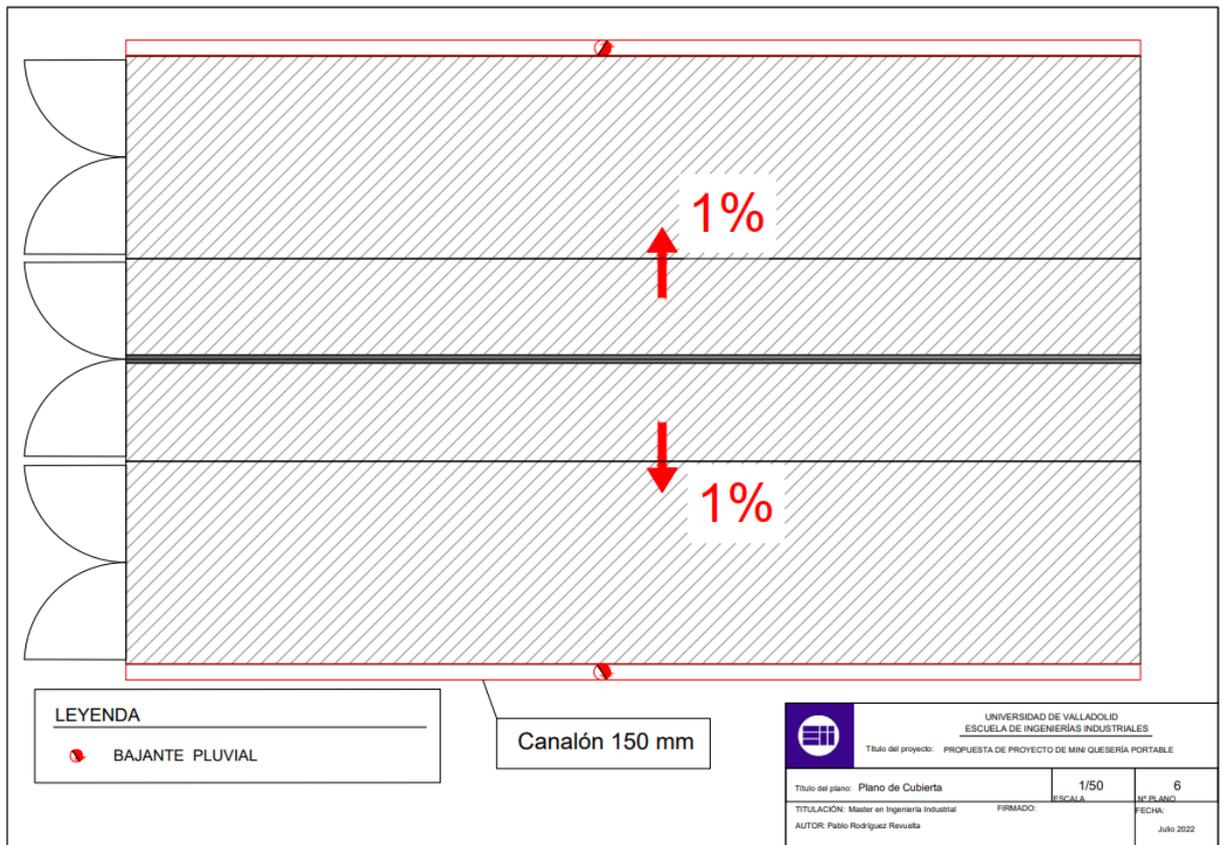


Ilustración 39 - Plano de cubierta / Fuente: Elaboración propia

- Dimensiones de los colectores: pendiente de 1 % y diámetro nominal de 110 mm.
- Número y dimensiones de las arquetas: 2 arquetas de pie de bajante de 40x40x40 cm.
- Diseño y dimensionado de la red de evacuación de aguas residuales

Esta red se encarga de recoger las aguas residuales procedentes de varios puntos de la industria, para después ser depurada, previamente a su vertido a la red. Estas aguas incluyen aquellas recogidas en las salas en las que se realiza una limpieza (sala de elaboración y sala de salado) así como fugas que se puedan producir en el resto de las áreas de la mini quesería.

La red de evacuación de aguas residuales irá enterrada tal y como se detalla en la ilustración 40 que se corresponde con el plano 7 de Red de Aguas Residuales del Anexo C.

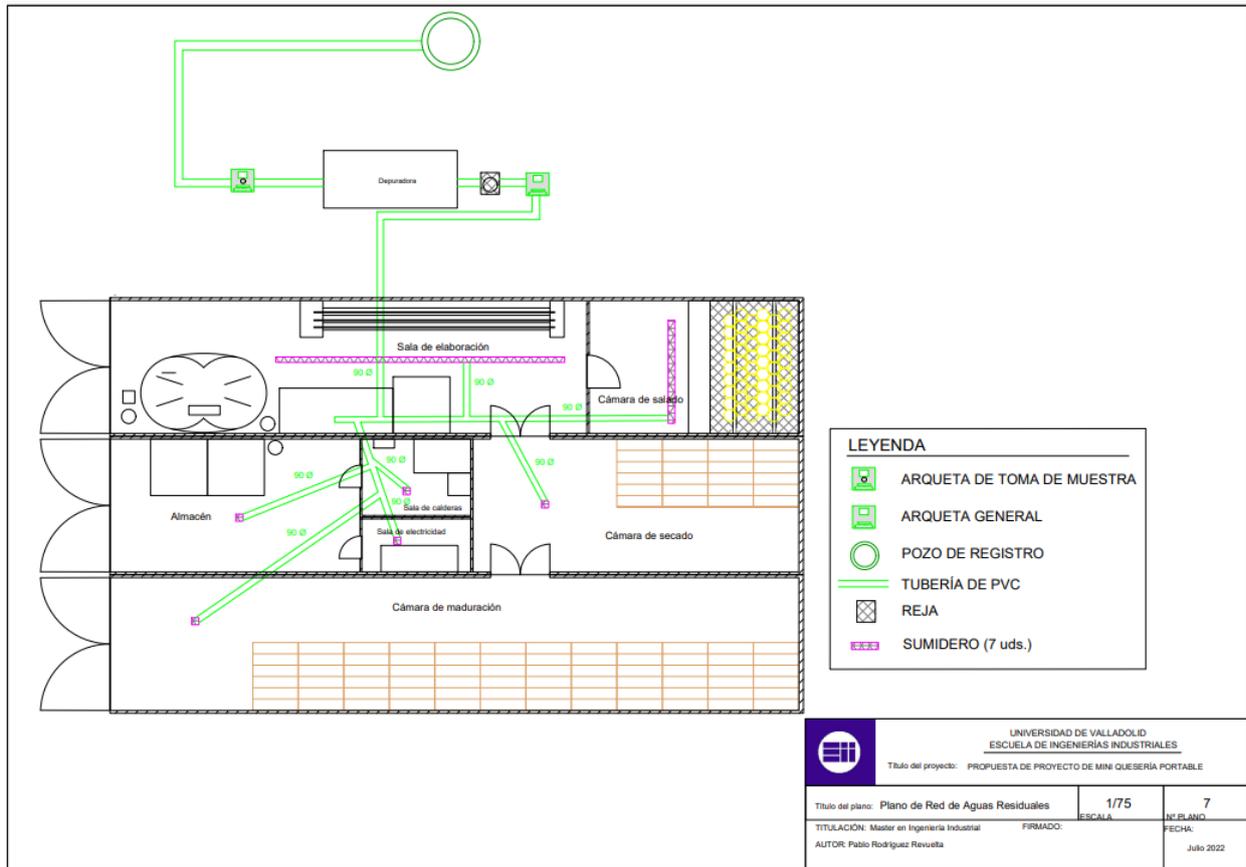


Ilustración 40 - Plano de Red de Aguas Residuales / Fuente: Elaboración propia

Para proceder con el dimensionado de la red se empleará la “Unidad de desagüe” (UD), que equivale al caudal correspondiente al evacuar 0,47 litros/s. La red de evacuación de aguas residuales cuenta con los siguientes elementos:

- Número de sumideros: atendiendo las necesidades de desagüe de la mini quesería, se van a disponer de 2 sumideros de rejilla continuos para las salas de fabricación y de secado de dimensiones 5000x100 mm y 1820x120 mm respectivamente, y de cinco sumideros de dimensiones 125x125 mm para las salas de calderas y electricidad, y las cámaras de secado y maduración.
- Dimensiones de la derivación individual, los ramales colectores y los colectores horizontales: el diámetro de la derivación individual, así como el de los ramales colectores y los colectores horizontales de aguas residuales es de 90 mm. Pese a obtener valores de diámetros más pequeños, se ha decidido utilizar 90 mm por razones de seguridad.
- Dimensionado de las arquetas: se diseñan dos arquetas de 40x40x40 cm. Una arqueta general con válvula sumergida, previa a la depuradora, y una arqueta de toma de muestras que se sitúa aguas abajo de la depuradora y sirve para realizar los análisis pertinentes una vez el agua haya sido tratada.
- Dimensionado de la depuradora: se utilizará un equipo de oxidación total para tratar las aguas residuales. A partir de las necesidades de limpieza de la quesería (tiempos y caudales) es posible calcular el caudal de la depuradora (FACEnetwork, 2016). El caudal de la depuradora necesario es de 11000 litros y sus especificaciones técnicas serán descritas en detalle en el Anexo B, subanexo 2.

### 5.2.3 Instalación de electricidad

Este apartado se describe en profundidad en el Anexo B, subanexo 3. El objetivo de este apartado es realizar el diseño y cálculo de la instalación eléctrica necesaria para el alumbrado de la mini quesería, así como el suministro de fuerza requerido. Por ello, en él se justifican todos los cálculos necesarios para el buen funcionamiento de la instalación eléctrica de la mini quesería.

El objetivo del diseño de la instalación eléctrica es realizar una instalación eficiente desde el punto de vista del uso de los recursos energéticos, de forma que el consumo de energía por unidad de producto acabado sea el menor posible (Mezquita, 2021).

El diseño de la instalación de electricidad se ha realizado conforme al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002) (BOE, 2022).

El suministro lo realiza una empresa suministradora con tensión trifásica 400 V y con tensiones 230 V entre fase y neutro, a una frecuencia de 50 Hz.

En el Anexo B, subanexo 3 se describe en primer lugar la instalación, a continuación, se justifica la previsión de potencia y finalmente se determinan los tipos y secciones de los conductores utilizados en las líneas de distribución en base a las caídas de tensión máximas admisibles y a la intensidad máxima admisible del cable.

La instalación tiene un único cuadro destinado conjuntamente al alumbrado y a la fuerza.

- La previsión de carga se ha realizado de la siguiente manera:

En primer lugar, para conseguir una mayor disponibilidad de energía eléctrica, los circuitos eléctricos se dividen para facilitar la localización de defectos, así como para realizar las operaciones de mantenimiento de un circuito, manteniendo el resto de la instalación en tensión.

La previsión de carga consiste en deducir la potencia de alumbrado, fuerza o motores de los diferentes circuitos. Se ha estimado un consumo de 100 W en el caso de cada luminaria. El número de luminarias se indica en el plano 9 de iluminación de la ilustración 41. En este plano también se indican los detectores de movimiento, que se han colocado considerando que pueden cubrir un rango de 8 m. Su instalación se realiza con motivo de ahorro energético.



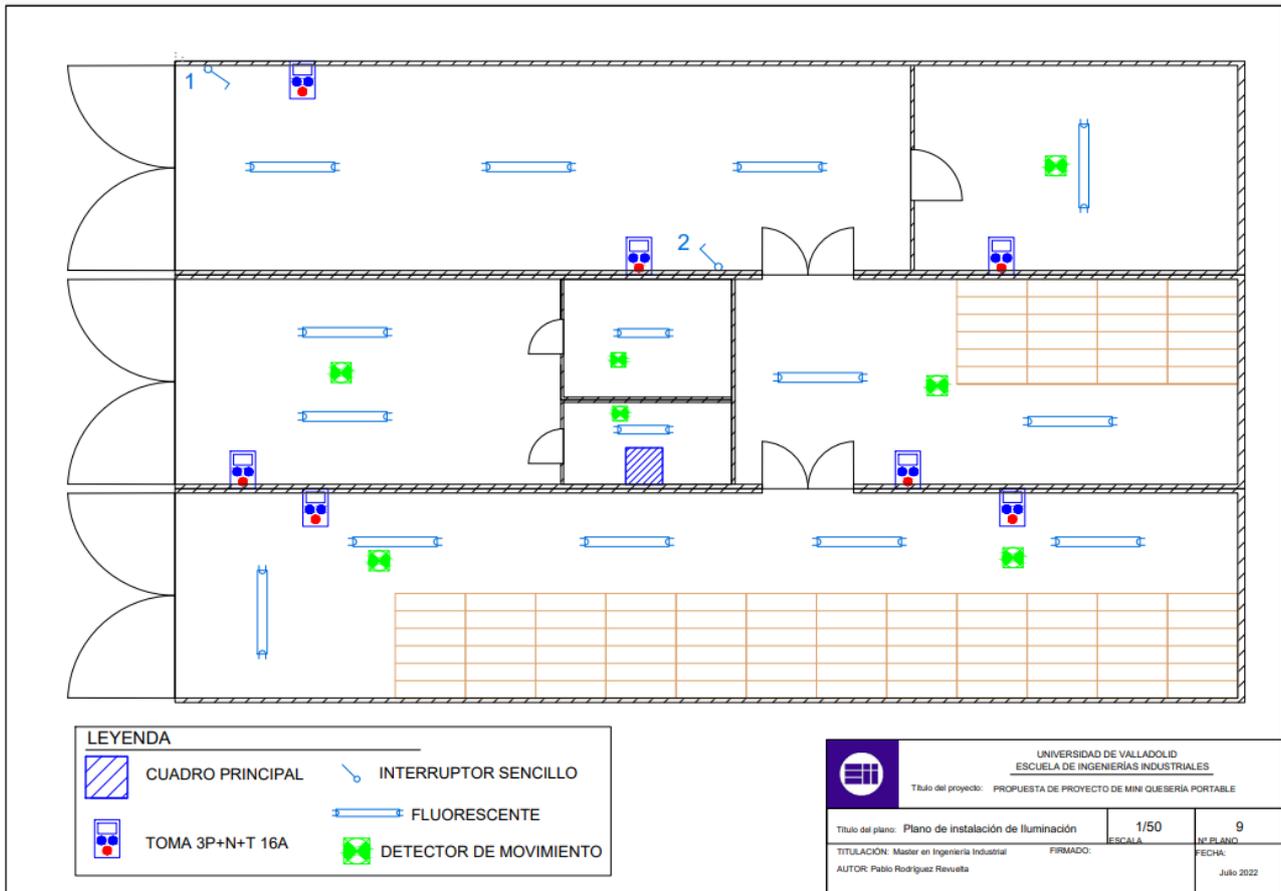


Ilustración 41 - Plano de iluminación / Fuente: Elaboración propia

El consumo del resto de equipos receptores se determina a partir de sus especificaciones técnicas. Es necesario destacar que, por motivos de seguridad, se decide sobredimensionar los valores del consumo de los diferentes receptores (de forma que la potencia total no varíe excesivamente). El total de la potencia de cálculo prevista es de 31.900 W o 31,9 kW, que tras aplicar un coeficiente de simultaneidad del 80 % (todos los receptores instalados no funcionan al mismo tiempo) para el cuadro general de fuerza y alumbrado en conformidad con la Instrucción ITC-BT-10 (BOE, 2022) resulta ser 26.720 W o 26,72 kW. Cabe destacar que, salvo la derivación individual, el coeficiente de simultaneidad del resto de los circuitos será de 1.

En la ilustración 42 se recoge un resumen con los diferentes circuitos de la instalación. En esta imagen se indica la tensión a la que son conectados los diferentes elementos receptores, la longitud de cada circuito (calculada sobre el plano de planta de la mini quesería) y la potencia de fuerza, alumbrado o motores que consumen.



Circuitos instalación								
Nº Circuito	Nombre circuito	Potencia Fuerza (W):	Potencia Motores (W):	Potencia Alumbrado (W):	Potencia Alumbrado Descarga (W):	Potencia Total (W)	Tensión (V)	Longitud (m)
0.1	DERIVACIÓN INDIVIDUAL	24.300	6.000	1.600		31.900	400	50.00
						0	230	
1.1	Iluminación contenedor 1			400		400	230	28.00
1.2	Iluminación contenedor 2			700		700	230	23.00
1.3	Iluminación contenedor 3			500		500	230	18.00
2.1	Compresor	4.100				4.100	400	12.00
2.2	Toma corriente	1.600				1.600	230	24.00
2.3	Bomba depuradora		1.500			1.500	400	36.00
3.1	Frío secado	2.200				2.200	230	15.00
3.2	Frío maduración	3.500				3.500	230	15.00
3.3	Frío salado	1.500				1.500	230	17.00
4.1	Bomba lobular		1.500			1.500	400	16.00
4.2	Toma corriente 2	1.600				1.600	230	24.00
4.3	Bomba ACS		1.500			1.500	230	15.00
5.1	Cuba de cuajada	1.500				1.500	230	14.00
5.2	Tanque de enfriamiento	2.200				2.200	230	13.00
5.3	Equipo ACS	100				100	230	5.00
6.1	Bomba centrífuga		1.500			1.500	400	7.00

*Ilustración 42 - Resumen de circuitos del cuadro principal de la instalación*

- El cálculo del aparellaje eléctrico y los conductores se ha hecho de la siguiente manera:
  - Se calcula el consumo de cada equipo.
  - Se calculan las intensidades nominales de cada protección y se dimensionan las secciones de los circuitos.
  - Se redimensionan las secciones en función de la caída de tensión.
  - Se calculan los cortocircuitos en cada uno de los puntos de la instalación.
  - Se definen las características de los interruptores magnetotérmicos para despejar los cortocircuitos previsibles en esos puntos, teniendo en cuenta el refuerzo aportado por los interruptores colocados aguas arriba.
  - Se definen las curvas de disparo de los magnetotérmicos y relés térmicos para su selectividad.
  - Se calculan los kiloamperes que deja pasar cada interruptor automático antes de abrir teniendo en cuenta la lcc y el tipo de relé instalado.
  - Se elegirán los interruptores diferenciales. La sensibilidad de los interruptores diferenciales se determinará según la línea que protege.
  - Se definirán las secciones mínimas de los conductores a las salidas de las protecciones para su adecuación a los esfuerzos térmicos producidos en los cortocircuitos. Con esto se evita el deterioro de las características de los aislantes de los conductores con el consiguiente riesgo de incendio en el cuadro.

Para realizar estos cálculos, se emplean las siguientes ecuaciones:

- Cálculo de las intensidades máximas admisibles

Las intensidades máximas admisibles, se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-523 (AENOR, 2004) y se calculan según las ecuaciones 5.9 y 5.10:

*Sistema Trifásico (400 V)*

$$I = \frac{P_c}{1,732 \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot R} = (A) \quad ec. (5.9)$$

*Sistema Monofásico (230 V)*

$$I = \frac{P_c}{U \cdot \cos\varphi \cdot R} = (A) \quad ec. (5.10)$$

Donde:

$P_c$  = Potencia de Cálculo (W).

$I$  = Intensidad (A)

$U$  = Tensión de Servicio (Trifásica ó Monofásica), (V)

$\cos\varphi$  = Coseno de fi. Factor de potencia

$R$  = Rendimiento. (Para líneas motor)

Además, se deben multiplicar las potencias totales por un factor de corrección a la hora de calcular las intensidades. Estos coeficientes están impuestos por el REBT y son: 1, para el caso del alumbrado, y 1,25 para el caso de la alimentación de motores y afecta a la potencia del mayor de ellos (BOE, 2022).

- Cálculo de la caída de tensión

Para calcular la caída de tensión se utilizan las ecuaciones 5.11 y 5.12:

*Sistema Trifásico (400 V)*

$$e = \frac{L \cdot P_c}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{L \cdot X_u \cdot \operatorname{sen}\varphi}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \cos\varphi} = (V) \quad ec. (5.11)$$

*Sistema Monofásico (230 V)*

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P_c}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot X_u \cdot \operatorname{sen}\varphi}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \cos\varphi} = (V) \quad ec. (5.12)$$

Donde:

$P_c$ : Potencia de Cálculo (W)



$L$ : Longitud de Cálculo (m)

$e$  = Caída de tensión en (V)

$K$ : Conductividad (W/m·K)

$U$ : Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica)

$S$ : Sección del conductor (mm<sup>2</sup>)

$\cos \varphi$ : Coseno de fi. Factor de potencia

$R$ : Rendimiento. (Para líneas motor)

$n$ : N° de conductores por fase

$X_L$ : Reactancia por unidad de longitud (mΩ/m)

La Instrucción ITC BT 17 indica que la caída de tensión máxima permitida entre la instalación y cualquier otro punto es del 4,5 % de la tensión nominal en el origen para el alumbrado y 6,5 % para circuitos de fuerza y el resto de los usos, al no disponer la instalación de L.G.A.

- Cálculo de la conductividad eléctrica

Para el cálculo de la conductividad eléctrica utilizaremos las siguientes ecuaciones (5.13, 5.14 y 5.15):

$$K = \frac{1}{\rho} \quad ec. (5.13)$$

$$\rho = \rho_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20)) \quad ec. (5.14)$$

$$T = T_0 + \left( (T_{max} - T_0) \cdot \left( \frac{I}{I_{max}} \right)^2 \right) \quad ec. (5.15)$$

Siendo,

$K$ : Conductividad del conductor a la temperatura  $T$  (W/m·K)

$P$ : Resistividad del conductor a la temperatura  $T$

$\rho_{20}$ : Resistividad del conductor a 20°C. Cu = 0,018 / Al = 0,029

$\alpha$ : Coeficiente de temperatura. Cu = 0,00392 / Al = 0,00403

$T$ : Temperatura del conductor (°C)

$T_0$ : Temperatura ambiente (°C): Cables enterrados = 25°C / Cables al aire = 40°C

$T_{m\acute{a}x}$  = Temperatura máxima admisible del conductor (°C): XLPE / EPR = 90°C | PVC = 70°C

$I$ : Intensidad prevista por el conductor (A)

$I_{m\acute{a}x}$ : Intensidad máxima admisible del conductor (A)



- Cálculo de sobrecargas:

Para el cálculo de las sobrecargas utilizaremos las ecuaciones 5.15 y 5.16:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad ec. (5.15)$$

$$I_2 \leq I_z \quad ec. (5.16)$$

Donde:

$I_b$ : intensidad utilizada en el circuito (A)

$I_z$ : intensidad admisible del conductor (A)

$I_n$ : intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables,  $I_n$  es la intensidad de regulación escogida (A)

$I_2$ : intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección (A). En la práctica  $I_2$  se toma igual:

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos ( $1,45 \cdot I_n$  como máximo)

- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles ( $1,6 I_n$ )

- Cálculo de los cortocircuitos

Para el cálculo de los Cortocircuitos utilizaremos las ecuaciones 5.17, 5.18, 5.19, 5.20, 5.21, 5.22 y 5.23:

$$I_{pccI} = \frac{C_t \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z_t} \quad ec. (5.17)$$

Donde:

$I_{pccI}$ : intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA

$C_t$ : Coeficiente de tensión

$U$ : Tensión de Servicio (V) (Trifásica ó Monofásica)

$Z_t$ : Impedancia total en  $m\Omega$ , aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio)

$$I_{pccF} = \frac{C_t \cdot U_f}{2 \cdot Z_t} \quad ec. (5.18)$$

Donde:

$I_{pccF}$ : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea (A)

$C_t$ : Coeficiente de tensión

$U_f$ : Tensión monofásica (V)

$Z_t$ : Impedancia total en  $m\Omega$ , incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto, es igual a la impedancia en origen más la propia del conductor o línea).

La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:



$$Zt = \sqrt{(Rt_1^2 + Xt^2)} \quad ec. (5.19)$$

Donde:

$Rt_1$ :  $R_1 + R_2 + \dots + R_n$  (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.) ( $\Omega$ )

$Xt$ :  $X_1 + X_2 + \dots + X_n$  (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R_2 = \frac{L \cdot 1000 \cdot C_R}{K \cdot S \cdot n} \quad (m\Omega) \quad ec. (5.20)$$

$$X = \frac{Xu \cdot L}{n} \quad (m\Omega) \quad ec. (5.21)$$

$R_2$ : Resistencia de la línea ( $m\Omega$ )

$X$ : Reactancia de la línea ( $m\Omega$ )

$L$ : Longitud de la línea (m)

$C_R$ : Coeficiente de resistividad

$K$ : Conductividad del metal (W/m·K)

$S$ : Sección de la línea ( $mm^2$ )

$Xu$ : Reactancia de la línea, en  $m\Omega/m$

$n$ : nº de conductores por fase

$$t_{mcicc} = \frac{C_c \cdot S^2}{I_{pccf}^2} \quad ec. (5.22)$$

Donde:

$t_{mcicc}$ : Tiempo máximo (s) que un conductor soporta una  $I_{pcc}$

$C_c$ : Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento

$S$ : Sección de la línea ( $mm^2$ )

$I_{pccf}$ : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea (A)

$$t_{fcicc} = \frac{C_F}{I_{pccf}^2} \quad ec. (5.23)$$

Siendo,

$t_{fcicc}$ : tiempo de fusión (s) de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito

$C_F$ : constante que depende de la naturaleza del fusible

$I_{pccf}$ : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en (A)

- Elección de curvas válidas:

CURVA B  $IMAG = 5 \cdot In$

CURVA C  $IMAG = 10 \cdot In$



CURVA D  $IMAG = 20 \cdot In$

Se ha creado un documento Excel donde se han introducido estas ecuaciones con el objetivo de automatizar la tarea de cálculo de las líneas. En el Anexo B, subanexo 3 también se presenta en forma de imágenes una descripción detallada de cada uno de los circuitos. Cada imagen contiene información relevante, por ejemplo, para el caso de la línea "Iluminación contenedor 1" (ilustración 43) podemos destacar:

- Tensión de servicio: 230 V
- Canalización: B2 Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra
- Potencia de alumbrado: 400 W
- Intensidad nominal ( $I_b$ ): 1,74 A
- Intensidad máxima admisible del conductor ( $I_z$ ): 16,5 A
- Protección térmica: Interruptor Magnetotérmico Bipolar 10 A
- Sección del conductor: 2 x 1,5 + TT x 1,5 mm<sup>2</sup> Cu
- Recubrimiento exterior: XLPE
- Tipo de conductor: RZ1 -K(AS) CPR
- Caída de tensión: 1,64 %
- Caída de tensión máxima permitida: 4,5 %
- Protección diferencial: Interruptor diferencial Bipolar 40 A (Sensibilidad 30 mA)

CÁLCULO DE LA LÍNEA:	1.1	Iluminación contenedor 1			
Tensión de servicio:	230 V	Longitud:	28.00 m	Cosδ:	1.00
Canalización:	B2. Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra				
Potencia resultante:	400 W	$Xu(m \cdot \Omega/m) = 0$	R = 1	Coficiente de simultaneidad:	1.00
Potencia Alumbrado:	400 w	Potencia Fuerza:	0 w		
Potencia de Alumbrado con descarga:	0 w	Potencia de Motores:	0 w		
Potencia de calculo:	400 W	Según las			
Intensidad del circuito: 1.73:	1.74 A	Se eligen conductores Unipolar 2 x 1,5 +TT x 1,5 mm <sup>2</sup>			
Tensión máxima admisible del conductor	17 A	según la Tabla 1, del ITC-BT-19			
Protección seleccionada	10 A				
Cumpliendo las fórmulas de sobrecargas:	$I_b \leq I_n \leq I_z$	$1.74 \leq 10 \leq 16,5$	$I_2 \leq I_z$	$14,5 \leq 23,925$	
Nivel de aislamiento:	0,6/1 KV	Con recubrimiento exterior:	XLPE		
No propagador de incendio y emisión de humos y opacidad reducida con designación					UNE: RZ1-K(AS) CPR
Se eligen cables de	Cobre	Temperatura ambiente (°C)	Cables al aire	40	
Resistividad del conductor a 20 °C	0.018		Coficiente de temperatura C.	0.00392	
Temperatura máxima admisible del conductor	90 °C		Temperatura del conductor (°C)	40.56	
Resistividad del conductor a temperatura de trabajo		0.02	°C	Sección del conductor	
Conductividad del conductor a la temperatura de trabajo		51.41		1.5 mm <sup>2</sup>	
Número de conductores por fase	1	Caída de tensión aguas arriba	1.09%		
Caída de tensión de la línea	1.26 V	Expresado en porcentaje	0.55%		
Caída de tensión total en la línea:	1.64%	Menor que la caída de tensión máxima admisible	4.50%		
Protección Térmica:	I. Mag . Bipolar Int 10 A.				
Protección Diferencial:	Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.				

Ilustración 43 - Descripción línea "Iluminación contenedor 1"

En la ilustración 44 se recoge un resumen de los cálculos de todas las líneas. En él se muestran: la tensión de servicio, la potencia de cálculo, el tipo de conductor y su



sección, las intensidades de cada conductor y su máxima admisible, la caída de tensión, las corrientes de cortocircuito y las curvas válidas de disparo.

Cuadro General de fuerza y alumbrado	Nº línea	Tensión (V)	Potencia de cálculo (W)	Conductor	Sección conductor (mm <sup>2</sup> )	C.D.T. T(%)	I <sub>pccI</sub> (kA)	I <sub>pccf</sub> (A)	T <sub>meicc</sub> (s)	Protección (A)	Curvas
DERIVACIÓN INDIVIDUAL	0.1	400	26.720	UNE: RZ1-K(AS) CPR	4 x 16 +TT x 16	1.09%	2.34	1.167	3.42	40	
Iluminación contenedor 1	1.1	230	400	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 1,5 +TT x 1,5	1.64%	0.45	225	0.59	10	Curvas C, D
Iluminación contenedor 2	1.2	230	700	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 1,5 +TT x 1,5	1.88%	0.51	255	0.71	10	Curvas C, D
Iluminación contenedor 3	1.3	230	500	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 1,5 +TT x 1,5	1.53%	0.68	340	0.26	10	Curvas C, D
Compresor	2.1	400	4.100	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	1.33%	1.44	715	0.25	16	Curvas C, D
Toma corriente	2.2	230	1.600	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	2.24%	0.84	416	0.48	16	Curvas C, D
Bomba depuradora	2.3	400	1.875	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	1.42%	0.54	271	1.74	16	Curvas C, D
Frío secado	3.1	230	2.200	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	2.09%	1.26	626	0.21	16	Curvas C, D
Frío maduración	3.2	230	3.500	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	2.75%	1.19	593	0.36	16	Curvas C, D
Frío salado	3.3	230	1.500	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	1.85%	1.13	563	0.26	16	Curvas C, D
Bomba lobular	4.1	400	1.875	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	1.24%	1.13	561	0.41	16	Curvas C, D
Toma corriente 2	4.2	230	1.600	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	2.24%	0.84	416	0.48	16	Curvas C, D
Bomba ACS	4.3	230	1.875	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	1.94%	1.19	592	0.36	16	Curvas C, D
Cuba de cuajada	5.1	230	1.500	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	1.72%	1.33	660	0.19	16	Curvas C, D
Tanque de enfriamiento	5.2	230	2.200	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	1.96%	1.34	666	0.29	16	Curvas C, D
Equipo ACS	5.3	230	100	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	1.10%	2.74	1.366	0.04	16	Curvas C, D
Bomba centrífuga	6.1	400	1.875	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	1.15%	1.89	940	0.14	16	Curvas C, D

Ilustración 44 - Resumen de las características de todas las líneas del cuadro

A partir de este cuadro resumen de la ilustración 44 podemos concluir que la sección del conductor de la derivación individual es de 4 x 16 mm<sup>2</sup>, suficiente para que la caída de tensión sea inferior al 1,5 % máximo permitido y pueda transportar la potencia demandada. Por otro lado, la sección de los conductores de las líneas de alumbrado es de 2 x 1,5 mm<sup>2</sup> y han sido elegidas de forma que no se supere en ningún caso la caída de tensión de 4,5 %. Finalmente, la sección del resto de líneas de fuerza es de 2 x 2,5 mm<sup>2</sup> y han sido elegidas de forma que no se supere la caída de tensión permitida de 6,5 %.

Una vez se han calculado las características de todas las líneas, se ha realizado el esquema unifilar de la instalación eléctrica, que se corresponde con el plano 10 del Anexo C.

Para finalizar la instalación de electricidad de la mini quesería se ha calculado la puesta a tierra según el ITC-BT-18 (BOE, 2022). El objeto de esta es limitar la tensión que puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, respecto a tierra y por tanto evitar la aparición de diferencias de potencial peligrosas.

- Cálculo de puesta a tierra

Las tomas de tierra estarán enterradas como mínimo 0,5 m aunque se recomienda que el conductor esté enterrado al menos 0,8 m en caso de existir riesgo de heladas. La toma de tierra se realizará en forma de anillo cerrado de 39 m de longitud que recorre el perímetro de la mini quesería y utilizará un conductor de cobre desnudo y de sección 35 mm<sup>2</sup>. Al anillo se conectará un electrodo formado por una pica verticalmente hincada en el terreno. El electrodo será de 2 m de longitud.



Para calcular la resistencia de puesta a tierra se emplea la ecuación 5.24:

$$Rt_2 = \frac{1}{\frac{L_c}{2 \cdot \rho} + \frac{L_p}{\rho} + \frac{P}{0,8 \cdot \rho}} = 15,686 \Omega \quad ec. (5.24)$$

Siendo,

$Rt_2$ : Resistencia de tierra ( $\Omega$ )

$\rho$ : Resistividad del terreno ( $\Omega \cdot m$ )

$L_c$ : Longitud total del conductor (m)

$L_p$ : Longitud total de las picas (m)

$P$ : Perímetro de las placas (m)

La resistencia máxima es de 15,686 Ohm, lo cual resulta un valor aceptable. Sin embargo, las hipótesis de cálculo se deberán comprobar mediante las mediciones pertinentes.

#### 5.2.4 Instalación fotovoltaica

Uno de los objetivos principales del presente proyecto consiste en garantizar que el suministro de energía que asegure el autoabastecimiento de la mini quesería se realice mediante energías renovables. Esto es una instalación de autoconsumo. Las instalaciones de autoconsumo son instalaciones conectadas a la red eléctrica interior de una edificación para autoconsumir la energía generada (Domínguez, 2020). De esta forma se podrá contribuir a la justificación de la sostenibilidad de la mini quesería portable desde el punto de vista de su impacto ambiental.

La utilización de instalaciones fotovoltaicas se está expandiendo dentro de las energías renovables. Esto es debido a diversos factores como:

- Coste reducido de los equipos
- Elevada vida útil
- Aparición de nuevas tecnologías alimentadas con energía eléctrica (coche eléctrico etc.)

El objetivo de este apartado consiste en diseñar una instalación fotovoltaica con la intención de cubrir las necesidades de potencia previamente calculadas en el apartado de la instalación de electricidad.

El diseño de la instalación fotovoltaica está limitado por las dimensiones de la cubierta de los contenedores. Las placas solares se van a disponer de forma plana sobre un soporte coplanar plano (plano 12 del Anexo C), de forma que podrán sobresalir una distancia de la cubierta igual a la mitad de la longitud del panel solar fotovoltaico. La distribución de las placas solares sobre la cubierta se indica en la ilustración 45, que se corresponde con el plano de conexionado de las placas fotovoltaicas.



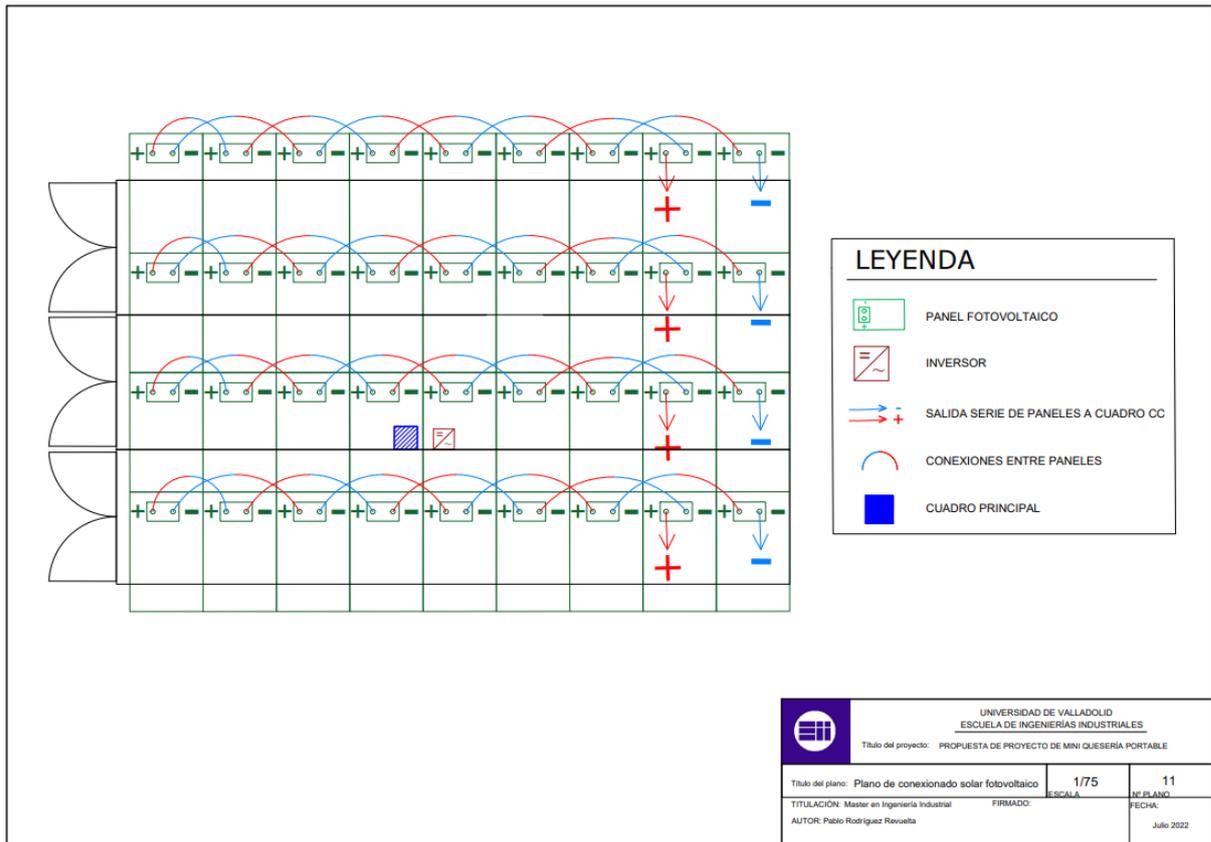


Ilustración 45 - Plano de conexionado solar fotovoltaico / Fuente: Elaboración propia

Es importante destacar que las placas deberán salvar cierta altura, ya que sobre la cubierta también irán instalados los diferentes equipos de frío (encima de las cámaras de salado, secado y maduración).

Considerando la potencia eléctrica total calculada en la instalación eléctrica, y la superficie de cubierta de los contenedores, se eligen paneles cuya potencia nominal máxima sea lo más grande posible, de forma que se pueda suministrar la máxima potencia con el menor número de paneles posible. La potencia máxima es aquella que va a poder suministrar el módulo. Se da para unas determinadas condiciones de irradiación y temperatura ( $1000 \text{ W/m}^2$  y  $25^\circ$ ). Con el fin de aumentar la tensión del agrupamiento manteniendo un mismo nivel de intensidad se decide realizar una agrupación en serie o “string” (Dominguez, 2020). Se plantea una distribución de los paneles compuesta por 4 string (o filas) con 9 paneles de 600 W cada string, conectados en serie con un voltaje total de 311,4 V en corriente continua y una intensidad de 17,34 A (ilustración 46). Su conexión se realiza mediante cable de cobre RV-K 1000V con doble aislamiento y una sección del cable de  $2 \times 4 \text{ mm}^2$  y la potencia máxima que pueden suministrar es de 21.600 W.

	Nº paneles	Voltaje (V)	Potencia (W)	Intensidad (A)	Sección ( $\text{mm}^2$ )	Longitud (m)	Caída de tensión %	Resistividad del cable ( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ )	Caída de tensión (V)
<b>String 1</b>	9	311.40	5.400	17.34	4.0	12.00	0.57%	0.0172	1.7895
<b>String 2</b>	9	311.40	5.400	17.34	4.0	12.00	0.57%	0.0172	1.7895
<b>String 3</b>	9	311.40	5.400	17.34	4.0	12.00	0.57%	0.0172	1.7895
<b>String 4</b>	9	311.40	5.400	17.34	4.0	12.00	0.57%	0.0172	1.7895

Ilustración 46 - Resumen de las necesidades de la instalación fotovoltaica

La caída de tensión se calcula mediante la ecuación 5.25:

$$\Delta U = 2 \cdot I \cdot \rho \cdot \frac{L}{S} \quad \text{ec. (5.25)}$$

Donde:

$\Delta U$  es la caída de tensión (V)

$I$  es la intensidad (A)

$\rho$  es la resistividad del cable ( $\Omega$ )

$L$  es la longitud del cable (m)

$S$  es la sección del cable ( $\text{mm}^2$ )

El esquema unifilar de la instalación fotovoltaica corresponde al plano 13 del Anexo C.

Se va a utilizar un inversor de 30 kW conectado a la red que convierte la alimentación de corriente continua generada por las cadenas fotovoltaicas en alimentación de corriente alterna.

El estudio de la estructura que soporta los diferentes paneles solares no pertenece al ámbito de este proyecto. Sin embargo, se plantea como líneas futuras.

### 5.2.5 Instalación de fontanería

Este apartado se describe en profundidad en el Anexo B, subanexo 5. El objetivo de esta instalación se basa en el suministro de agua fría y agua caliente.

El diseño de la instalación se ha realizado conforme al Documento Básico de Salubridad DB-HS4. Suministro de agua (MITMA, 2022).

Cabe destacar que la mini quesería es una industria de pequeñas dimensiones, lo que justifica la escasa necesidad de tomas de agua. Debido a las reducidas dimensiones, se decide instalar 3 tomas de agua fría y 3 tomas de agua caliente (ilustración 47).

ZONA	Equipos necesarios
Acceso sala de fabricación	1 toma lavamanos
Saladero	1 toma de agua
Cámara de secado	1 toma de agua

*Ilustración 47 - Equipos necesarios instalación de fontanería*

El plano de fontanería de la ilustración 48 se corresponde con el plano 8 del Anexo C.



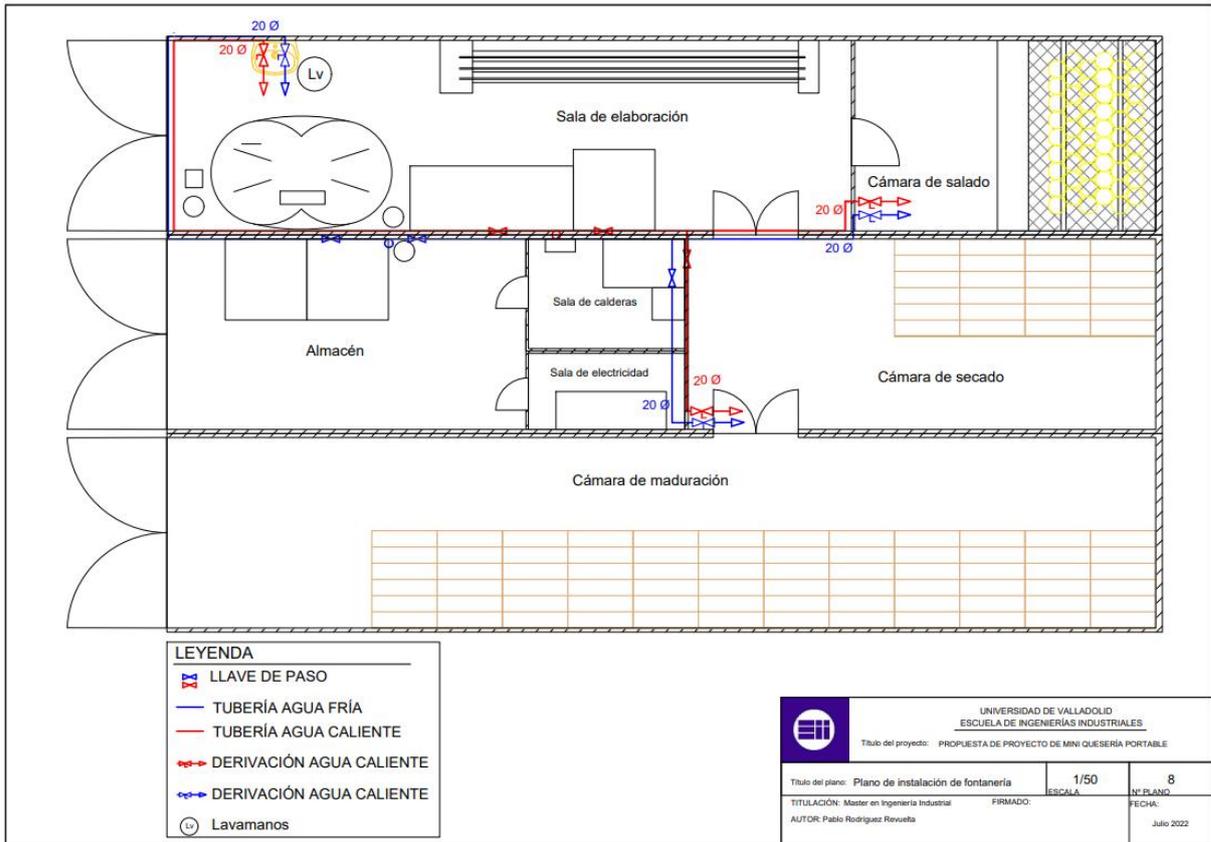


Ilustración 48 - Plano de fontanería / Fuente: Elaboración propia

Conociendo la velocidad a la que circula el agua (entre 0,5 m/s y 3,5 m/s por ser tuberías de PPR), así como su caudal punta instantáneo (valores tabulados) se pueden determinar los diámetros de las tuberías haciendo uso del ábaco para el cálculo de las tuberías. Cabe destacar que en el caso de nuestro proyecto las pérdidas de carga se consideran despreciables al ser las distancias muy pequeñas.

En la ilustración 49 se recoge un resumen de la instalación de fontanería, en el que se describen los diferentes tramos y sus correspondientes diámetros:

	Diámetro instalado (25 mm)	Longitud del tramo (m)
Ramal A. fría	20.	15.
Ramal A. caliente	20	12,1

Ilustración 49 - Resumen de la instalación de fontanería

En el Anexo B subanexo 5, se describen las características de los equipos auxiliares de la instalación de fontanería:

- Una estación de agua dulce que calienta el agua potable.
- Un descalcificador con sal, utilizado para evitar incrustaciones en las instalaciones.
- Un clorador que permite eliminar organismos no deseados.

## 5.2.6 Instalación de calefacción

Este apartado se describe en profundidad en el Anexo B, subanexo 6. La finalidad de esta instalación será cubrir las necesidades de suministro de agua caliente, así como las necesidades de las diferentes operaciones del proceso productivo.

El diseño y dimensionamiento de la instalación de calefacción se ha realizado en conformidad con el Código Técnico de la edificación y el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus instrucciones técnicas (IT) (BOE, 2007).

Se calculan las necesidades de agua caliente sanitaria. Los equipos que precisan de suministro de agua caliente son el intercambiador de placas (previo a la cuba de cuajada), la cuba de cuajada y el equipo de agua dulce utilizado para suministrar agua caliente.

- Necesidades del intercambiador de placas

Las necesidades caloríficas del intercambiador de placas se calculan mediante la ecuación 5.26:

$$Q = m \cdot (\Delta T) \cdot Cp \quad ec. (5.26)$$

Donde:

$Q$  es la potencia calorífica requerida (W)

$m$  es la masa de agua (kg/h)

$\Delta T$  es el salto térmico (°C)

$Cp$  es el calor específico del agua (J/kg · K)

Teniendo en cuenta que la masa de agua será igual al caudal de agua caliente del intercambiador de placas, (2691 kg/h, característica proporcionada por el fabricante en función de las necesidades), el salto térmico es de 10 °C y el calor específico del agua es 4186 J/kg · K, obtenemos la siguiente potencia calorífica, que servirán para dimensionar la caldera: 31,290 kW.

- Necesidades de la cuba de cuajado

La leche procedente del tanque de almacenamiento tras atravesar el intercambiador de placas tiene una temperatura de 32 °C.

Las cubas deben mantener esta temperatura durante todo el proceso de cuajado, es por esto por lo que se decide utilizar una cuba con camisa. Para calcular las necesidades caloríficas de la cuba de cuajar se recurre a la ecuación 5.27:

$$q = A \cdot U \cdot (T - Ta) \quad ec. (5.27)$$

Donde:

$q$  son las pérdidas de calor con los alrededores (W)

$A$  es el área de contacto de la leche con las paredes suelo y techo de la cuba de cuajar (m<sup>2</sup>)

$T$  es la temperatura de entrada de la leche a la cuba (°C)



$T_a$  es la temperatura ambiente de la de la sala donde se encuentran las cubas. Esta temperatura se supone de 20 °C

Es necesario conocer el valor de A y de U:

- A

Las cubas son rectangulares con unas dimensiones de 2520x1080 mm y una altura de 2,1 m de superficie en contacto con el producto. Su superficie se calcula mediante la ecuación 5.28.

$$A = 2 \cdot (a \cdot h) + 2 \cdot (a \cdot b) + 2 \cdot (b \cdot h) \quad \text{ec. (5.28)}$$

$$A = (2 \cdot 2,52 \cdot 2,1) + (2 \cdot 2,52 \cdot 1,08) + (2 \cdot 1,08 \cdot 2,1) = 20,56 \text{ m}^2$$

- U

Para el cálculo del coeficiente global de transmisión de calor se recurre a la ecuación 5.3, utilizada previamente en la instalación de frío.

Donde:

-  $h_i$  es el coeficiente de película del lado de la leche ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ). La leche está en agitación constante por lo que este coeficiente se le considera infinito, de manera que no tiene importancia en este caso.

-  $h_e$  es el coeficiente de película del lado del aire ambiente de la mini quesería ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ). Según la ilustración 32, el valor de  $1/h_e$  es de 0,21.

Entonces:

$$1/U = 0,21 + 0,01/0,06 = 0,376$$

$$U = 1/0,37 = 2,65 \text{ W m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Finalmente, las pérdidas de calor con los alrededores son las siguientes:

$$q = A \cdot U \cdot (T - T_a) = 20,56 \cdot 2,65 \cdot (32 - 20) = 655,01 \text{ W} = 0,655 \text{ kW}$$

- Necesidades caloríficas del equipo de agua caliente sanitaria (ACS)

El equipo que se utiliza para calentar el agua de suministro mencionado en el apartado de la instalación de fontanería tiene una potencia nominal de 70 kW.

El cálculo de las necesidades totales de la caldera de biomasa, y por tanto su dimensionado se realiza a partir de las necesidades caloríficas de agua caliente anteriormente descritas. Las necesidades caloríficas se resumen en la ilustración 50.

Tipo	Potencia (kW)
Intercambiador de placas	31,3
Cuba de cuajada	0,7
ACS	70.
TOTAL	102

*Ilustración 50 - Resumen necesidades caloríficas de la instalación de calefacción*

Tras realizar el cálculo de las diferentes necesidades caloríficas de la mini quesería y realizar un estudio de proveedores de calderas, se decide instalar una caldera de biomasa de 100 kW de la marca Lasian. Este tipo de caldera está diseñada para la



producción de calefacción ofreciendo un alto rendimiento energético y una gran autonomía. Además, cuenta con diseños compactos y sencillos de instalar y presenta un bajo nivel de contaminación por el uso de energías renovables, y un gran ahorro económico. La utilización de la caldera de biomasa contribuye a la reducción el impacto ambiental de la mini quesería.



## Capítulo 6 – Estudio económico

En este capítulo se desarrolla un análisis del coste económico que conlleva la realización de la propuesta de proyecto de la mini quesería portable y sostenible. El estudio económico se realiza en base a Conde (2012). El coste económico se divide en costes directos o indirectos. Los costes directos engloban los costes de personal, los costes de amortización de los equipos y software y los costes de materiales. Los costes indirectos son aquellos que no se imputan directamente al proyecto y suelen tener menos peso en el coste total.

- Costes de personal

En este apartado se deben considerar el número de horas totales que el personal ha dedicado a la realización del proyecto, así como el coste horario de trabajo del personal. En el caso de este proyecto, el personal se trata de un Ingeniero Industrial que actúa como director del proyecto. Para determinar el coste horario de trabajo del personal se deben estimar los días de trabajo laborables anuales (ilustración 51).

Días anuales totales	365
Sábados y domingos	104
Días libres por vacaciones	20
Días festivos	15
Días para asuntos personales	10
Días totales a descontar	149
<b>Días de trabajo resultantes</b>	<b>216</b>
<b>Total horas efectivas al año (8h/día)</b>	<b>1728</b>

*Ilustración 51 - Estimación de días de trabajo laborables y horas efectivas anuales*

Como se puede observar en la ilustración 51, se obtienen un total de 216 días laborables, que suponiendo una jornada laboral media de 8 h diarias dan lugar a 1728 horas efectivas al año.

El coste horario de personal se puede obtener dividiendo el coste anual que le supone a la empresa el empleado entre el número total de horas obtenidas anteriormente. El sueldo promedio de un director de proyecto en España es aproximadamente 35.000 euros brutos anuales. En la ilustración 52 se recoge el sueldo bruto del trabajador, el desembolso que debe realizar la empresa en concepto de Seguridad Social calculada como un 35% del sueldo bruto, el coste total que representa el trabajador a la empresa y el coste horario del trabajador.

	S. Bruto(€/ año)	S.S. Empresa (€ / año)	Costes totales (€ / año)	Coste horario (€ / hora)
Director del proyecto	35000	12250	47250	27,3

*Ilustración 52 - Costes de personal anuales y por hora de trabajo*



A continuación, se realiza una estimación del número de horas invertidas en cada fase del proyecto considerando que el presente proyecto se inició el 05/10/2021.

### **Fase 1. Decisión de elaboración del proyecto**

En esta fase se lleva a cabo un análisis general del problema. Se propone el proyecto de la mini quesería portable y sostenible como solución. Se definen las líneas del proyecto, así como su alcance y planificación. También se lleva a cabo una estimación de recursos.

Este proceso supuso un total de 150 h.

### **Fase 2. Recopilación de información**

Antes de comenzar con la redacción del proyecto ha sido necesaria la realización de una búsqueda bibliográfica para poder diseñar las funciones de portabilidad y sostenibilidad de la mini quesería. Además, se ha buscado la información necesaria para realizar el diseño y dimensionamiento de la mini quesería.

Este proceso supuso un total de 200 h.

### **Fase 3. Diseño y dimensionamiento de la mini quesería. Elaboración de la documentación.**

En esta fase se han realizado los principales bloques del proyecto. En primer lugar, se ha buscado la forma de adaptar el proceso productivo de elaboración de queso en el interior de contenedores homologados. Para ello se han tomado decisiones respecto al volumen de producción, la selección de maquinaria y la distribución en planta. Para realizar la selección de maquinaria se ha contactado directamente con los fabricantes de esta, con el objetivo de obtener un presupuesto aproximado. El proceso de contacto con los fabricantes supuso un total de 80 h. Por su parte, para realizar la distribución en planta se han utilizado herramientas de diseño por ordenador, y este proceso supuso un total de 210 h.

Para asegurar el funcionamiento de la mini quesería se ha llevado a cabo el diseño y dimensionamiento de sus instalaciones. Para cada instalación se ha realizado su plano correspondiente mediante la herramienta AutoCAD. Este proceso supuso un total de 160 h. Además, los cálculos del diseño y dimensionamiento de las instalaciones han supuesto un total de 140 h, de las cuales 30 han sido dedicadas únicamente a realizar el documento de Excel que automatiza los cálculos de diseño de la instalación eléctrica.

### **Fase 4. Redacción del proyecto.**

En esta fase se lleva a cabo la redacción del presente documento "Propuesta de proyecto de mini quesería portable y sostenible" así como de sus anexos.

Este proceso supuso un total de 500 h.

La estimación de las horas totales de trabajo según las diferentes fases del proyecto se recoge en la ilustración 53:



	Fase 1 (h)	Fase 2 (h)	Fase 3 (h)	Fase 4 (h)	Total (h)
Director del proyecto	150	200	590	500	1440

*Ilustración 53 – Estimación de las horas totales de trabajo*

Considerando que el coste horario del director del proyecto es de 27,3 euros/hora, podemos ver el coste total de personal en la ilustración 54:

Concepto	Coste Total (€)
Fase 1	4095
Fase 2	5460
Fase 3	16107
Fase 4	13650
<b>TOTAL</b>	<b>39312</b>

*Ilustración 54 - Coste total del personal*

Según la ilustración 54, el coste total de personal aproximado es de treinta y nueve mil trescientos doce euros (39.312 €).

- Costes de amortización de equipo

Para la realización del presente proyecto se han utilizado tanto equipos como programas, los cuales no se designan únicamente a este proyecto, por lo que se considerará una parte proporcional a la amortización de material según su tiempo de uso.

Una vez se ha estimado el tiempo de uso de los equipos y conociendo el precio de estos, se pueden estimar los costes horarios de uso. Estos costes horarios multiplicados por el número de horas necesarias para la realización de este proyecto, permiten obtener una estimación del coste de utilización de cada equipo.

Para este cálculo se considera el siguiente equipo:

- Ordenador portátil. HP Pavilion 15. Processor: Intel Core i7. RAM: 16GB. Windows 10.

En el precio del ordenador se incluyen las licencias de sistema operativo (Windows) y del paquete Office, al ser instalados por defecto en el equipo. El periodo de amortización que se considera para este equipo es de 4 años. La tasa de amortización lineal se muestra en la ilustración 55.

Equipos informáticos	Desembolso inicial (€)	Horas de uso en 4 años	Coste horario (€ / año)
Ordenador portátil	1.200 €	8000	0,15
Licencia AutoCAD 2021	2.342 €	3040	0,8

*Ilustración 55 - Tasas de amortización de los equipos informáticos*



Por lo tanto, los gastos derivados serán (ilustración 56):

Equipos informáticos	Coste horario (€ / año)	Horas de trabajo	Coste total (€)
Ordenador portátil	0,15	1440	216
Licencia AutoCAD 2021	0,8	370	296
<b>TOTAL</b>			<b>512</b>

*Ilustración 56 - Costes de amortización de los equipos informáticos y software*

El total de los costes de amortización de equipos informáticos y software asciende a quinientos doce euros (512 €).

- Costes directos de material

En este apartado se deberían incluir costes asociados al uso de elementos tales como materias primas, material fungible, etc. No se estima este coste para el presente proyecto al ser prácticamente despreciable.

- Costes indirectos

Estos costes suponen los costes de calefacción, consumo eléctrico, teléfono etc. Los cuales no están relacionados directamente con el proyecto. Como su estimación no es exacta no resulta de interés estimar este tipo de coste para el presente proyecto.

Por lo tanto, los costes totales directos del presente proyecto, los cuales consideran los costes directos de personal y amortización de equipos y software son aproximadamente treinta y nueve mil ochocientos veinticuatro euros (39.824 €).



## Capítulo 7 – Conclusiones y líneas de futuro

El punto de partida del presente proyecto son los datos acerca de la infrautilización de las explotaciones de ganado ovino, dedicadas en su mayoría a la producción de carne, que presentan un gran potencial para la economía del sector rural. Este potencial podría ser aprovechado dando lugar a una utilización de los recursos más eficiente, generando empleo, y aumentando los ingresos económicos de los pequeños ganaderos. Además, tradicionalmente, en el sector industrial no se trata adecuadamente el concepto de sostenibilidad ya que no se da la misma importancia a sus diferentes aspectos (económico, ambiental y social). Estas cuestiones iniciales constituyen una serie de necesidades que se van a satisfacer mediante los objetivos del proyecto. El objetivo inicial del presente proyecto era realizar una propuesta de diseño y dimensionamiento de una mini quesería portable y sostenible. Esta propuesta podrá ser utilizada por una empresa para llevar a cabo un proyecto innovador basado en el principio de sostenibilidad que es capaz de satisfacer las necesidades anteriormente mencionadas. Para la elaboración de esta propuesta se ha seguido un proceso que se ha descrito a lo largo del presente documento, y que ha conseguido satisfacer los objetivos del proyecto. El proceso seguido para lograr la consecución de los objetivos ha sido el siguiente:

En primer lugar, se ha adoptado la metodología del análisis funcional para realizar la fase de concepción de la mini quesería. Esta metodología incluye un análisis funcional de las necesidades, así como un análisis funcional del producto, y ha permitido en primera instancia identificar y ordenar las funciones de la mini quesería. Las funciones principales de la mini quesería que justifican por qué se ha creado son: creación de valor añadido, permitir la elaboración de quesos mediante un proceso de baja industrialización, diseñar un producto innovador, portable, sostenible y seguro. Esto ha servido para sentar las bases del proyecto y ha permitido construir una idea más clara de los objetivos de este.

Una de las características fundamentales de la mini quesería consiste en que es sostenible. Como se describió en el primer capítulo, la fabricación sostenible trata de considerar la responsabilidad medioambiental y social, además de perseguir la rentabilidad económica. Por ello, a lo largo del documento se ha medido el impacto de la mini quesería en las tres dimensiones de la sostenibilidad. Gracias al análisis de la posibilidad de la implantación de la mini quesería portable en comunidades desfavorecidas se ha justificado su necesidad en este tipo de comunidades ya que da respuesta a necesidades sociales tales como la mala nutrición, los recursos limitados o la escasez de empleo. De esta forma se fomenta la dimensión social de la mini quesería.

Por otro lado, el estudio de mercado ha servido para identificar el público objetivo de la mini quesería y su mercado asociado, contribuyendo al logro de la rentabilidad económica del mismo. Mediante la elaboración del modelo de negocio se han asentado las bases de la mini quesería y además, ha servido para establecer una conversación con un potencial cliente.

Finalmente, el estudio del posible impacto ambiental a través del análisis del ciclo de vida de una quesería artesanal ha permitido identificar y deducir las potenciales principales emisiones y residuos de la mini quesería y evaluar las posibles mejoras en materia de impacto ambiental de esta. Concretamente las fases del proceso productivo que más contribuyen a las emisiones de CO<sub>2</sub> son aquellas de



elaboración de queso y distribución de este. Por otro lado, la mini quesería utilizará una depuradora para tratar sus aguas residuales, rompiendo con la tradición de verter estas aguas directamente al terreno en el caso de industrias a pequeña escala. Por último, para avanzar hacia un sistema de producción de queso más sostenible desde el punto de vista ambiental, la mini quesería utiliza energías renovables como fuente de abastecimiento, y utiliza equipos correctamente dimensionados. Además, se debería considerar el uso de agentes de limpieza menos contaminantes, así como la adopción de un sistema de transporte más eficiente.

En segundo lugar, se ha realizado un primer dimensionamiento de la mini quesería portable. Este proceso es complicado debido a la cantidad de limitaciones existentes, y necesita tener en cuenta muchos factores. Primeramente, se ha justificado y definido el volumen semanal de producción de quesos a partir de la producción semanal de leche, que es de 1000 litros. Se ha estudiado las características de la explotación ganadera, así como las posibilidades de los formatos que se pueden elaborar (1 kg y 3 kg), dando lugar a una producción semanal de 122 quesos de 3 kg y 92 quesos de 1 kg.

Una vez el volumen de producción ha sido definido, se han considerado las diferentes etapas del proceso productivo para estimar los tiempos de operación y dimensionar las salas de la mini quesería (salado, secado y maduración). Estas salas tendrán unas superficies de 8,7 m<sup>2</sup>, 13,5 m<sup>2</sup>, y 28,3 m<sup>2</sup>, respectivamente. Además, las operaciones del proceso productivo han servido para elegir la maquinaria empleada en el proceso. Como se pretendía inicialmente, para dar un enfoque más realista al proyecto se ha contactado con las empresas fabricantes y proveedores de maquinaria, quienes han proporcionado información sobre las especificaciones técnicas de la maquinaria, así como su precio, lo cual ha permitido estimar un presupuesto aproximado de la maquinaria empleada en el proceso productivo. El precio de esta maquinaria asciende aproximadamente a 78.160 euros. Este conjunto de elementos se ha tenido en cuenta para llevar a cabo la distribución en planta del proceso productivo de forma que se consiguiese la ordenación de los medios más eficiente. El diseño de la distribución en planta ha supuesto uno de los mayores conflictos del proyecto, debido a las limitaciones impuestas por las dimensiones de los contenedores, debiendo satisfacer los volúmenes de producción y respetando los flujos de personas y mercancías. El diseño preliminar de la distribución en planta se ha realizado mediante la herramienta de diseño AutoCAD. Se ha seguido un proceso iterativo en el que se han planteado diversas soluciones, y finalmente se ha elegido aquella más conveniente.

La siguiente fase ha consistido en justificar la elección de unos contenedores que hicieran posible la introducción del proceso productivo de elaboración de queso en su interior. Por ello se eligieron contenedores de tipo High Cube. Después, para justificar su capacidad portable, se ha descrito la propuesta de ingeniería de las obras, con el motivo de explicar su instalación en cualquier ubicación a la que sean enviados. En ella se presentan diferentes posibilidades respecto a la cimentación, el forjado, la carpintería y los acabados de la mini quesería.

Finalmente, se ha reseñado la propuesta de la ingeniería de las instalaciones de la mini quesería, necesarias para el funcionamiento de esta y por tanto para la



elaboración de quesos. Se han realizado planos de las diferentes instalaciones mediante la herramienta AutoCAD con el objetivo de facilitar su comprensión.

En primer lugar, el diseño de la instalación de frío puso de manifiesto que se necesitan cubrir unas necesidades de refrigeración totales de 866,8 W. Para ello se necesitarán 3 equipos de frío, uno para cada sala de salado, secado y maduración, que se instalan en la cubierta de los contenedores.

El diseño de la instalación de saneamiento ha permitido dimensionar las redes de aguas pluviales y residuales. Concretamente, para el caso de la red de aguas residuales (las cuales son más contaminantes) se necesitan 2 sumideros de dimensiones 5000x100 mm y 1820x120 mm en las salas de fabricación y secado, y 5 sumideros de 125x125 mm en el resto de las salas. Por su parte, el diámetro de la derivación individual, así como el de los ramales colectores y los colectores horizontales de aguas residuales será de 90 mm y se necesitarán dos arquetas de 40x40x40 cm. Para tratar las aguas residuales se utilizará un equipo de oxidación total (depuradora) de 11000 litros.

El diseño y cálculo de la instalación de electricidad se ha automatizado mediante la elaboración de un documento de Excel y comprende la realización de una previsión de carga, que pone de manifiesto que la potencia de cálculo prevista es de 31.900 W, así como la determinación de los tipos y secciones de los conductores necesarios en base a las caídas de tensión máximas admisibles y a la intensidad máxima admisible del cable. La sección del conductor de la derivación individual es de 4 x 16 mm<sup>2</sup>, suficiente para que la caída de tensión sea inferior al 1,5 % máximo permitido y pueda transportar la potencia demandada. Por otro lado, la sección de los conductores de las líneas de alumbrado es de 2 x 1,5 mm<sup>2</sup> y han sido elegidas de forma que no se supere en ningún caso la caída de tensión de 4,5 %. Finalmente, la sección del resto de líneas de fuerza es de 2 x 2,5 mm<sup>2</sup> y han sido elegidas de forma que no se supere la caída de tensión permitida de 6,5 %. Todos los conductores son del tipo RZ1-K(AS) CPR. Por último, se estima la resistencia de puesta a tierra en 15,7  $\Omega$ .

La instalación fotovoltaica asegurará el autoabastecimiento de la mini quesería mientras contribuirá a la justificación de la sostenibilidad de esta, desde el punto de vista del impacto ambiental. Para satisfacer la potencia total calculada en la instalación de electricidad, se necesitan 45 paneles de 600 W de potencia nominal agrupados en serie en forma de 4 string, con un voltaje total de 311,4 V en corriente continua y una intensidad de 17,34 A. La potencia total que se puede suministrar es de 21.600 W, y se utiliza un inversor de 30 kW.

El dimensionado de la instalación de calefacción se realiza a partir de la estimación de las necesidades caloríficas y pone de manifiesto la necesidad de cubrir una potencia de 102 kW. Estas necesidades se cubrirán mediante la instalación de una caldera de biomasa de 100 kW de potencia. De esta forma también se contribuye a la sostenibilidad de la mini quesería, gracias al uso de energías renovables.

La última fase del proyecto ha consistido en la realización de un estudio económico, que permite dar a conocer a posibles empresas interesadas, la cantidad de dinero que se necesitaría invertir de forma aproximada para realizar la redacción de la propuesta de este proyecto.

En conclusión, se ha realizado una propuesta de diseño y dimensionamiento de la mini quesería portable y sostenible. El diseño preliminar constituye una propuesta



inicial cuya fase de concepción puede ser profundizada. Se ha prestado especial interés al posible impacto de la mini quesería en las diferentes dimensiones de la sostenibilidad. Sin embargo, pese a haber tratado los aspectos económicos y ambientales, estos aspectos pueden ser cuantificados, dando lugar a un estudio más exhaustivo en el que se incluya el precio de venta de la mini quesería, o se cuantifique la contribución de las emisiones y residuos de esta mediante su ACV. La realización del análisis del ciclo de vida de la mini quesería, sería algo innovador debido a la escala de la industria. Por otro lado, se ha considerado importante el dimensionado del proceso productivo, el cual engloba la definición del volumen de producción, la selección de maquinaria, y la distribución en planta. Podrían realizarse estudios sobre la ergonomía de los puestos de trabajo del proceso productivo. Se ha realizado una propuesta de la ingeniería de las obras, la cual ha sido brevemente descrita, ya que se necesitarían conocer más detalles del proyecto final para poder desarrollar este apartado de forma completa. Además, se expone la necesidad de realizar un cálculo de la estructura portante así como de realizar refuerzos estructurales tras introducir huecos (puertas) en la fachada de los contenedores. Finalmente, se ha desarrollado un diseño y dimensionamiento preliminar de la ingeniería de las instalaciones, el cual se ha considerado relevante en el presente proyecto, ya que se realiza para poder asegurar el funcionamiento de la mini quesería. Cabe destacar el estudio preliminar de la instalación fotovoltaica, que se necesita profundizar para estimar la posición y calcular la estructura que soporta placas solares. Por otro lado, las instalaciones descritas permiten el funcionamiento de la mini quesería. En última instancia se ha realizado un estudio económico de la realización de la propuesta de proyecto, con la intención de estimar los costes directos asociados a la elaboración de esta. Resulta de interés realizar un estudio exhaustivo del presupuesto de la totalidad del proyecto, por lo que se plantea como líneas futuras.

En la ilustración 57 se muestra un resumen de las conclusiones obtenidas a partir de los objetivos iniciales de forma gráfica e intuitiva.



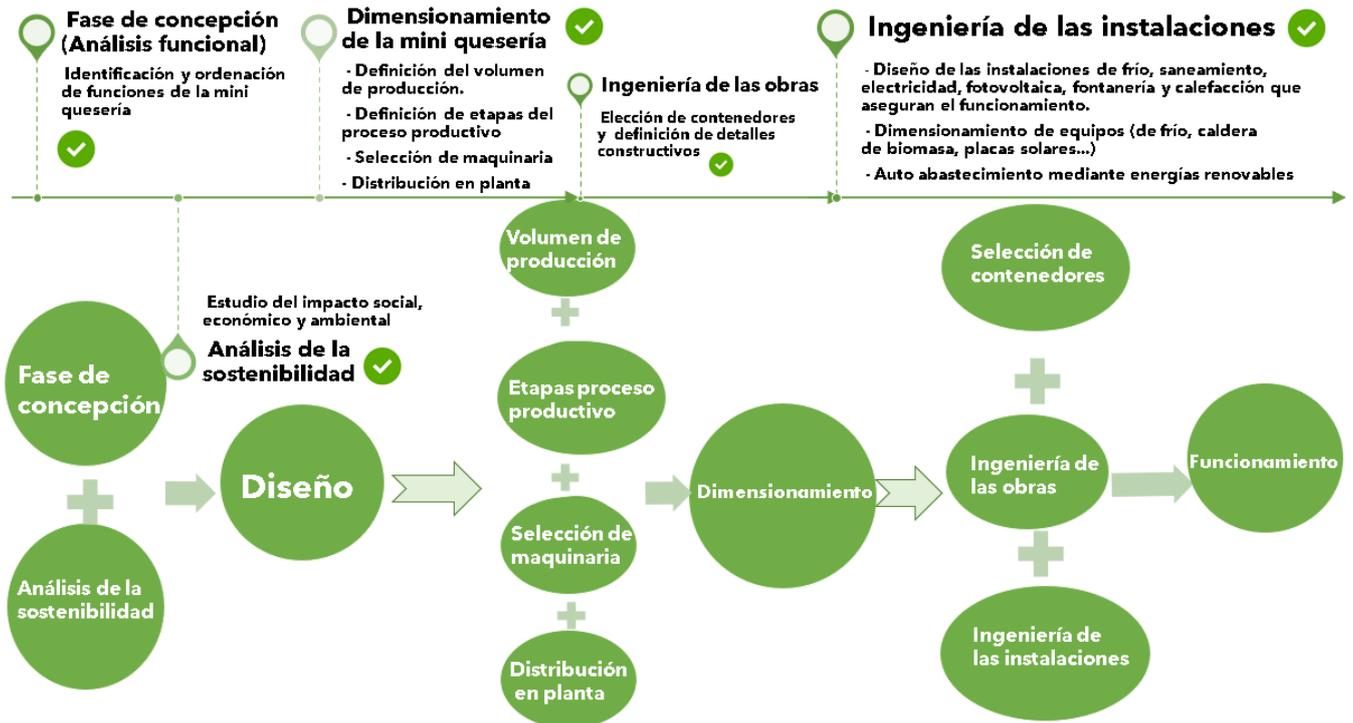


Ilustración 57 - Resumen de las conclusiones obtenidas a partir de los objetivos / Fuente: Elaboración propia

Para la realización del presente trabajo de fin de máster se han empleado los conocimientos adquiridos durante la formación académica del Máster en Ingeniería Industrial, que se han utilizado para desarrollar una aplicación concreta y lograr los objetivos definidos inicialmente. Además, se han generado nuevos conocimientos que han sido de interés para la redacción del trabajo. Concretamente se han aplicado conocimientos sobre:

- Dirección integrada de proyectos
- Construcción, instalaciones e infraestructuras en el ámbito de la ingeniería industrial (desarrollado a través de la ingeniería de las obras y la ingeniería de las instalaciones).
- Capacidades que permitan comprender, analizar, explotar y gestionar las distintas fuentes de energía. (desarrollado a través de la instalación fotovoltaica, la instalación de calefacción, y el estudio del impacto ambiental).
- Conceptos sobre transmisión de calor, así como el diseño de instalaciones de calor y frío industrial (desarrollados a través de la instalación de frío y calefacción).
- Capacidades para proyectar y diseñar instalaciones eléctricas, iluminación, climatización y ventilación, ahorro y eficiencia energética (desarrollado a través de la ingeniería de las instalaciones).
- Conceptos sobre el "Just inTime" (desarrollados a través de la distribución en planta).

Además, la redacción del presente trabajo de fin de máster ha permitido adquirir una serie de competencias básicas transversales tales como:

- La capacidad de redactar un documento estructurado que pueda ser comprendido por públicos especializados y no especializados, de un modo claro y sin ambigüedades.
- La capacidad de análisis y síntesis, extrayendo la información necesaria de documentos científicos y libros, de manera que se lleguen a conclusiones pertinentes y no contradictorias.
- La capacidad de relacionar conceptos y adquirir una visión general de la problemática.
- La capacidad de razonamiento crítico, tomando decisiones lógicas desde un punto de vista racional sobre las ventajas e inconvenientes de las distintas posibilidades de solución, de los procedimientos para conseguirlas y de los resultados obtenidos.
- La capacidad de comunicación y trato desarrollado a través del contacto con las empresas proveedoras de la maquinaria del proceso productivo, quienes han facilitado especificaciones técnicas, así como presupuestos de equipos.

Tanto los conocimientos como las competencias transversales adquiridas se resumen en la ilustración 58:



Ilustración 58 - Conocimientos y competencias transversales adquiridas

Por último, se presentan líneas futuras que podrán ser desarrolladas en futuros trabajos, entre ellas podemos destacar:

- El estudio ergonómico de los diferentes puestos de trabajo de forma que se mejore la productividad y la calidad del trabajo del empleado.
- El cálculo estructural de los contenedores y los posibles refuerzos estructurales necesarios tras las modificaciones realizadas en estos (creación de puertas).

- El diseño y cálculo de la estructura coplanar sobre la que van instaladas los paneles fotovoltaicos. Será necesario diseñar una estructura que soporte el peso de las placas solares, así como salve la presencia de los equipos de frío que se sitúan en la cubierta de los contenedores.
- La posibilidad de cuantificar los indicadores del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de la mini quesería, mediante las herramientas adecuadas, justificando estos valores.
- El análisis financiero de la totalidad del proyecto que permita estimar el coste de realización de este, así como el precio de venta de la mini quesería.





## Capítulo 8 – Referencias bibliográficas

- Adissi, P.J. y Almeida Neto, J.A. (2013). *Conceitos basicos da gestao ambiental*. En: *Gestao ambiental de unidades produtivas*. Elsevier.
- AENOR (2004). *Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 5: Selección e instalación de los materiales eléctricos. Sección 523: Intensidades admisibles en sistemas de conducción de cables*. AENOR, 2004.
- AFNOR (1991). *Analyse de la Valeur, Analyse Fonctionnelle, Expression fonctionnelle du besoin et cahier des charges fonctionnel*. AFNOR, 1991.
- Alves, E.C. et al. (2014). Total bacterial count and somatic cell count in refrigerated raw milk stored in communal tanks. *Brazilian Journal of Food Technology*, vol. 17(3), pp. 221-225. [Consulta: 20-06-2022] DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.1114>.
- Asenjo, S. (2021). *Proyecto de una industria de elaboración de queso castellano con leche de oveja pasteurizada y elaboración de suero en polvo con lactosuero residual en el polígono industrial de San Antolín, Palencia (España)*. [Trabajo de Fin de Grado]. Universidad de Valladolid. [Consulta: 10-03-2022] <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/46219>.
- ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning engineers). (2001). *2001 ASHRAE handbook: fundamentals*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- BOE. Boletín Oficial del Estado (2022). *Reglamento electrotécnico para baja tensión e ITC*. [Consulta: 05-07-2022] Recuperado de: <https://www.boe.es>.
- BOE. RITE. Boletín Oficial del Estado (2007). “*Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios*.” [Consulta: 10-04-2022] Recuperado de: <https://www.boe.es>.
- Boguniewicz-Zablocka, J. et al. (2019). Water quality and resource management in the dairy industry. *Environ Sci Pollut Res*, vol. 26, pp. 1208-1216. [Consulta: 20-06-2022] DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0608-8>.
- Borges, B. (2021). *Environmental impact of cheese production*. Capítulo 8 en: *Environmental Impact of Agro-Food Industry and Food Consumption*. Amsterdam academic Press.
- Canellada, F. et al. (2018). Environmental impact of cheese production: A case study of a small-scale factory in southern Europe and global overview of carbon footprint. *Science of the total environment*, vol. 636, pp. 167-177. [Consulta: 02-05-2022] DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.045>.
- Carrasco, F. J. (2020). *Adaptación de contenedor marítimo para módulo sanitario*. [Trabajo de Fin de Grado] Universidad de Jaén. [Consulta: 06-04-2022] <https://tauja.ujaen.es/handle/10953.1/13317>.



- Chen, D. *et al.* (2012). Integrating sustainability within the factory planning process. *CIRP Annals*, vol. 61 (3), pp. 463-466. [Consulta: 13-12-2021] DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2012.03.067>.
- Chihambakwe, Z. J. *et al.* (2019). A Conceptual Framework to Create Shared Value in Base of the Pyramid Communities with Micro-Containerised Factories. *Procedia Manufacturing*, vol. 33, pp. 161-162. [Consulta: 13-12-2021] DOI: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.04.020>.
- Clarkson, J. y Eckert, C. (2005). *Design Process Improvement, a Review of the Current Practice*. Springer Publishing.
- Coelho, D.A. *et al.* (2017). Improvement of Certified Artisan Cheese Production through Systemic Analysis—Serra da Estrela PDO. *Sustainability*, vol. 9. p. 468 [Consulta: 25-06-2022] DOI: <https://doi.org/10.3390/su9030468>.
- Conde, F. (2012). *Diseño de un benchmarking para el sector de la automoción*. [Trabajo de Fin de Grado]. Universidad de Valladolid. [Consulta: 09-07-2022]
- Dalla Riva, A. *et al.* (2017). Environmental life cycle assessment of Italian mozzarella cheese: hotspots and improvement opportunities. *Journal of Dairy Science*, volume 100 (10), pp. 7933-7952. [Consulta: 20-06-2022] DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12396>.
- Departamento de Organización de Empresas, E.F. y C (2005). *Distribución en planta*. Universidad del País Vasco. [Consulta: 24-02-2022]. Recuperado de: <http://personales.upv.es/jpgarcia/linkedddocuments/4%20distribucion%20en%20planta.pdf>.
- Domínguez, I. (2020), *Instalación solar fotovoltaica de autoconsumo en edificio de oficinas según RD 244/2019*, [Trabajo de Fin de Grado]. Universidad de Valladolid. [Consulta: 25-06-2022]. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/40926>.
- FACEnetwork. Red Europea de Queserías y Productores Lácteos de Campo y Artesanos (2016). *Guía Europea de Prácticas Correctas de Higiene para la elaboración de queso y productos lácteos artesanos*. Recuperado de: [https://www.sergas.es/Saude-publica/Documents/4921/biosafety\\_fh\\_guidance\\_artisanal-cheese-and-dairy-products\\_es.pdf](https://www.sergas.es/Saude-publica/Documents/4921/biosafety_fh_guidance_artisanal-cheese-and-dairy-products_es.pdf)
- Ferreira, F.U. *et al.* (2020). Towards a contribution to sustainable management of a dairy supply chain. *Sustainability in transport and logistics*, vol. 30. pp. 1-13 [Consulta: 20-06-2022]. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20190019>.
- Finnegan, W. *et al.* (2017). A review of environmental life cycle assessment studies examining cheese production. *The international Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 23, pp. 1773-1787. [Consulta: 15-12-2021] DOI: <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1407-7>.
- Gómez, M. (2020). *Diseño y dimensionamiento de una línea de elaboración de queso D.O Mancha a partir de leche en el T.M de Villacañas (Toledo)*. [Trabajo de Fin de Grado]. Universidad politécnica de Madrid. [Consulta: 28-06-2022] <https://oa.upm.es/65897/>.
- Gosalvitr, P. *et al.* (2021). Integrating process modelling and sustainability assessment to improve the environmental and economic sustainability in the cheese industry. *Sustainable Production and Consumption*, vol. 28. Pp. 969-986. [Consulta: 18-06-2022]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.07.022>.
- Grewal, S. (2011). *Manufacturing Process Design and Costing. An Integrated Approach*. Springer Publishing.



- Guinee, T.P. y Fox, P.F. (2017). *Chapter 13: Salt in cheese: physics, chemistry and biological aspects*. En: *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol. 1. [Consulta: 01-07-2022] DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00013-2>.
- Hernández, F. (2003). *Proyecto de fábrica de quesos artesanos*. Soc. Coop. Del Campo Hermanos.
- Kühne, B. y Böhman, T. (2018). Requirements for Representing Data-Driven Business Models-Towards Extending the Business Model Canvas. *AMICS*, vol.17. pp. 1-9 [Consulta: 25-01-2022] Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/327043131\\_Requirements\\_for\\_Representing\\_Data-Driven\\_Business\\_Models-Towards\\_Extending\\_the\\_Business\\_Model\\_Canvas](https://www.researchgate.net/publication/327043131_Requirements_for_Representing_Data-Driven_Business_Models-Towards_Extending_the_Business_Model_Canvas).
- MAGRAMA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2019). “*ESTRUCTURA DE PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE LECHE DE OVEJA EN ESPAÑA*”, *Subdirección General de Productos Ganaderos, Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios*. [Consulta: 15-03-2022]. Recuperado de: [https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/estudiosectorovinodeleche\\_def\\_tcm30-510322.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/estudiosectorovinodeleche_def_tcm30-510322.pdf).
- MAGRAMA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2020). “*CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR OVINO Y CAPRINO DE LECHE EN ESPAÑA*”, *Subdirección General de Producciones Ganaderas y Cinegéticas, Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios*. [Consulta: 15-03-2022]. Recuperado de: [https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/caracterizacionovinoycaprinolechedatos2020\\_v3\\_tcm30-562416.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/caracterizacionovinoycaprinolechedatos2020_v3_tcm30-562416.pdf).
- MAGRAMA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2021). “*EL SECTOR OVINO Y CAPRINO DE LECHE EN CIFRAS: Principales Indicadores Económicos*”, *Subdirección General de Producciones Ganaderas y Cinegéticas, Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios*. [Consulta: 15-03-2022] Recuperado de: [https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/estadisticas/indicadoreseconomicosdelsectorovinoycaprinodeleche2021\\_tcm30-553590.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/estadisticas/indicadoreseconomicosdelsectorovinoycaprinodeleche2021_tcm30-553590.pdf).
- Matsumoto *et al.* (2020). Research on horizontal system model for food factories: A case study of process cheese manufacturer. *International Journal of Production Economics*, vol. 226. 107616 [Consulta: 05-04-2022]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107616>.
- Mchauser, L. *et al.* (2020). Model-Factory-In-A-Box: A portable solution that brings the complexity of a real factory and all the benefits of experiential-learning environments directly to learners in industry. *Procedia Manufacturing*, vol. 45, pp. 246-252. [Consulta: 12-02-2022] DOI: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.102>.
- Mengistu, A.T. y Panizzolo, R. (2022). Analysis of indicators used for measuring industrial sustainability: a systematic review. *Environ Dev Sustain*. [Consulta: 18-06-2022]. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-021-02053-0>.
- Mezquita, J. (2021). *Instalación eléctrica de una industria destinada a la fabricación de materiales cerámicos* [Trabajo de Fin de Grado]. Universidad de Valladolid. [Consulta: 02-07-2022] <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/52161>.
- MFOM. Ministerio de Fomento (2015) “*Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía, Cálculo de parámetros característicos de la*

- envolvente*". [Consulta: 17-04-2022]. Recuperado de: [https://www.cgate.es/hit/Hit2015-1/DA-DB-HE-1-Calculo\\_de\\_parametros\\_caracteristicos.pdf](https://www.cgate.es/hit/Hit2015-1/DA-DB-HE-1-Calculo_de_parametros_caracteristicos.pdf).
- Mínguez, R. (2017). *Proyecto de una fábrica de quesos de tipo castellano en el polígono industrial de Villamuriel de Cerrato (Palencia)*. [Trabajo de Fin de Grado]. Universidad de Valladolid. [Consulta: 28-01-2022] <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/26590>.
- MITMA. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2022) "*Documento básico HS Salubridad*". Madrid, 2022.
- Miranda, A.L. (2008). *Técnicas de climatización*. (3 ed.). Marcombo. [Consulta: 05-07-2022]. Recuperado de: [https://almena.uva.es/permalink/34BUC\\_UVA/12tq2h1/alma991003435239705774](https://almena.uva.es/permalink/34BUC_UVA/12tq2h1/alma991003435239705774).
- Mondello, G. *et al.* (2018). Environmental hot-spots and improvement scenarios for Tuscan "Pecorino" cheese using life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, vol. 195, pp. 810-820. [Consulta: 20-06-2022]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.078>.
- Nogaruela, S. y Luna, P. (1995). "*NTP 323: Determinación del metabolismo energético*". [Consulta: 17-04-2022]. Recuperado de: [https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp\\_323.pdf/04f2e840-4569-421a-acf4-37a9bf0b8804?version=2.0&t=1638266997558](https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_323.pdf/04f2e840-4569-421a-acf4-37a9bf0b8804?version=2.0&t=1638266997558).
- Ozturk, M. y Kilic-Alkyimaz, M. (2022). *Chapter 8: Manufacture of processed cheese*. En: *Processed Cheese Science and Technology*. Woodhead Publishing.
- Pinazo, J.M. (2010). "*Guía técnica de condiciones climáticas exteriores de proyecto*". [Consulta: 23-06-2022]. Recuperado de: [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).
- Pinazo, J.M. *et al.* (2011). *DTIE 7.05: cálculo de cargas térmicas / José Manuel Pinazo Ojer, Víctor Soto Francés, Arcadio García Lastra*. ATECYR. [https://almena.uva.es/permalink/34BUC\\_UVA/12tq2h1/alma991003886639705774](https://almena.uva.es/permalink/34BUC_UVA/12tq2h1/alma991003886639705774).
- Prada, T. (2021). *Container 2.30: Obtención de certificados Passivhaus, Breeam y Well en arquitectura de contenedores marítimos*. [Trabajo de Fin de Grado]. Universidad Politécnica de Madrid. [Consulta: 29-04-2022]. <https://oa.upm.es/68303/>.
- Rad, S.J., y Lewis, M.J. (2014). Water utilisation, energy utilisation and waste water management in the dairy industry: a review. *International Journal of Dairy Technology*, pp. 1-20. [Consulta: 20-06-2022]. DOI: <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12096>.
- Santos Jr, H. *et al.* (2017). Life cycle assessment of cheese production process in a small-sized dairy industry in Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, vol 24, pp. 3470-3482. [Consulta: 21-06-2022]. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8084-0>.
- Slack, N. *et al.* (2009). *Administração da Produção*. Atlas.
- Stehlik, P. (2008). *Chapter 3: Towards a complex approach to waste treatment in food processing*. En: *Handbook of Water and Energy Management in Food Processing*. Woodhead Publishing.



- SüBe *et al.* (2022). Framework for increasing sustainability of factory systems by generative layout design. *Procedia CIRP*, vol. 105. pp. 345-350. [Consulta: 04-04-2022]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.02.057>.
- Tarighaleslami, A. *et al.* (2020). Environmental life cycle assessment for a cheese production plant towards sustainable energy transition: Natural gas to biomass vs. natural gas to geothermal. *Journal of Cleaner Production*, vol. 275, pp. 1-2. [Consulta: 21-06-2022]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122999>.
- Tassinari, R. (1995). *L'analyse fonctionnelle*. AFNOR.
- Vagnoni, E. *et al.* (2017). Environmental profile of Sardinian sheep milk cheese supply chain: A comparison between two contrasting dairy systems. *Elsevier. Journal of cleaner production*, vol 165, pp. 1078-1089. [Consulta: 02-01-2022]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.115>.
- Vallinas, A. (2017). *Proyecto de quesería artesanal para la elaboración de queso fresco y queso tierno de oveja con y sin lactosa en Valderas (León)*. [Trabajo de fin de grado], Universidad de Valladolid. [Consulta: 22-02-2022] <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/26601>.
- Vásquez, R. (2020). *Diseño y dimensionamiento de una industria de elaboración de queso fresco batido de oveja con capacidad de procesado de 15000/día en Zamora, Castilla y León*. Universidad Politécnica de Madrid. [Consulta: 22-02-2022] [oai: oa.upm.es:65789](http://oa.upm.es/65789).
- Vithanage, N.R. *et al.* (2017). Microbiological quality of raw milk attributable to prolonged refrigeration conditions. *Journal of Dairy Research*, vol. 84, pp. 92-101. [Consulta: 22-02-2022]. DOI: <https://doi.org/10.1017/s0022029916000728>.
- Wiendah, H. y Reichardt, J. (2015). *Handbook Factory planning and design*. Springer publishing.
- Yanes, J.E. y de la Fuente, L.F. (2011). *Situación de tres razas autóctonas españolas de la especie ovina en Castilla y León*. *Archivos de Zootecnia*, 60 (231), pp. 353-356. [Consulta: 08-12-2021]. DOI: <https://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922011000300009>.

