



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS

GRADO EN TECNOLOGÍA DE INDUSTRIAS AGRARIAS Y ALIMENTARIAS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

***DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN DE YOGUR FIRME ENRIQUECIDO CON
PROBIÓTICOS A PARTIR DE 20.000 L/DÍA DE LECHE
DESNATADA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE HUETE
(CUENCA)***

TRABAJO FIN DE GRADO

Autor/a: Juan Pedro González De Toro

Tutor/a: Wendu Tesfaye Yimer

Septiembre de 2025



DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE YOGUR FIRME
ENRIQUECIDO CON PROBIÓTICOS A PARTIR DE 20.000 L/DÍA DE LECHE DESNATADA EN EL
TÉRMINO MUNICIPAL DE HUETE (CUENCA)



Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente.

AGRADECIMIENTOS

No soy muy partidario de escribir agradecimientos en un Trabajo de Fin de Grado, ya que no tiene la envergadura ni el peso académico de una tesis doctoral. Sin embargo, dada la larga travesía que ha supuesto llegar hasta aquí, qué menos que dedicar unas palabras reflexivas a quienes han estado presentes a lo largo del camino.

Quisiera agradecer, en primer lugar, a mi tutor, el profesor D. Wendu Tesfaye Yimer, por su infinita paciencia, comprensión y apoyo durante todo este proceso, que ha llevado más tiempo del habitual, pero que también me ha enseñado más de lo que imaginaba. Su acompañamiento ha sido fundamental para que este trabajo llegara a buen puerto.

A la profesora D^a. Eva Cristina Correa Hernando, por hacerme el enorme favor de revisar algunos de los puntos del presente trabajo sin ser tutora ni cotutora del mismo.

También quiero dar las gracias a todos aquellos profesores que, además de explicar con claridad y rigor, han demostrado una calidad humana excepcional. Su cercanía, empatía y vocación han marcado una diferencia real en mi experiencia universitaria. Especialmente, no me puedo olvidar de mencionar en este caso a los profesores D. Juan Mingot Marcilla, D^a. Lourdes García Torres, D^a. Lourdes Lleó García, D^a. Beatriz Recio Aguado, D^a. Sonia Benito Hernández, D. Juan Manuel Pastor, D. Javier Ricardo Galeano Prieto, D. Javier Díaz Bayo, D^a. María Isabel Mathioux Díaz, D^a. Iris Loira Calvar y D^a. Eva Miedes Vicente.

A mi familia, por supuesto, gracias por vuestro apoyo constante, por estar ahí en todo momento —sin condiciones y con una paciencia aún mayor que la mía—. Papá, Mamá, Teresa, Tata, titos, primos y a los abuelos y demás familia que ya están en el Cielo y que me cuidan y me protegen. Este trabajo también es vuestro.

A mis amigos, tanto los que han compartido conmigo los años de carrera como los de fuera de ella, gracias por los ánimos, las risas, las distracciones necesarias y, sobre todo, por recordarme (a veces sin saberlo) que acabar este TFG era posible.

Y no quiero dejar de mencionar al personal de la biblioteca, de la cafetería y al resto del personal de administración y servicios. Su trabajo, siempre presente aunque a menudo discreto, ha hecho que el día a día en la universidad fuera más llevadero, amable y humano.

Por último, gracias también a quien lea este documento, por el interés mostrado. Espero sinceramente que este trabajo pueda resultarle útil de algún modo.

RESUMEN

Este Trabajo Fin de Grado tiene como objetivo el diseño y dimensionamiento de una línea de producción de yogur firme enriquecido con probióticos, a partir de 20.000 litros diarios de leche desnatada, ubicada en el término municipal de Huete (Cuenca). El estudio abarca un análisis integral del sector lácteo a nivel mundial, europeo y nacional, así como una revisión de los alimentos funcionales y los probióticos, contextualizando el producto dentro de las tendencias actuales de consumo saludable. Se caracteriza la materia prima y los ingredientes auxiliares, incluidos los cultivos iniciadores (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) y los microorganismos probióticos añadidos (*Bifidobacterium lactis* y *Lactobacillus acidophilus*).

Se detalla el proceso productivo, desde la recepción de la leche hasta el almacenamiento del producto final, incluyendo el cálculo de necesidades de materias primas y el estudio de la maquinaria necesaria. La distribución en planta se diseña aplicando la metodología SLP (Systematic Layout Planning) para optimizar los flujos de trabajo. Además, se incorpora un sistema de gestión de la calidad y seguridad alimentaria basado en un plan APPCC (Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico). Se realiza también un análisis de las necesidades energéticas de refrigeración para el almacenamiento del yogur antes de su distribución. Finalmente, el estudio concluye con un análisis económico-financiero que demuestra la viabilidad del proyecto.

Palabras clave: yogur firme, probióticos, línea de producción, sector lácteo, SLP, APPCC, seguridad alimentaria, dimensionamiento, viabilidad económica.

ABSTRACT

This Final Degree Project aims to design and size a production line for firm yogurt enriched with probiotics, based on a daily input of 20,000 liters of skimmed milk, to be located in the municipality of Huete (Cuenca, Spain). The work includes a comprehensive analysis of the dairy sector at global, European, and national levels, as well as a review of functional foods and probiotics to contextualize the product within current trends toward healthy consumption. The raw materials and auxiliary ingredients are characterized, including starter cultures (*Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) and added probiotic strains (*Bifidobacterium lactis* and *Lactobacillus acidophilus*).

The production process is described in detail, from milk reception to final product storage, including calculations for raw material requirements and the necessary equipment. The plant layout is designed using the SLP (Systematic Layout Planning) methodology to optimize workflow. A quality and food safety management system is implemented, based on a HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) plan. The project also includes an assessment of refrigeration energy needs for storing the finished yogurt prior to distribution. Finally, an economic and financial evaluation confirms the overall viability of the project.

Keywords: firm yogurt, probiotics, production line, dairy sector, SLP, HACCP, food safety, sizing, economic viability.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	29
2. LOCALIZACIÓN	30
2.1. Factores de localización de la fábrica.....	32
3. LEGISLACIÓN.....	33
3.1. Lo que concierne al proceso de fabricación y manufactura	33
3.2. Lo que concierne al control de la calidad y seguridad alimentaria	34
3.3. Lo que concierne al almacenamiento en cámaras frigoríficas	34
4. SITUACIÓN DEL SECTOR LÁCTEO.....	35
4.1. Sector lácteo mundial	35
4.1.1. Producción de leche en el mundo	35
4.1.2. Situación del mercado	37
4.1.3. Consumo de leche líquida de vaca en el mundo	38
4.1.4. Consumo de productos lácteos en el mundo.....	39
4.1.5. Exportación de productos lácteos a nivel mundial	40
4.1.6. Importación de productos lácteos a nivel mundial	43
4.1.7. Principales empresas de productos lácteos a nivel mundial	44
4.1.8. Precio a nivel mundial	45
4.2. Sector lácteo europeo	47
4.2.1. Producción de leche en Europa.....	47
4.2.2. Situación del mercado a nivel europeo	48
4.2.3. Producción de leche y productos lácteos a nivel europeo.....	48
4.2.4. Producción de yogur en Europa.....	49
4.2.5. Precio a nivel europeo.....	50
4.3. Sector lácteo español	52
4.3.1. Producción de leche en España.....	52
4.3.2. Evolución de la producción de leche de vaca de 2011 a 2021.....	53
4.3.3. Producción de leche de vaca por comunidad autónoma	54
4.3.4. Consumo de leche en España.....	55
4.3.4.1. Evaluación anual de la leche líquida.....	55
4.3.4.2. Consumo y gasto de los diferentes tipos de leche.....	55
4.3.5. Consumo de productos lácteos.....	56
4.3.6. Consumo per cápita por comunidad autónoma de productos lácteos	57
4.3.7. Empresas españolas en el sector lácteo.....	58

4.3.8. Preferencias del consumidor	58
4.3.9. Importación y exportación de leche y productos lácteos	59
4.3.10. Precios a nivel nacional	61
4.3.11. Tendencias en los yogures y preferencias en la actualidad.....	62
5. PRESENTACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO	65
5.1. Historia del yogur	65
5.1.1. Orígenes del yogur en España y en Europa	66
5.2. Leches fermentadas	67
5.2.1. Definición	67
5.2.2. Tipos de leches fermentadas	69
5.3. Definición de yogur.....	72
5.4. Tipología de los yogures	72
5.5. Factores esenciales de composición y calidad.....	73
5.6. Composición nutricional del yogur	74
5.7. Alimentos funcionales. Probióticos.....	79
5.7.1. Definición de alimento funcional.....	81
5.7.2. Características de los alimentos funcionales.....	82
5.7.3. Origen de la “revolución” de los alimentos funcionales.....	82
5.7.4. Probióticos. Definición y características.....	83
5.7.5. Características de las bacterias probióticas.....	84
5.7.6. Principales efectos saludables de los probióticos	85
5.7.7. Beneficios asociados al consumo de yogur	86
6. CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS AUXILIARES	89
6.1. Materias primas esenciales	89
6.1.1. Leche.....	89
6.1.1.1. Propiedades físico-químicas de la leche	90
6.1.1.2. Estructura de la leche	90
6.1.1.3. Composición química de la leche	91
6.1.2. Microorganismos del yogur	101
6.1.2.1. Características del <i>Streptococcus thermophilus</i>	102
6.1.2.2. Características del <i>Lactobacillus delbrüeckii bulgaricus</i>	103
6.1.2.3. Características del <i>Lactobacillus acidophilus</i>	104
6.1.2.4. Características del <i>Bifidobacterium lactis</i>	104

6.1.2.5.	Relación simbiótica entre <i>Streptococcus thermophilus</i> y <i>Lactobacillus delbrückii bulgaricus</i>	105
6.1.2.6.	Curva de crecimiento microbiano	106
6.1.2.7.	Cultivos	107
6.2.	Materias primas facultativas.....	110
6.2.1.	Aditivos alimentarios	110
6.3.	Materiales auxiliares.....	120
6.3.1.	Palés de tipo europeo	120
6.3.2.	Tarrinas	120
6.3.3.	Cajas.....	121
6.3.4.	Etiquetas.....	121
6.3.5.	Tapas de yogur	121
6.3.6.	Cartones para envasado y almacenamiento	121
7.	PROCESO PRODUCTIVO	122
7.1.	Plan productivo.....	122
7.2.	Programa productivo	122
7.3.	Diagrama de flujo básico del proceso	124
7.4.	Descripción del proceso productivo	124
7.4.1.	Recepción de la leche.....	124
7.4.2.	Operaciones previas	132
7.4.3.	Proceso de elaboración de yogur	136
7.5.	Balance de materias primas	150
7.5.1.	Cálculo de leche cruda	150
7.5.2.	Cálculo de producción de nata semanal.....	151
7.5.3.	Resumen de la materia prima necesaria.....	152
7.5.3.1.	Cantidad de leche en polvo	152
7.5.3.2.	Cantidad de aroma de vainilla.....	152
7.5.3.3.	Cantidad de fermentos lácticos	153
7.5.3.4.	Cantidad de colorantes	153
7.5.3.5.	Cantidad de edulcorante	154
7.5.4.	Resumen de las necesidades diarias de la industria	154
7.6.	Balance de productos auxiliares	155
7.6.1.	Cálculo del número de tarrinas y packs	155
7.6.2.	Cálculo de cajas	156
7.6.3.	Cálculo de palés	157

7.6.4. Cálculo de las dimensiones de las estanterías.....	159
7.6.5. Cálculo de estanterías para el almacenamiento de palés con el producto terminado	161
7.7. Necesidades de personal.....	161
8. MAQUINARIA	166
8.1. Rendimiento exigido	166
8.1.1. Rendimiento de la recepción.....	166
8.1.2. Rendimiento de la maquinaria de las operaciones preliminares	166
8.1.3. Rendimiento de la maquinaria para el desnatado y estandarización.....	166
8.1.4. Rendimiento de la maquinaria para el mezclador de corte alto	167
8.1.5. Rendimiento de la maquinaria para la homogeneización	167
8.1.6. Rendimiento de la maquinaria para la pasteurización	167
8.1.7. Rendimiento de la maquinaria para el enfriamiento a 43°C	168
8.1.8. Rendimiento de la maquinaria para envasado	168
8.1.9. Rendimiento de la maquinaria para la encajadora	168
8.1.10. Rendimiento de la maquinaria para el paletizador.....	169
8.1.11. Rendimiento de la máquina para la enfardadora.....	169
8.1.12. Rendimiento de la incubación.....	169
8.2. Maquinaria de las operaciones preliminares	170
8.2.1. Camión cisterna	170
8.2.2. Bomba centrífuga.....	170
8.2.3. Depósito desaireador.....	171
8.2.4. Filtro de malla.....	171
8.2.5. Caudalímetro.....	172
8.2.6. Bomba centrífuga.....	172
8.2.7. Termización. Intercambiador de placas	173
8.2.8. Bomba centrífuga.....	174
8.2.9. Centrífuga clarificadora	174
8.2.10. Intercambiador de placas	175
8.2.11. Bomba centrífuga.....	175
8.2.12. Tanque de almacenamiento.....	176
8.3. Maquinaria de las operaciones específicas del proceso productivo	177
8.3.1. Bomba centrífuga.....	177
8.3.2. Termización. Intercambiador de placas	178
8.3.3. Bomba centrífuga.....	178

8.3.4. Desnatadora.....	179
8.3.5. Estandarizadora.....	180
8.3.6. Intercambiador de placas para enfriar la nata	180
8.3.7. Bomba lobular.....	181
8.3.8. Depósito de nata.....	182
8.3.9. Bomba lobular.....	182
8.3.10. Mezclador de corte alto.....	183
8.3.11. Bomba lobular.....	183
8.3.12. Depósito desaireador.....	184
8.3.13. Bomba centrífuga.....	185
8.3.14. Homogeneizador	185
8.3.15. Bomba lobular.....	186
8.3.16. Pasteurizador.....	187
8.3.17. Bomba centrífuga.....	187
8.3.18. Intercambiador de placas (enfriador)	188
8.3.19. Bomba lobular.....	189
8.3.20. Tanque de cultivo bacteriológico.....	189
8.3.21. Depósito de aromas	190
8.3.22. Bomba dosificadora	191
8.3.23. Tanque de mezcla	191
8.3.24. Bomba lobular.....	192
8.4. Maquinaria de las operaciones específicas del proceso de envasado.....	193
8.4.1. Envasadora.....	193
8.4.2. Transportador de rodillos	193
8.4.3. Encajadora.....	194
8.4.4. Paletizadora.....	195
8.4.5. Transportador de palés a ras de suelo	196
8.4.6. Enfardadora.....	196
8.5. Maquinaria de las operaciones específicas del proceso de limpieza	197
8.5.1. Equipo CIP.....	197
8.6. Resumen de la maquinaria.....	198
9. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	202
9.1. Objetivos de la distribución en planta	202
9.2. Principios básicos de la distribución en planta.....	203

9.3. Tipos de distribución en planta.....	204
9.4. Método SLP.....	205
9.4.1. Análisis Producto-Cantidad	208
9.4.2. Análisis del recorrido de los productos (Flujo de producción y/o materiales).....	209
9.4.3. Identificación de las áreas funcionales	211
9.4.4. Desarrollo del diagrama de las relaciones entre actividades	214
9.4.5. Análisis de necesidades y disponibilidad de espacio.....	216
9.4.5.1. Superficie necesaria para cada área.....	218
9.4.5.2. Resumen de zonas y superficie asociada	230
9.4.6. Desarrollo del diagrama relacional de espacios.....	231
9.4.7. Distribución final	231
10. GESTIÓN DE LA CALIDAD Y SEGURIDAD ALIMENTARIA. SISTEMA APPCC.....	234
10.1. Certificación de calidad	234
10.2. Control de calidad	236
10.3. Prerrequisitos al plan APPCC	237
10.3.1. Plan de control del agua.....	238
10.3.2. Plan de limpieza y desinfección.....	240
10.3.3. Plan de formación y control de manipuladores.....	245
10.3.4. Plan de mantenimiento.....	246
10.3.5. Plan de desinsectación y desratización	249
10.3.6. Plan de control de proveedores	252
10.3.7. Plan de control de trazabilidad.....	255
10.3.8. Plan de control de desperdicios.....	258
10.3.9. Plan de transporte.....	259
10.4. Sistema APPCC	260
10.4.1. Ventajas y limitaciones del sistema APPCC	261
10.4.2. Principios generales del sistema APPCC.....	261
10.4.3. Directrices generales de aplicación del sistema APPCC	264
10.4.4. Plan APPCC.....	266
11. INGENIERÍA DEL FRÍO	275
11.1. Elementos constructivos	275
11.1.1. Aislante térmico	275
11.1.1.1. Tipos de aislamiento	276

11.1.2. Puertas.....	280
11.1.3. Carretillas retráctiles	283
11.1.4. Estanterías	284
11.2. Dimensionamiento de la cámara frigorífica.....	285
11.2.1. Cálculo de las dimensiones de la cámara.....	286
11.2.2. Características del alimento	287
11.2.3. Determinación del flujo de calor.....	287
11.2.4. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor	288
11.2.5. Cálculo de la variación de temperatura.....	290
11.2.6. Cálculo del espesor	291
11.2.6.1. Techo.....	291
11.2.6.2. Paredes exteriores.....	292
11.2.6.3. Paredes interiores	292
11.2.6.4. Suelo.....	294
11.3. Cálculo de las cargas térmicas	294
11.3.1. Condiciones de partida.....	295
11.3.2. Ganancia de calor por transmisión.....	295
11.3.3. Carga de infiltración de aire exterior	296
11.3.4. Carga debida al producto en cámara de servicio positivo.....	299
11.3.5. Carga de respiración del producto	300
11.3.6. Carga de fuentes internas	301
11.3.7. Necesidades energéticas totales	303
11.4. Equipo frigorífico seleccionado	303
11.4.1. Evaporador.....	303
11.4.2. Condensador	305
12. PRESUPUESTO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA	307
12.1. Criterios de análisis.....	307
12.2. Vida útil de la industria.....	308
12.3. Inversión	308
12.3.1. Presupuesto de ejecución material (PEM)	309
12.3.1.1. Presupuesto de remodelación de la industria	309
12.3.1.2. Presupuesto de la instalación de frío, equipos e inmobiliario.....	309
12.3.2. Resumen final de la inversión.....	312
12.4. Reconocimiento, medición y asignación de pagos	313

12.4.1. Pagos ordinarios.....	313
12.4.1.1. Mano de obra.....	313
12.4.1.2. Materias primas	314
12.4.1.3. Materias primas auxiliares	315
12.4.1.4. Consumo energético.....	315
12.4.1.5. Consumo de agua	318
12.4.1.6. Seguros.....	319
12.4.1.7. Conservación y mantenimiento.....	319
12.4.1.8. Distribución.....	320
12.4.1.9. Otros pagos ordinarios	321
12.4.1.10. Impuestos	321
12.4.1.11. Resumen de los pagos ordinarios.....	321
12.4.2. Pagos extraordinarios.....	322
12.4.2.1. Inversión inicial.....	322
12.4.2.2. Renovación de la maquinaria	322
12.5. Reconocimiento, medición y asignación de cobros	322
12.5.1. Cobros ordinarios.....	322
12.5.1.1. Cobros ordinarios del yogur.....	323
12.5.1.2. Cobros ordinarios de la nata.....	323
12.5.1.3. Cobros ordinarios totales.....	324
12.5.2. Cobros extraordinarios.....	324
12.5.2.1. Valor de desecho de la maquinaria	324
12.5.2.2. Valor residual de la remodelación de la fábrica.....	325
12.6. Evaluación financiera.....	325
12.6.1. Premisas de evaluación	327
12.6.2. Evaluación financiera propia	327
12.6.3. Evaluación con financiación ajena.....	329
12.6.4. Conclusión	332
13. BIBLIOGRAFÍA	333
13.1. Recursos web	333
13.2. Artículos y documentos académicos/científicos	345
13.3. Libros y apuntes	347
13.4. Trabajos fin de grado/Proyectos fin de carrera	349

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista en satélite del municipio de Huete (Cuenca). (Google Maps, 2024).	30
Figura 2. Vista en satélite de la fábrica de Lacto Ganadera Río Mayor S.L. (Google Maps, 2024).	31
Figura 3. Vista a pie de carretera de la fábrica Lacto Ganadera Río Mayor S.L. (Google Maps, 2024).	31
Figura 4: Ranking de los principales países productores de leche de vaca en el mundo en 2022 (en millones de toneladas métricas). (Statista, 2023).	36
Figura 5. Valor estimado del mercado de productos lácteos en todo el mundo entre 2019 y 2026 (en miles de millones de dólares). (Statista, 2023).	37
Figura 6: Ranking de los países que más leche líquida de vaca consumieron en el mundo en 2022 (en miles de toneladas). (Statista, 2023).	38
Figura 7: Consumo de productos lácteos y huevos a nivel mundial (en miles de millones de kilogramos). (Statista, 2023).	39
Figura 8: Volumen de productos lácteos consumidos por persona a nivel mundial en 2022, por tipo (en kilogramos). (Moreno Rua, 2024).	40
Figura 9: Volumen de exportación de productos lácteos a nivel mundial en 2022, por región (en 1.000 toneladas métricas). (Statista, 2024).	41
Figura 10: Ranking de los principales exportadores de productos lácteos en función del volumen de las exportaciones a nivel mundial en 2021 (en miles de toneladas métricas). (Statista, 2023).	41
Figura 11: Principales exportadores de leche a nivel mundial en 2022 (en miles de millones de dólares estadounidenses). (Statista, 2024).	42
Figura 12: Ranking de los principales importadores de productos lácteos en función del volumen de las importaciones a nivel mundial en 2021 (en miles de toneladas métricas). (Statista, 2023).	43
Figura 13: Principales importadores de productos lácteos a nivel mundial en 2021 (en miles de millones de dólares estadounidenses). (Statista, 2023).	44
Figura 14: Ventas de los principales productos lácteos a nivel mundial en 2019/2020 (en miles de millones de dólares estadounidenses). (Statista, 2023).	44
Figura 15. Evolución del precio de la leche de vaca a nivel mundial entre enero de 2022 y 2023 (ajustado a sólidos 7,3%). (Silacinlac, 2023).	46
Figura 16: Producción de leche de vaca en Europa. (Moreno Rua, 2024).	47

Figura 17: Volumen de producción de productos lácteos en la Unión Europea (UE-28) en 2022 (en millones de toneladas métricas). (Moreno Rua, 2024).....	49
Figura 18: Cuota de producción de yogur en Europa en 2022 (miles de toneladas). (Statista, 2023).....	50
Figura 19. Comparación de precios en la UE entre el mes de septiembre de 2021 y 2022. (MAPA, 2023).	51
Figura 20. Comparación de producción de la UE entre 2022 y 2021 en los meses de enero-abril. (Rumiantes, 2022).	52
Figura 21: Volumen de producción de leche de vaca en España de 2011 a 2021 (en miles de toneladas métricas). (Statista, 2022).	54
Figura 22: Evolución anual de leche líquida en España desde 2008 a 2021. (MAPA, 2022).55	
Figura 23: Volumen de derivados lácteos consumidos por los hogares españoles en 2021, por producto (en 1.000 kilogramos). (Statista, 2022).	57
Figura 24: Gasto per cápita en derivados lácteos en España en 2021, por producto (en euros). (Statista, 2022).	57
Figura 25: Consumo per cápita por comunidad autónoma de productos lácteos. (MAPA, 2022).	58
Figura 26: Valor de las ventas de las principales empresas españolas del sector del yogur en 2021 (en toneladas). (Statista, 2022).	58
Figura 27: Volumen de yogur con y sin aditivos consumido en los hogares españoles de 2010 a 2021 (en 1.000 kilogramos). (Statista, 2022).....	59
Figura 28: Volumen de yogur consumido por los hogares españoles en 2021, por tipo (en 1.000 kilogramos). (Statista, 2022).	59
Figura 29: Volumen anual de leche y productos lácteos exportados en España en 2021, por tipo de producto (en miles de toneladas). (Statista, 2022).	61
Figura 30: Volumen anual de leche y productos lácteos importados en España en 2021, por tipo de producto (en miles de toneladas). (Moreno Rua, 2024).	61
Figura 31. Comparación de precios de la leche de vaca entre Estados Unidos, España y Nueva Zelanda. (Silacinlac, 2022).	62
Figura 32: Tendencias de los yogures. (Innova database, 2020).	63
Figura 33: Sabores preferidos en yogures por los consumidores. (Innova database, 2020).	64
Figura 34. Estructura de la leche. (Moreno Rua, 2024).	90

Figura 35. Emulsión aceite en agua. (Madrid Vicente, 1996).	93
Figura 36. Composición y estructura de un glóbulo graso. (Madrid Vicente, 1996).	94
Figura 37. Estructura de las caseínas. (Jurado García-Posada, 2019).	96
Figura 38. Estructura de una micela. (Madrid Vicente, 1996).	96
Figura 39. Modelo submicelar de la micela de caseína. (Madrid Vicente, 1996).	97
Figura 40. Desnaturalización de la proteína del lactosuero. (Madrid Vicente, 1996).	99
Figura 41. <i>Streptococcus thermophilus</i> . (Moreno Rua, 2024).....	102
Figura 42. <i>Lactobacillus delbrückii bulgaricus</i> . (Moreno Rua, 2024).	103
Figura 43. <i>Lactobacillus acidophilus</i> . (Pixels, 2016).....	104
Figura 44. <i>Bifidobacterium lactis</i> . (Supplements global).....	105
Figura 45. Simbiosis en el yogur. (Walstra, 2001).	106
Figura 46. Curva de crecimiento microbiano. (Moreno Rua, 2024).	107
Figura 47. Pasos en la elaboración de fermentos. (Madrid Vicente, 1996).	110
Figura 48. Colorante natural caroteno y riboflavina. (Moreno Rua, 2024).....	114
Figura 49. Palé europeo con sus medidas. (Solenutro).....	120
Figura 50. Formato del tipo de envase. (Alcampo).	121
Figura 51. Caja de cartón. (Kartox).	121
Figura 52. Diagrama de flujo básico del proceso de elaboración del yogur firme. (Elaboración propia).	124
Figura 53. Recogida de la leche en fábrica. (Madrid Vicente, 1996).	125
Figura 54. pH-metro. (Junta de Andalucía, 2015).	127
Figura 55. Test para la detección de antibióticos. (Junta de Andalucía, 2015).....	128
Figura 56. Leche inestable (izquierda) y estable (derecha). (Junta de Andalucía, 2015).	129
Figura 57. Método Gerber. (Moreno Rua, 2024).....	132
Figura 58. Esquema de operaciones previas. (Madrid Vicente, 1996).	133
Figura 59. Bactofugadora de una fase. (Madrid Vicente, 1996).....	134
Figura 60. Tanque isoterma. (Madrid Vicente, 1996).....	135
Figura 61. Esquema general del proceso de elaboración de yogur. (Madrid Vicente, 1996).	136

Figura 62. Centrífuga desnatadora. (Madrid Vicente, 1996).	137
Figura 63. Líneas de flujo en la estandarización de grasa. (Madrid Vicente, 1996).	138
Figura 64. Homogeneizador. (Madrid Vicente, 1996).	141
Figura 65. Intercambiador de calor de placas. (Madrid Vicente, 1996).	143
Figura 66. Intercambiador tubular. (Madrid Vicente, 1996).	144
Figura 67. Intercambiador de calor de superficie rascada. (Madrid Vicente, 1996).	144
Figura 68. Sobre de cultivos liofilizados. (Insumilk).	145
Figura 69. Logística del producto acabado. (Moreno Rua, 2024).	148
Figura 70. Balance de materias primas. (Elaboración propia).	150
Figura 71. Formato del tipo de envase. (Alcampo).	155
Figura 72. Caja de cartón. (Kartox).	156
Figura 73. Distribución de los yogures en cajas. (Moreno Rua, 2024).	157
Figura 74. Palé europeo: medidas y características. (Mecalux).	157
Figura 75. Distribución de cajas en palés. (Moreno Rua, 2024).	158
Figura 76. Altura de logística. (Moreno Rua, 2024).	158
Figura 77. Dimensiones de estantería. (Mecalux).	159
Figura 78. Características del larguero. (Mecalux).	160
Figura 79. Manipulación del palé. (Mecalux).	160
Figura 80. Dimensiones del bastidor. (Mecalux).	161
Figura 81. Diagrama de flujo tecnológico del yogur natural firme. (Elaboración propia).	164
Figura 82. Diagrama de flujo tecnológico del yogur de vainilla firme. (Elaboración propia).	165
Figura 83. Camión cisterna. (CSCTRUCK).	170
Figura 84. Bomba centrífuga. (Verderliquids).	170
Figura 85. Depósito desaireador. (KRONEX).	171
Figura 86. Filtro de malla. (INOXPA).	172
Figura 87. Caudalímetro. (CONTATEC).	172
Figura 88. Bomba centrífuga. (Verderliquids).	172

Figura 89. Intercambiador de placas. (Tetra Pak).....	173
Figura 90. Bomba centrífuga. (Verderliquids).....	174
Figura 91. Centrífuga clarificadora. (Tetra Pak).....	174
Figura 92. Intercambiador de placas. (Tetra Pak).....	175
Figura 93. Bomba centrífuga. (Verderliquids).....	176
Figura 94. Tanque de almacenamiento. (JIMEI).	177
Figura 95. Bomba centrífuga. (Verderliquids).....	177
Figura 96. Intercambiador de placas. (Tetra Pak).....	178
Figura 97. Bomba centrífuga. (Verderliquids).....	179
Figura 98. Desnatadora. (GRUPOPHI).	179
Figura 99. Estandarizadora. (Tetra Pak).	180
Figura 100. Intercambiador de placas. (Tetra Pak).....	181
Figura 101. Bomba lobular. (Verderliquids).....	181
Figura 102. Depósito de nata. (Milkplan).	182
Figura 103. Bomba lobular. (Verderliquids).....	182
Figura 104. Mezclador de corte alto. (Tetra Pak).....	183
Figura 105. Bomba lobular. (Verderliquids).....	184
Figura 106. Depósito desaireador. (KRONEX).....	184
Figura 107. Bomba centrífuga. (Verderliquids).....	185
Figura 108. Homogeneizador. (Tetra Pak).....	186
Figura 109. Bomba lobular. (Verderliquids).....	186
Figura 110. Pasteurizador. (Tetra Pak).	187
Figura 111. Bomba centrífuga. (Verderliquids).....	188
Figura 112. Intercambiador de placas. (Tetra Pak).....	188
Figura 113. Bomba lobular. (Verderliquids).....	189
Figura 114. Tanque de cultivo bacteriológico. (JIMEI).....	190
Figura 115. Depósito de aromas. (Schafer).	190
Figura 116. Bomba dosificadora. (DOSTEC).	191
Figura 117. Tanque de mezcla. (JIMEI).	192

Figura 118. Bomba lobular. (Verderliquids).....	192
Figura 119. Envasadora. (JIMEI).	193
Figura 120. Transportador de rodillos (CODIMAR).....	194
Figura 121. Encajadora (ZENIT).....	194
Figura 122. Paletizadora. (CERMEX).....	195
Figura 123. Transportador de palés a ras de suelo. (Mecalux).	196
Figura 124. Enfardadora. (EF-PACK).	197
Figura 125. Equipo CIP. (Tetra Pak).....	197
Figura 126. Diagrama de flujo de ingeniería del yogur natural firme. (Elaboración propia).	200
Figura 127. Diagrama de flujo de ingeniería del yogur de vainilla firme. (Elaboración propia).....	201
Figura 128. Esquema general del método SLP. (Elaboración propia).	205
Figura 129. Análisis Producto-Cantidad de las tarrinas de yogures. (Elaboración propia).	208
Figura 130. Análisis Producto-Cantidad de las materias primas. (Elaboración propia).	208
Figura 131. Diagrama del proceso productivo utilizando simbología ASME. (Elaboración propia).....	210
Figura 132. Diagrama relacional de actividades. (Elaboración propia).	216
Figura 133. Norma de espacio para la maquinaria de Richard Muther.	217
Figura 134. Maniobra de aparcamiento del camión. (Neufert, 1964).	218
Figura 135. Dimensiones del laboratorio. (Elaboración propia adaptado de Moreno Rua, 2024).....	219
Figura 136. Dimensiones de la cámara de incubación. (Elaboración propia).	221
Figura 137. Dimensiones de la cámara de almacenamiento del producto final. (Elaboración propia).	222
Figura 138. Camión refrigerado. (Volvo).	223
Figura 139. Dimensiones del área de oficinas. (Elaboración propia adaptado de Moreno Rua, 2024).	225
Figura 140. Dimensiones de la zona de aseos y vestuarios. (Elaboración propia adaptado de Moreno Rua, 2024).	226

Figura 141. Dimensiones del área de comedor y zona de descanso. (Elaboración propia adaptado de Moreno Rua, 2024).....	226
Figura 142. Dimensiones de la sala de reuniones. (Elaboración propia adaptado de Moreno Rua, 2024).....	227
Figura 143. Dimensiones del almacén de materias primas. (Elaboración propia).	228
Figura 144. Dimensiones del almacén de material de envasado y etiquetado. (Elaboración propia).....	229
Figura 145. Diagrama relacional de superficies. (Elaboración propia).....	231
Figura 146. Plano de la distribución en planta. (Elaboración propia).	232
Figura 147. Plano del flujo de producción. (Elaboración propia).	233
Figura 148. Árbol de decisión para establecer los Puntos de Control Críticos (PCC). (Del Pino Gómez, 2021).	263
Figura 149. Secuencia lógica del APPCC. (Puertas Pérez, 2018).	266
Figura 150. Estructura del aislamiento in situ de paredes. (Moreno Rua, 2024).	277
Figura 151. Estructura de un cerramiento compuesto de un suelo. (Moreno Rua, 2024).	278
Figura 152. Poliestireno extruido. (Isoterm).	279
Figura 153. Panel sándwich (PUR). (Panel sándwich group).	280
Figura 154. Puerta empotrada. (Dippanel).	280
Figura 155. Puerta pivotante. (Frigopack).....	281
Figura 156. Puerta corredera. (Dippanel).	281
Figura 157. Puerta de elevación. (Aprimatic).	282
Figura 158. Puerta guillotina. (Isotermia).	283
Figura 159. Carretilla retráctil. (Yale).	284
Figura 160. Estantería. (Mecalux).	285
Figura 161. Esquema de planta acotada de la cámara de almacenamiento. (Elaboración propia).....	286
Figura 162. Resistencias térmicas superficiales al flujo de calor. (CTE-DBHE).....	289
Figura 163. Diagrama psicrométrico para unas temperaturas de 4°C (interior de la cámara) y 28°C (temperatura media de Huete) y unas humedades relativas de 85% (interior de la cámara) y 33% (humedad relativa del mes de julio en Huete). (Elaboración propia)...	298

Figura 164. Ecuaciones para estimar el calor específico, en KJ/kg °C, de los principales componentes de los alimentos en función de la temperatura. (Eutiquio et al 2010). 299

Figura 165. Calor desprendido por persona y hora en función de la temperatura del recinto. (Melgarejo, 1995). 302

Figura 166. Evaporador. (Frimetal). 304

Figura 167. Condensador. (Kaltra). 306

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción de leche proveniente de distintos animales. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (Moreno Rua, 2024).	53
Tabla 2: Producción de leche de vaca, Mundo, EU y España (Miles de toneladas). Mundo: FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). UE: EUROSTAT (Oficina de Estadística de la Unión Europea). España: MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España, 2023).	53
Tabla 3: Producción de leche de vaca por comunidades autónomas (miles de toneladas). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (Moreno Rua, 2024).	54
Tabla 4: Consumo y gastos de leche en los hogares españoles en el 2021. (Moreno Rua, 2024).	56
Tabla 5. Importaciones de productos lácteos en toneladas. (Dirección General de Aduanas, 2022).	60
Tabla 6. Milestone del yogur. (Corbacho Loarte, 2018).	66
Tabla 7. Leches fermentadas caracterizadas por cultivos específicos (Codex Alimentarius, 2018).	68
Tabla 8. Composición de las leches fermentadas (Codex Alimentarius, 2018).	69
Tabla 9. Composición nutricional de un yogur entero natural y de la leche de vaca entera. (FEN, Federación Española de Nutrición, 2013).	74
Tabla 10. Composición nutricional en agua, energía y macronutrientes de distintos tipos de yogures (Leches fermentadas en la CAM, 2007).	75
Tabla 11. Composición en micronutrientes de distintos tipos de yogures (Leches fermentadas en la CAM, 2007).	75
Tabla 12. Propiedades físico-químicas de la leche. (Elaboración propia a partir de apuntes).	90
Tabla 13. Composición de la leche por especie animal. (Tamime y Robinson, 1991). ...	91
Tabla 14. Composición en macro y micronutrientes en la leche de oveja. (Elaboración propia a partir de datos de Gestión Agroganadera).	92
Tabla 15. Composición de la grasa de la leche. (Madrid Vicente, 1996).	94
Tabla 16: Principales ácidos grasos en la grasa de leche. (Madrid Vicente, 1996).	95
Tabla 17. Norma general para los aditivos alimentarios (CXS 192-1995). (Normas oficiales Codex Alimentarius).	111

Tabla 18. Reguladores de acidez permitidos según la FAO. (Normas oficiales Codex Alimentarius).....	112
Tabla 19. Gasificantes permitidos según la FAO. (Normas oficiales Codex Alimentarius).	112
Tabla 20. Colorantes permitidos según la FAO. (Normas oficiales Codex Alimentarius).	113
Tabla 21. Emulsionantes permitidos según la FAO. (Normas oficiales Codex Alimentarius).....	115
Tabla 22. Acentuadores del sabor permitidos según la FAO. (Normas oficiales Codex Alimentarius).....	115
Tabla 23. Conservantes permitidos según la FAO. (Normas oficiales Codex Alimentarius).....	116
Tabla 24. Estabilizadores y espesantes permitidos según la FAO. (Normas oficiales Codex Alimentarius).....	117
Tabla 25. Edulcorantes permitidos según la FAO. (Normas oficiales Codex Alimentarius).	119
Tabla 26. Gestión del stock semanal de leche cruda en litros. (Elaboración propia). ...	123
Tabla 27. Distribución semanal de los 2 tipos de yogur. (Elaboración propia).	123
Tabla 28. Principales tratamientos térmicos utilizados en la industria láctea. (Elaboración propia).....	142
Tabla 29. Tasa de inoculación recomendada por Chr. Hansen. (Elaboración propia). ..	146
Tabla 30. Necesidades de leche. (Elaboración propia).	151
Tabla 31. Resumen de los ingredientes de cada yogur. (Elaboración propia).	152
Tabla 32. Necesidades de leche en polvo. (Elaboración propia).	152
Tabla 33. Necesidades de aroma a vainilla. (Elaboración propia).....	153
Tabla 34. Necesidades de fermentos lácticos. (Elaboración propia).	153
Tabla 35. Necesidades de colorantes. (Elaboración propia).	153
Tabla 36. Necesidades de edulcorante. (Elaboración propia).....	154
Tabla 37. Resumen de las necesidades diarias del yogur natural. (Elaboración propia).	154
Tabla 38. Resumen de las necesidades diarias del yogur de vainilla. (Elaboración propia).	155

Tabla 39. Características del envase. (Elaboración propia).....	155
Tabla 40. Resumen de la producción diaria y semanal de la industria. (Elaboración propia).....	156
Tabla 41. Características de las cajas. (Elaboración propia).	156
Tabla 42. Resumen de la necesidad diaria y semanal de cajas. (Elaboración propia)...	157
Tabla 43. Resumen de necesidad diaria y semanal de palés. (Elaboración propia).	159
Tabla 44. Necesidades de personal. (Elaboración propia).....	163
Tabla 45. Diagrama de tiempos del proceso productivo. (Elaboración propia).	166
Tabla 46. Características técnicas de la bomba centrífuga. (Verderliquids).....	170
Tabla 47. Características técnicas del depósito desaireador. (KRONEX).....	171
Tabla 48. Características técnicas de la bomba centrífuga. (Verderliquids).....	172
Tabla 49. Características técnicas del intercambiador de placas. (Tetra Pak).	173
Tabla 50. Características técnicas de la bomba centrífuga. (Verderliquids).....	174
Tabla 51. Características técnicas de la centrífuga clarificadora. (Tetra Pak).	175
Tabla 52. Características técnicas del intercambiador de placas. (Tetra Pak).	175
Tabla 53. Características técnicas de la bomba centrífuga. (Verderliquids).....	176
Tabla 54. Características técnicas del tanque de almacenamiento. (JIMEI).....	177
Tabla 55. Características técnicas de la bomba centrífuga. (Verderliquids).....	177
Tabla 56. Características técnicas del intercambiador de placas. (Tetra Pak).	178
Tabla 57. Características técnicas de la bomba centrífuga. (Verderliquids).....	179
Tabla 58. Características técnicas de la desnatadora. (GRUPOPHI).	179
Tabla 59. Características técnicas de la estandarizadora. (Tetra Pak).	180
Tabla 60. Características técnicas del intercambiador de placas. (Tetra Pak).	181
Tabla 61. Características técnicas de la bomba lobular. (Verderliquids).	181
Tabla 62. Características técnicas del depósito de nata. (Milkplan).....	182
Tabla 63. Características técnicas de la bomba lobular. (Verderliquids).	183
Tabla 64. Características técnicas del mezclador de corte alto. (Tetra Pak).....	183
Tabla 65. Características técnicas de la bomba lobular. (Verderliquids).	184
Tabla 66. Características técnicas del depósito desaireador. (KRONEX).	184

Tabla 67. Características técnicas de la bomba centrífuga. (Verderliquids).....	185
Tabla 68. Características técnicas del homogeneizador. (Tetra Pak).....	186
Tabla 69. Características técnicas de la bomba lobular. (Verderliquids).	186
Tabla 70. Características técnicas del pasteurizador. (Tetra Pak).....	187
Tabla 71. Características técnicas de la bomba centrífuga. (Verderliquids).....	188
Tabla 72. Características técnicas del intercambiador de placas. (Tetra Pak).	188
Tabla 73. Características técnicas de la bomba lobular. (Verderliquids).	189
Tabla 74. Características técnicas del tanque de cultivo bacteriológico. (JIMEI).....	190
Tabla 75. Características técnicas del depósito de aromas. (Schafer).	191
Tabla 76. Características técnicas de la bomba dosificadora. (DOSTEC).	191
Tabla 77. Características técnicas del tanque de mezcla. (JIMEI).	192
Tabla 78. Características técnicas de la bomba lobular. (Verderliquids).	192
Tabla 79. Características técnicas de la envasadora. (JIMEI).	193
Tabla 80. Características técnicas del transportador de rodillos. (CODIMAR).	194
Tabla 81. Características técnicas de la encajadora. (ZENIT).....	195
Tabla 82. Características técnicas de la paletizadora. (CERMEX).	195
Tabla 83. Características técnicas del transportador de palés. (Mecalux).	196
Tabla 84. Características técnicas de la enfardadora. (EF-PACK).	197
Tabla 85. Características técnicas del equipo CIP. (Tetra Pak).....	198
Tabla 86. Resumen de la maquinaria. (Elaboración propia).....	198
Tabla 87. Simbología ASME. (Elaboración propia).....	209
Tabla 88. Resumen de las áreas funcionales de la industria. (Elaboración propia).....	214
Tabla 89. Código de proximidades. (Elaboración propia).....	215
Tabla 90. Justificación de las relaciones de proximidad entre áreas. (Elaboración propia).	215
Tabla 91. Tabla relacional de actividades. (Elaboración propia).	215
Tabla 92. Código y tipo de líneas. (Elaboración propia).	216
Tabla 93. Superficie libre para entrada y salida del camión. (Elaboración propia).....	218

Tabla 94. Superficie requerida por los equipos de operaciones previas. (Elaboración propia).....	218
Tabla 95. Superficie requerida por los equipos del proceso productivo. (Elaboración propia).....	220
Tabla 96. Superficie requerida por los equipos de la zona de envasado. (Elaboración propia).....	221
Tabla 97. Resumen de producción diaria. (Elaboración propia).	221
Tabla 98. Superficie libre para entrada y salida del camión. (Elaboración propia).....	223
Tabla 99. Superficie requerida por los equipos de almacenamiento y expedición de nata. (Elaboración propia).	223
Tabla 100. Superficie requerida por el equipo de limpieza CIP. (Elaboración propia).	224
Tabla 101. Número de palés requeridos para almacenar las materias primas. (Elaboración propia).....	228
Tabla 102. Resumen de zonas y superficie asociada. (Elaboración propia).....	230
Tabla 103. Características de los agentes de limpieza y desinfección. (Gómez Maroto, 2020).....	243
Tabla 104. Requisitos y métodos de medición de la calidad de la leche cruda de oveja. (Elaboración propia).	254
Tabla 105. Tipos de peligros asociados a la fabricación de alimentos. (Elaboración propia a partir de Forsythe, 2003).....	262
Tabla 106. Análisis de peligros identificados en la fábrica. (Elaboración propia).	267
Tabla 107. Acciones correctivas aplicadas a cada Punto Crítico de Control en la fábrica. (Elaboración propia).	273
Tabla 108. Características técnicas del poliestireno extruido. (Isoterm).	279
Tabla 109. Características técnicas del panel sándwich. (Panel sándwich group).	280
Tabla 110. Características técnicas de la puerta de elevación. (Aprimatic).	282
Tabla 111. Características técnicas de la puerta guillotina. (Isotermia).	283
Tabla 112. Valor de las resistencias térmicas superficiales para cada cerramiento. (Elaboración propia).	290
Tabla 113. Datos climatológicos del municipio de Huete. (Elaboración propia a partir de datos de Climate-Data).	290
Tabla 114. Variaciones de temperatura de cada cerramiento. (Elaboración propia).....	291

Tabla 115. Datos sacados a partir del diagrama psicrométrico. (Elaboración propia).	298
Tabla 116. Cálculo del calor específico del yogur natural según su composición. (Elaboración propia).	299
Tabla 117. Cálculo del calor específico del yogur de vainilla según su composición. (Elaboración propia).	300
Tabla 118. Características técnicas del evaporador. (Elaboración propia a partir de datos del fabricante).	304
Tabla 119. Características técnicas del condensador. (Elaboración propia a partir de datos del fabricante).	306
Tabla 120. Presupuesto del área de recepción y operaciones previas. (Elaboración propia).	309
Tabla 121. Presupuesto del área de producción. (Elaboración propia).	310
Tabla 122. Presupuesto del área de envasado. (Elaboración propia).	310
Tabla 123. Presupuesto del área de expedición de nata. (Elaboración propia).	310
Tabla 124. Presupuesto del área de limpieza. (Elaboración propia).	311
Tabla 125. Presupuesto de los materiales. (Elaboración propia).	311
Tabla 126. Presupuesto de la instalación de frío. (Elaboración propia).	311
Tabla 127. Presupuesto del aislante térmico. (Elaboración propia).	311
Tabla 128. Resumen de los costes de la instalación de frío, equipos e inmobiliario. (Elaboración propia).	312
Tabla 129. Tabla resumen de los costes asociados a la puesta en marcha de la línea de producción. (Elaboración propia).	312
Tabla 130. Pagos ordinarios de la mano de obra. (Elaboración propia).	313
Tabla 131. Pagos ordinarios de las materias primas. (Elaboración propia).	314
Tabla 132. Pagos ordinarios de las materias primas auxiliares. (Elaboración propia).	315
Tabla 133. Consumo energético de la maquinaria. (Elaboración propia).	315
Tabla 134. Pagos ordinarios por el consumo energético de la maquinaria y de la luminaria. (Elaboración propia).	318
Tabla 135. Pagos ordinarios por el consumo de agua. (Elaboración propia).	319
Tabla 136. Pagos ordinarios de los seguros. (Elaboración propia).	319
Tabla 137. Pagos ordinarios para la conservación y el mantenimiento. (Elaboración propia).	319

Tabla 138. Pagos ordinarios por la distribución. (Elaboración propia).	320
Tabla 139. Resumen de los pagos ordinarios. (Elaboración propia).	321
Tabla 140. Pagos extraordinarios por la renovación de la maquinaria. (Elaboración propia).....	322
Tabla 141. Cobros ordinarios por la venta de yogures. (Elaboración propia).	323
Tabla 142. Cobros ordinarios por la venta de nata. (Elaboración propia).	324
Tabla 143. Resumen de los cobros ordinarios totales por la venta de yogur y nata. (Elaboración propia).	324
Tabla 144. Cobros extraordinarios por la renovación de la maquinaria. (Elaboración propia).....	324
Tabla 145. Cobros extraordinarios por el desecho de la maquinaria. (Elaboración propia).	325
Tabla 146. Cobros extraordinarios por la venta de la remodelación. (Elaboración propia).	325
Tabla 147. Flujo de caja con financiación propia. (Elaboración propia).....	328
Tabla 148. VAN y TIR con financiación propia. (Elaboración propia).	328
Tabla 149. Payback con financiación propia. (Elaboración propia).....	328
Tabla 150. Datos del préstamo. (Elaboración propia).	329
Tabla 151. Flujo de caja con financiación ajena. (Elaboración propia).	330
Tabla 152. VAN y TIR con financiación ajena. (Elaboración propia).....	331
Tabla 153. Payback con financiación ajena. (Elaboración propia).....	331

1. INTRODUCCIÓN

Este Trabajo Fin de Grado (en adelante TFG) supone la culminación de mis estudios del Grado en Tecnología de las Industrias Agrarias y Alimentarias impartido en la Universidad Politécnica de Madrid y con ello cerrar una primera etapa en la universidad.

El tema escogido hace referencia al estudio, diseño, desarrollo y dimensionamiento de una línea de elaboración de yogures enriquecidos con probióticos a partir de 20.000 L de leche desnatada/día. Los motivos por los que he decidido elaborar mi TFG sobre este tema, han sido fundamentalmente 2:

- 1) Puesto que, dentro de esta titulación, teníamos la posibilidad de elegir a partir de 3º curso una orientación de entre las 3 siguientes: Industrias Lácteas, Enología y Calidad Alimentaria; y puesto que, en mi caso, elegí la 1ª, consideraba que mi TFG tenía que ir enfocado a demostrar las competencias y habilidades adquiridas a través de las asignaturas de esa orientación, por lo que vi en la industria del yogur una oportunidad de demostrar lo aprendido.
- 2) Si bien es cierto que ahora mismo existen bastantes trabajos relacionados sobre el yogur y su industria, he querido aportarle algo de valor añadido al trabajo con el objeto de meter algo innovador, y es el “apellido” de probiótico, puesto que la investigación a día de hoy sobre este tipo de productos está aún en unas fases tempranas de crecimiento y desarrollo.

Es un hecho innegable que, en la actualidad, existe en los consumidores una preocupación cada vez más creciente sobre el consumo de alimentos inocuos, salubres y que no sólo aporten una serie de nutrientes esenciales, sino que, además, sean capaces de proporcionar una serie de efectos beneficiosos en la salud gastrointestinal y en el sistema inmunitario.

Se da también la circunstancia de que en la actualidad no existe una legislación específica que regule el uso de probióticos en alimentación humana, por lo que el objetivo es buscar y tratar de incorporar a esta producción en fermentación microorganismos que cumplan con lo establecido en el párrafo anterior. Para ello, a nivel normativa y legislación vigente nos vamos a basar, entre otros, en el Real Decreto 271/2014, de 11 de abril, en el que hace referencia a las Normas básicas de Calidad para la elaboración y comercialización del yogurt.

La metodología a emplear será desarrollar un estudio teórico de dicha elaboración haciendo, entre otras cosas, una descripción pormenorizada de las materias primas a emplear, el diagrama y la descripción del proceso productivo que se va a llevar a cabo, un estudio de maquinaria para lograr el objetivo productivo, el diseño de la planta con los elementos de la línea y finalizando con un presupuesto y evaluación económica de la línea de producción.

2. LOCALIZACIÓN

Atendiendo a criterios óptimos de localización que voy a describir posteriormente, el emplazamiento escogido para la elaboración industrial del alimento que nos ocupa es el municipio de Huete (Cuenca).

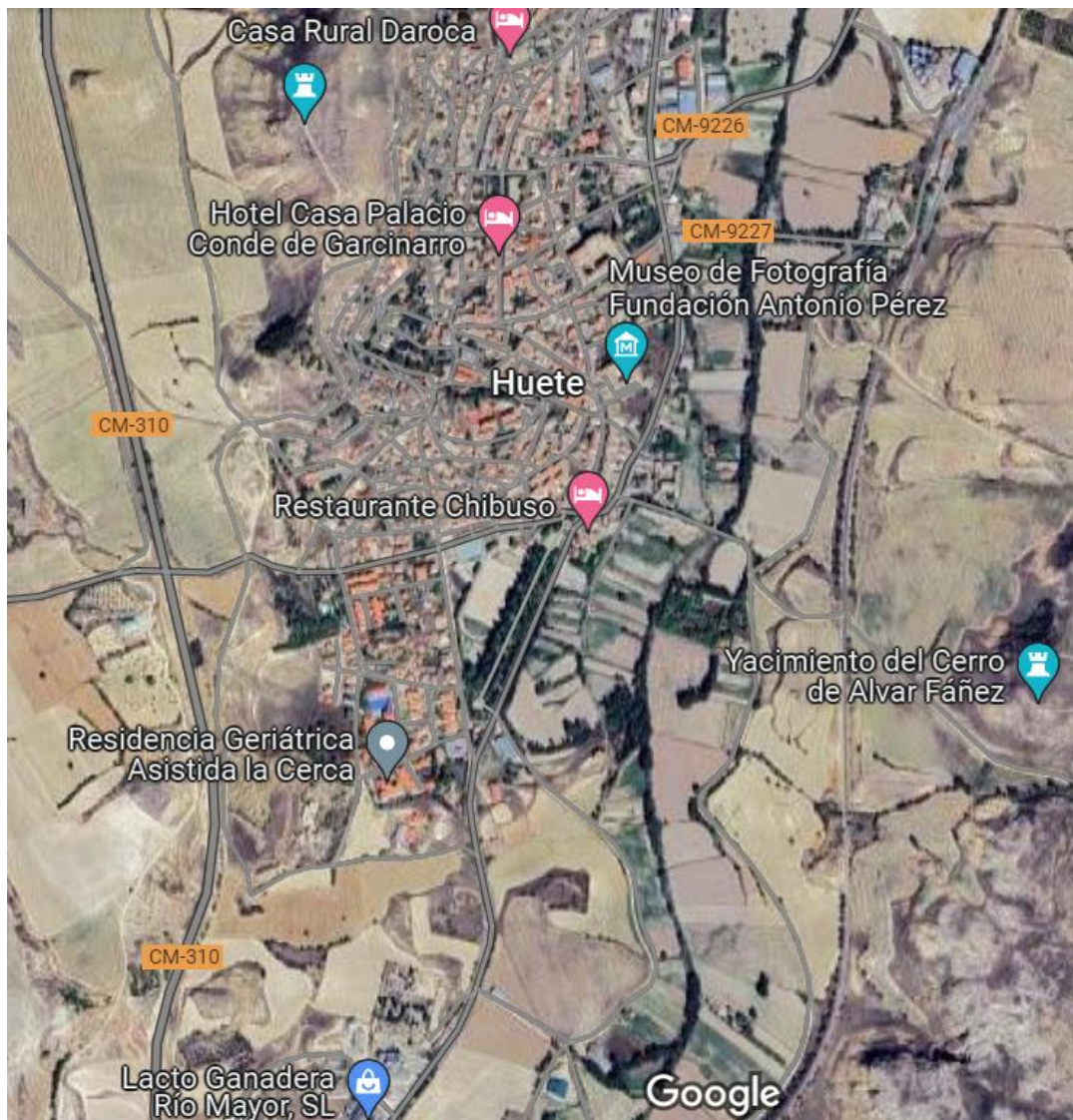


Figura 1. Vista en satélite del municipio de Huete (Cuenca). (Google Maps, 2024).

Huete es un municipio español de la provincia de Cuenca, en la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha; con una población de 1708 habitantes según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) de 2023; situado a tan sólo 54 km de Cuenca y a 120 km de Madrid, en la comarca conquense de la Alcarria, y conectada por carretera con ambas ciudades a través de las autopistas A-40 y A-3, respectivamente.

Dicha localidad posee en la periferia de su término municipal una fábrica destinada a la elaboración industrial de quesos, propiedad de la empresa “Lacto Ganadera Río Mayor S.L.” la misma será la encargada, mediante subcontrato, de llevar a cabo la elaboración de nuestro producto.



Figura 2. Vista en satélite de la fábrica de Lacto Ganadera Río Mayor S.L. (Google Maps, 2024).



Figura 3. Vista a pie de carretera de la fábrica Lacto Ganadera Río Mayor S.L. (Google Maps, 2024).

2.1. Factores de localización de la fábrica

Puesto que los factores de localización son el conjunto de circunstancias que aconsejan un determinado lugar para la instalación de la empresa, en el caso de una industria, el principal condicionante será el coste de producción y el segundo la adquisición de las materias primas para lograr el objetivo deseado. Por tanto, la empresa debe analizar todos aquellos factores productivos que condicionen en mayor medida tanto el coste de producción como la adquisición de las materias primas. Entre otras, destacamos:

- La disponibilidad y coste del terreno: partimos de una fábrica ya construida, lo que se traduce en un ahorro en los costes de construcción y puesta en marcha del edificio destinado a tal efecto, por lo que en nuestro caso sólo tendríamos que preocuparnos en hacer una remodelación de la misma y adquirir e instalar una nueva línea de producción con la maquinaria y elementos de conexión adecuados (válvulas, tubos, tuberías, etc) con las distintas redes que ya coexisten (red de saneamiento y eliminación de residuos, red eléctrica, red de frío/calor. red de alumbramiento, etc).
- La facilidad de acceso a las materias primas y otros suministros: Debido a la relativa proximidad de la fábrica a grandes vías de comunicación como se ha señalado más arriba, es muy factible la adquisición de materias primas tanto de Cuenca y su provincia como de Madrid y su Comunidad, al ser este último el centro neurálgico donde llegan productos procedentes de todas las regiones de España y parte del extranjero puesto que, al encontrarse relativamente próximo a esta, los costes de transporte y distribución no se encarecerían especialmente.
- Las infraestructuras y comunicaciones: análogamente, el hecho de situarse relativamente cerca de Madrid y Cuenca, le hace un lugar idóneo para, una vez elaborado el producto y listo para su distribución y comercialización, se pueda vender a pequeñas y medianas empresas, comercios de barrio, grandes superficies como Carrefour, Alcampo, Supercor, Ahorramas etc y así tener más posibilidades de conocimiento y compra por parte de los consumidores.

3. LEGISLACIÓN

La normativa a tener en cuenta para la fabricación de yogur y respetar las normas intracomunitarias y nacionales es de diversa índole. Se recoge a continuación según su naturaleza.

3.1 Lo que concierne al proceso de fabricación y manufactura

- Real Decreto 1181/2018, de 21 de septiembre, relativo a la indicación del origen de la leche utilizada como ingrediente en el etiquetado de la leche y los productos lácteos.
- Real Decreto 319/2015, de 24 de abril, sobre declaraciones obligatorias a efectuar por primeros compradores y productores de leche y productos lácteos de vaca, oveja y cabra.
- Real Decreto 198/2017, de 3 de marzo, por el que se modifican el Real Decreto 1728/2007, de 21 de diciembre, por el que se establece la normativa básica de control que deben cumplir los operadores del sector lácteo y se modifica el Real Decreto 217/2004, de 6 de febrero, por el que se regulan la identificación y registro de los agentes, establecimientos y contenedores que intervienen en el sector lácteo, y el registro de los movimientos de la leche, el Real Decreto 752/2011, de 27 de mayo, por el que se establece la normativa básica de control que deben cumplir los agentes del sector de leche cruda de oveja y cabra, el Real Decreto 1528/2012, de 8 de noviembre, por el que se establecen las normas aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano, y el Real Decreto 476/2014, de 13 de junio, por el que se regula el registro nacional de movimientos de subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano.
- Real Decreto 271/2014, de 11 de abril, por el que se aprueba la Norma de Calidad para el yogur o yoghurt.
- CODEX STAN 206-1999 norma general del codex para el uso de términos lecheros.
- CODEX STAN 192-1995 norma general para los aditivos alimentarios.
- CODEX STAN 243-2003 norma del codex para leches fermentadas.
- Real Decreto 1334/1999, de 31 de julio, por el que se aprueba la Norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios.
- Real Decreto 930/1992, de 17 de julio, por el que se aprueba la norma de etiquetado sobre propiedades nutritivas de los productos alimenticios.
- Reglamento (CE) nº 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo Europeo de 20 de diciembre de 2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos.
- Reglamento (CE) nº 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 28 de enero de 2002, por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria.
- Real Decreto 142/2002, de 1 de febrero, por el que se aprueba la lista positiva de aditivos distintos de colorantes y edulcorantes para su uso en la elaboración de productos alimenticios, así como sus condiciones de utilización.

3.2 Lo que concierne al control de la calidad y seguridad alimentaria

- Real Decreto 989/2022, de 29 de noviembre, por el que se establecen normas básicas para el registro de los agentes del sector lácteo, movimientos de la leche y el control en el ámbito de la producción primaria y hasta la primera descarga.
- Real Decreto 1679/1994, de 22 de julio, por el que se establece las condiciones sanitarias aplicables a la producción y comercialización de leche cruda, leche tratada térmicamente y productos lácteos.
- Reglamento (CE) N° 852/2004, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril, relativo a la higiene de los productos alimenticios.
- Reglamento (CE) n.º 853/2004 del parlamento europeo y del consejo de 29 de abril de 2004 por el que se establecen normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal.

3.3 Lo que concierne al almacenamiento en cámaras frigoríficas

- Real Decreto 552/2019, de 27 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.

4. SITUACIÓN DEL SECTOR LÁCTEO

En este apartado se pretende realizar un análisis conciso de la situación actual del sector lácteo a nivel mundial, europeo y nacional, centrándonos especialmente en aspectos clave como la producción, consumo, comercialización y coste. Se pondrá especial énfasis en los yogures y sus preferencias de consumo por parte de los consumidores en función del tipo de yogur que se trate.

4.1 Sector lácteo mundial

4.1.1 Producción de leche en el mundo

Alrededor de 150 millones de empresas en todo el mundo están involucrados en la producción de leche, siendo la mayoría de ellos pequeños agricultores en países en desarrollo. La actividad lechera no solo contribuye significativamente a la nutrición y seguridad alimentaria de estos hogares, sino también a sus medios de vida.

En las últimas décadas, la producción mundial de leche ha experimentado un notable crecimiento, aumentando en más del 59% en los últimos 30 años, pasando de 530 millones de toneladas en 1988 a 843 millones de toneladas en 2021, de las cuales aproximadamente 544 millones de toneladas corresponden a leche de vaca. La India ocupa un lugar destacado como el principal productor de leche, representando el 22 % de la producción mundial, seguida por Estados Unidos, China, Pakistán y Brasil.

Desde la década de 1970, el aumento de la producción lechera ha sido más notable en Asia Meridional, que ha liderado el crecimiento en la producción mundial de leche, especialmente en el mundo en desarrollo. Por otro lado, en Asia Oriental, China se ha consolidado como el mayor importador de productos lácteos del mundo. En 2019, su producción de leche creció un 3.6 %, aunque sus importaciones, particularmente de leche entera en polvo (LEP) y leche descremada en polvo (LDP), también aumentaron debido a la creciente demanda.

Mientras tanto, en África, el crecimiento de la producción lechera es más lento en comparación con otras regiones en desarrollo, principalmente debido a la pobreza y las difíciles condiciones climáticas que afectan a muchos países en el continente.

Es relevante señalar que, en los últimos años, los países en desarrollo han aumentado su participación en la producción lechera global. Sin embargo, este crecimiento ha sido impulsado principalmente por un aumento en el número de animales, en lugar de mejoras significativas en la productividad.

La producción mundial de leche proviene mayoritariamente de bovinos, búfalos, cabras, ovejas y camellos. El ganado vacuno lidera con un 81% de la producción global, seguido por los búfalos con un 15%, las cabras con un 2%, las ovejas con un 1% y los camellos con un 0,5%. La prevalencia e importancia de cada especie varían según las regiones y países, dependiendo de factores como la disponibilidad de alimentos, agua, clima, demanda del mercado, tradiciones alimentarias y características socioeconómicas. Mientras que los bovinos se crían en una amplia variedad de entornos, otras especies lácteas permiten la producción de leche en condiciones más adversas, donde otros tipos de agricultura no serían viables.

En los países en desarrollo, los animales productores de leche suelen ser criados en sistemas de subsistencia y por pequeños productores, adaptándose a las condiciones locales. Sin embargo, estos animales tienen un potencial genético relativamente bajo para la producción de leche. En cuanto a las especies no bovinas, la mayor parte de la leche proviene de Asia y África, con una presencia mucho más reducida en Europa, América y Oceanía.

La Unión Europea lidera la producción de leche de vaca, con más de 143 millones de toneladas métricas en 2022, seguida por Estados Unidos, India, China, Rusia y Brasil. Sin embargo, los países en desarrollo enfrentan varios desafíos que limitan su productividad lechera, como el uso de forrajes de baja calidad, la presencia de enfermedades, el acceso limitado a mercados y servicios, y el potencial genético inferior de los animales lecheros. A pesar de estos obstáculos, la producción de leche sigue siendo una fuente vital de medios de vida, seguridad alimentaria y nutrición en estos países.

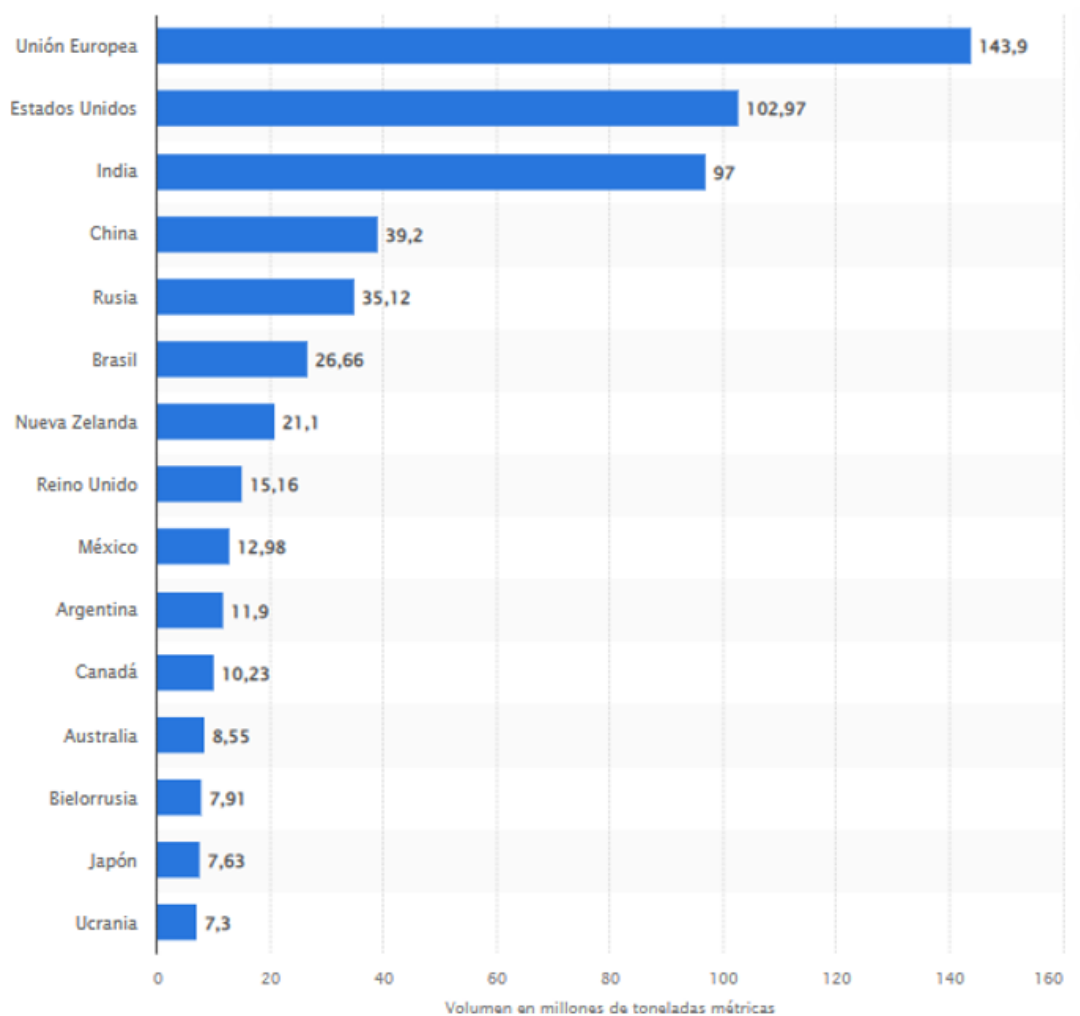


Figura 4: Ranking de los principales países productores de leche de vaca en el mundo en 2022 (en millones de toneladas métricas). (Statista, 2023).

4.1.2 Situación del mercado

La leche y los derivados lácteos constituyen alrededor del 14% del comercio agrícola global. En particular, la leche entera en polvo (LEP) y la leche descremada en polvo (LDP) son los productos agrícolas más exportados en términos de porcentaje de producción comercializada a nivel mundial. Por otro lado, los productos lácteos frescos se encuentran entre los menos comercializados, representando solo el 1% de la producción en el comercio internacional.

A raíz de la pandemia, en 2020 varios países implementaron medidas de protección para el sector lácteo. En Estados Unidos, se destinaron 19 mil millones de dólares como apoyo a los productores y a la industria láctea, mientras que la Unión Europea asumió el compromiso de reducir la producción y gestionar el almacenamiento de productos lácteos que no pudieron ser comercializados.

La situación actual y las proyecciones futuras del mercado se reflejan en la siguiente gráfica, que muestra que el mercado global de productos lácteos alcanzó un valor cercano a los 917.430 millones de dólares estadounidenses en 2022. Se estima que este mercado continuará su expansión en los próximos años, superando los 1,13 billones de dólares en 2026.

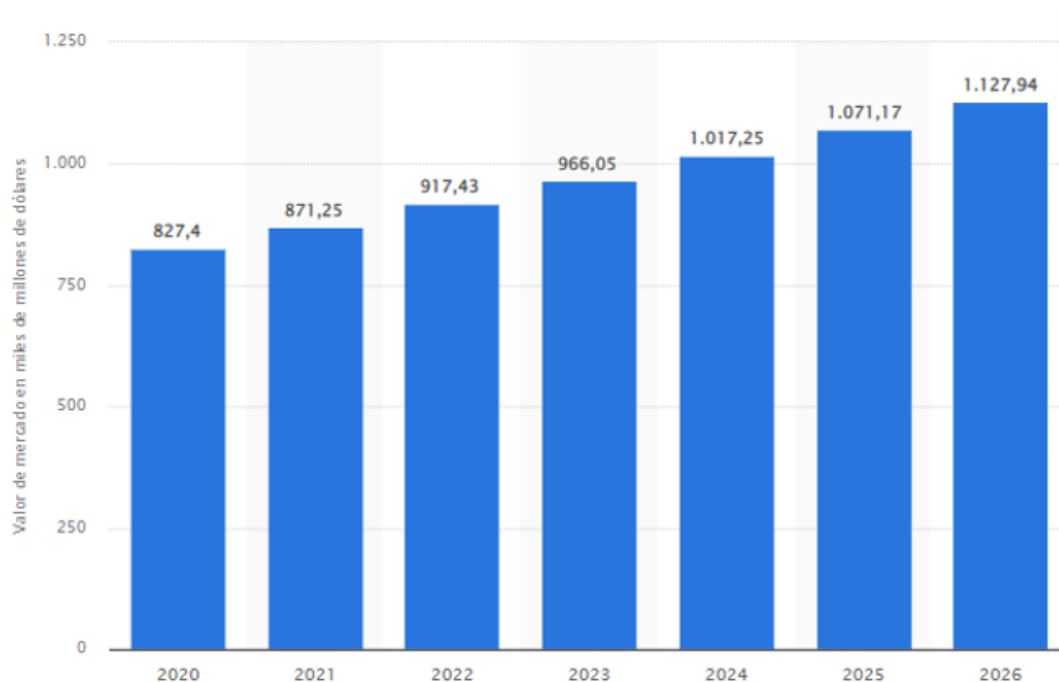


Figura 5. Valor estimado del mercado de productos lácteos en todo el mundo entre 2019 y 2026 (en miles de millones de dólares). (Statista, 2023).

A pesar del impacto de la pandemia, el comercio global de productos lácteos creció un 2,8% en 2020, con variaciones en el desempeño de las distintas categorías de productos. Mientras que las exportaciones de queso y leche entera en polvo (LEP) aumentaron, las de mantequilla y leche descremada en polvo (LDP) disminuyeron, aunque esto se debió a los altos volúmenes comercializados en 2019.

En relación con los productos sin lactosa, se observa que, en países como Estados Unidos, Europa y China, más del 5%, 10% y 90% de la población, respectivamente, son intolerantes a la lactosa. Esto ha generado una creciente demanda por productos lácteos sin lactosa, que están ganando gran popularidad, especialmente entre quienes consideran que estos productos, bajos en lactosa y azúcar, son más saludables.

Desde 2020, se ha registrado un notable aumento en la oferta de productos lácteos con menor contenido de lactosa o completamente sin lactosa, como yogur, leche y queso. Estados Unidos es responsable del 29% del consumo mundial de alimentos sin lactosa.

4.1.3 Consumo de leche líquida de vaca en el mundo

En 2022, la Unión Europea se ubicó como la segunda región con mayor consumo de leche líquida a nivel mundial, con un total aproximado de 24 millones de toneladas, solo por detrás de India. Este último lideró el ranking con un consumo de 85 millones de toneladas. Estados Unidos, por su parte, ocupó el tercer lugar con una cifra cercana a los 21 millones de toneladas.

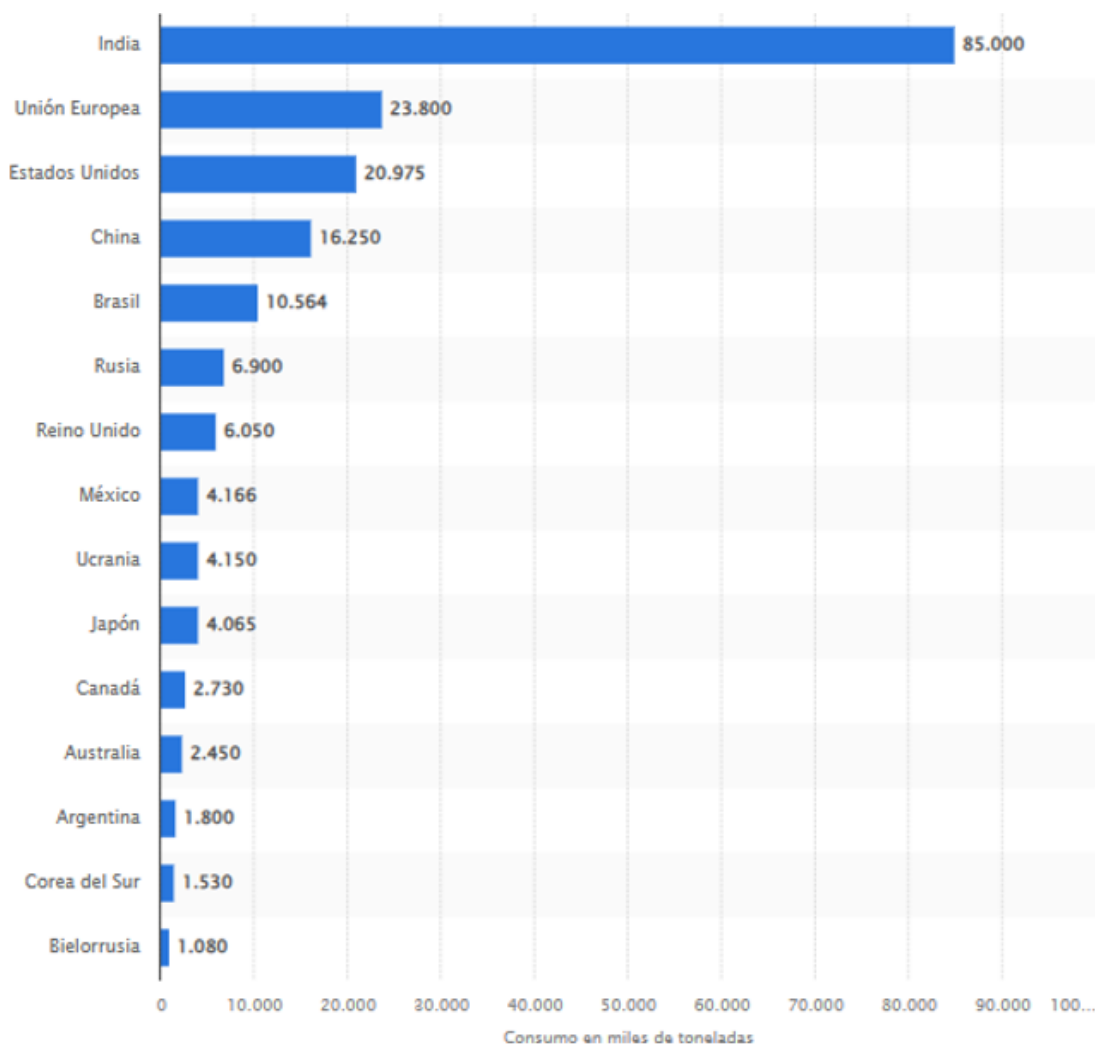


Figura 6: Ranking de los países que más leche líquida de vaca consumieron en el mundo en 2022 (en miles de toneladas). (Statista, 2023).

La leche desempeña un papel crucial en la nutrición humana, y actualmente se está abordando desde dos enfoques principales. Por un lado, ha aumentado el número de estudios analíticos que destacan los beneficios de la leche y sus derivados, tanto en términos nutricionales como en aspectos específicos de la salud. En este contexto, la Federación Internacional de Lechería y la Federación Panamericana de la Leche han jugado un papel destacado en la promoción de estos estudios.

Por otro lado, se ha registrado una tendencia significativa hacia la disminución del consumo de leche, al mismo tiempo que aumenta la popularidad de lo que se conocen como "leches vegetales", como las de soja, arroz, almendras, así como cremas no lácteas.

A raíz de la pandemia, se ha observado una disminución en el consumo de leche pasteurizada y cruda, mientras que ha aumentado el consumo de leche UHT. Este cambio se debe, en parte, a las ventajas en términos de conservación de estos productos, así como a la percepción de sus efectos beneficiosos sobre la salud.

4.1.4 Consumo de productos lácteos en el mundo

En 2022, el consumo global de leche alcanzó alrededor de 227 mil millones de kilogramos, consolidándose como el producto lácteo más demandado a nivel mundial. El yogur ocupó el segundo lugar en popularidad, seguido de cerca por el queso, cuyo consumo totalizó aproximadamente 20.9 mil millones de kilogramos.

Además, las proyecciones apuntan a un crecimiento sostenido en el consumo de productos lácteos, con un incremento estimado del 2,5% para el año 2028.

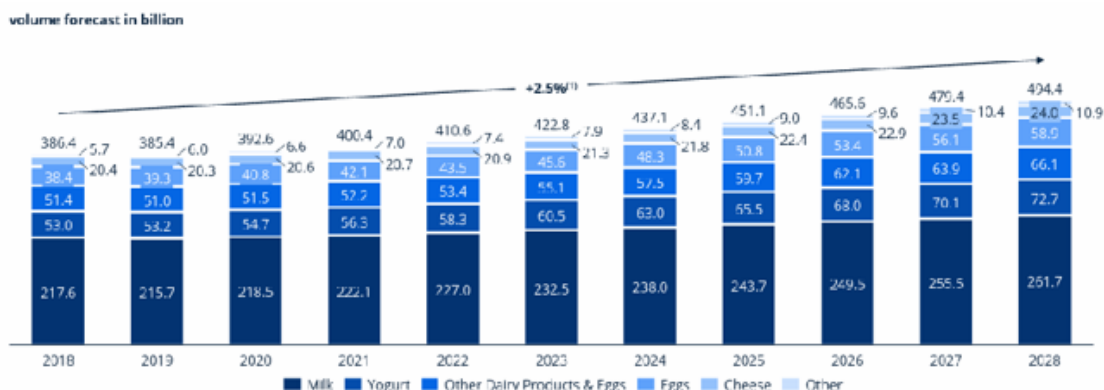


Figura 7: Consumo de productos lácteos y huevos a nivel mundial (en miles de millones de kilogramos). (Statista, 2023).

En el año 2022, la ingesta promedio de leche a nivel mundial fue de alrededor de 29.8 kilogramos por persona, posicionándola como el producto lácteo más popular entre los consumidores. El yogur, con un consumo individual que superó los 7.6 kilogramos, aseguró la segunda posición en la preferencia global. Estas cifras revelan que la leche continúa siendo el líder indiscutible en la elección de productos lácteos, seguida de cerca por el yogur, que mantiene una presencia significativa en la dieta de las personas a nivel internacional.

Es bastante probable que esa presencia indiscutible del yogur en la dieta de las personas sea debido a su versatilidad, conveniencia y beneficios para la salud percibidos, como su

contenido de probióticos. Además, el hecho de que existan actualmente en el mercado una amplia variedad de yogures y que cada vez se estén innovando en sabores y formatos nuevos hace que su crecimiento en el mercado se vea cada vez más impulsado.



Figura 8: Volumen de productos lácteos consumidos por persona a nivel mundial en 2022, por tipo (en kilogramos). (Moreno Rua, 2024).

4.1.5 Exportación de productos lácteos a nivel mundial

En 2022, varios continentes se destacaron como principales exportadores de productos lácteos a nivel mundial. La Unión Europea lideró las exportaciones con un volumen impresionante de 6,799.68 miles de toneladas métricas. Oceanía ocupó el segundo lugar, con una cifra significativa de 4,141.64 miles de toneladas métricas, demostrando su importancia en el mercado global de productos lácteos. América del Norte, por su parte, completó el podio con 2,818.2 miles de toneladas métricas exportadas. Estas cifras reflejan la posición destacada de estas regiones como líderes en la exportación de productos lácteos, lo cual está influenciado por factores como la producción láctea, la calidad de los productos y la alta demanda internacional.

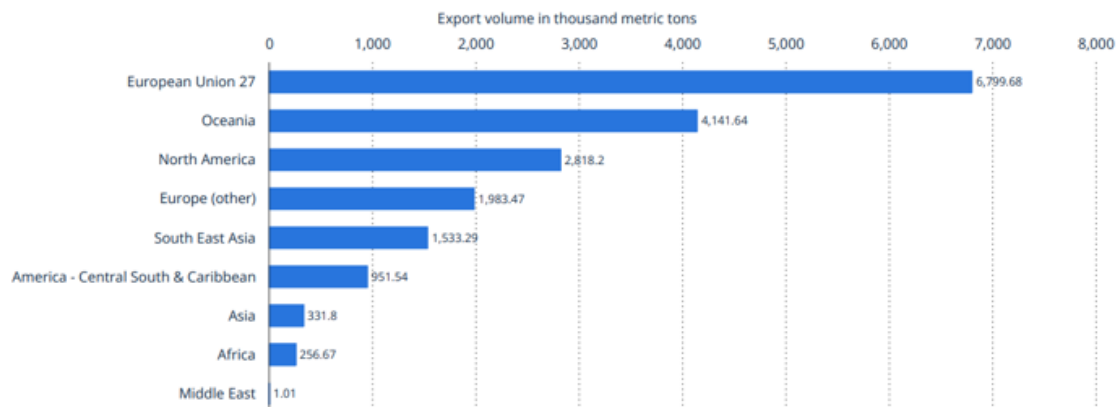


Figura 9: Volumen de exportación de productos lácteos a nivel mundial en 2022, por región (en 1.000 toneladas métricas). (Statista, 2024).

En 2021, Alemania encabezó las exportaciones globales de productos lácteos, enviando aproximadamente 5.7 millones de toneladas métricas a diversos destinos internacionales. Este éxito se debe a su importante papel en la industria del queso, posicionándose en los últimos años como el principal exportador de este tipo de productos lácteos. Países Bajos y Nueva Zelanda ocuparon las posiciones siguientes, alcanzando el segundo y tercer lugar, respectivamente.

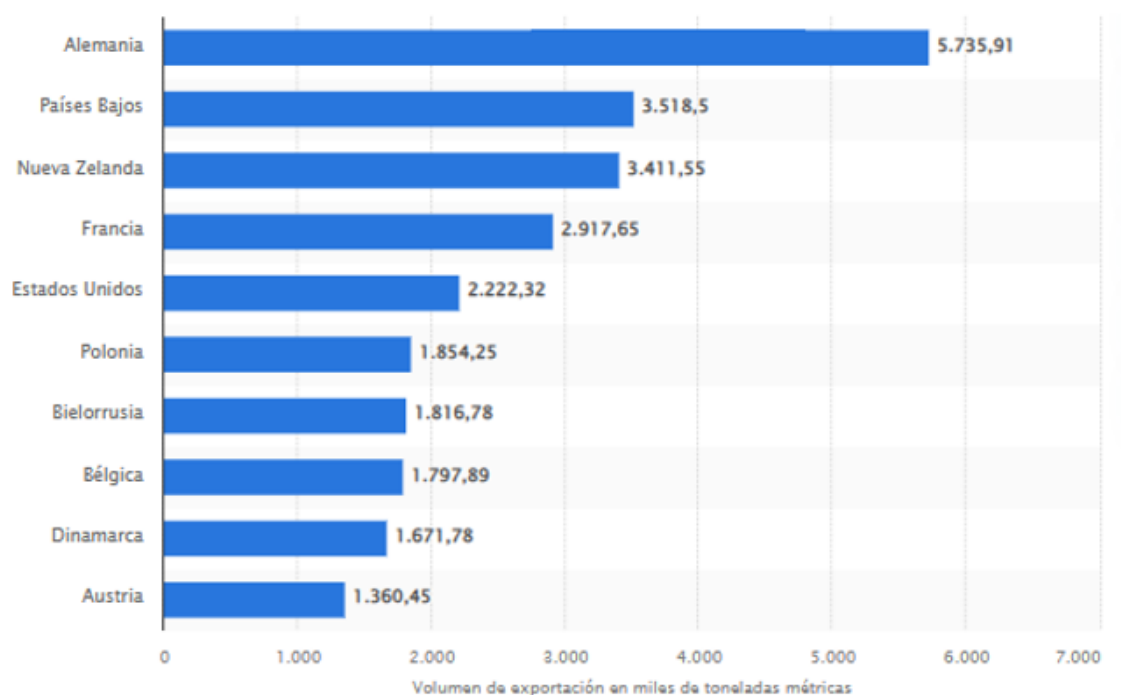


Figura 10: Ranking de los principales exportadores de productos lácteos en función del volumen de las exportaciones a nivel mundial en 2021 (en miles de toneladas métricas). (Statista, 2023).

Aunque Alemania es el principal exportador mundial de productos lácteos en términos de volumen, su liderazgo no se refleja en los mayores ingresos generados por estas exportaciones. En términos financieros, Nueva Zelanda destaca significativamente al liderar la lista con ingresos de 7.8 mil millones de dólares estadounidenses, cifra que

duplica los ingresos de competidores importantes como Alemania y Estados Unidos, cuyos ingresos fueron de 3.53 y 3.45 mil millones de dólares estadounidenses, respectivamente.

La geografía y el clima de Nueva Zelanda proporcionan condiciones ideales para el pastoreo extensivo, lo que favorece una producción eficiente de leche de alta calidad. Este enfoque se ha convertido en un pilar fundamental de la economía neozelandesa, que está fuertemente orientada hacia la exportación. Además, Nueva Zelanda ha establecido relaciones comerciales sólidas, especialmente en los mercados asiáticos, donde la demanda de productos lácteos ha crecido notablemente. La leche en polvo y la mantequilla son dos de los productos lácteos más destacados en las exportaciones del país.

Por otro lado, Alemania sobresale en la exportación de productos lácteos debido a su infraestructura eficiente y su tecnología avanzada en la producción láctea, lo que le permite ofrecer una amplia gama de productos de alta calidad. La diversificación de su oferta incluye productos como leche, queso y yogur, adaptándose a las diversas demandas de los mercados internacionales.

Estados Unidos, uno de los mayores productores de leche del mundo, cuenta con una industria láctea de gran escala que utiliza tecnologías modernas. La diversificación de productos lácteos y la constante innovación en la industria son factores clave que contribuyen a la competitividad internacional de Estados Unidos.

Países Bajos, por su parte, se destacan en la exportación de productos lácteos gracias a su eficiencia en la producción, respaldada por prácticas agrícolas sostenibles y una rica tradición quesera. Su ubicación estratégica en Europa facilita el acceso a mercados internacionales.

Finalmente, Francia, famosa por su excelencia en la producción de quesos de alta calidad como el camembert, el brie y el roquefort, también exporta mantequilla, yogur y otros productos lácteos, consolidándose como un importante contribuyente al mercado global de lácteos.

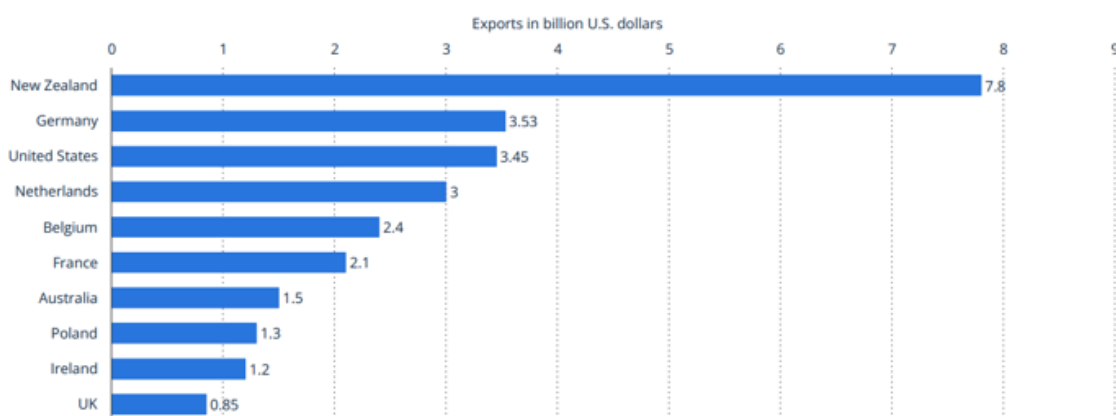


Figura 11: Principales exportadores de leche a nivel mundial en 2022 (en miles de millones de dólares estadounidenses). (Statista, 2024).

4.1.6 Importación de productos lácteos a nivel mundial

Durante el año 2021, Alemania se destacó como el principal receptor mundial de productos lácteos, importando alrededor de cinco millones de toneladas métricas provenientes de diversas naciones. Este logro consolidó a Alemania como líder en la importación de lácteos a nivel global, seguida por China en el segundo lugar y Países Bajos en la tercera posición.

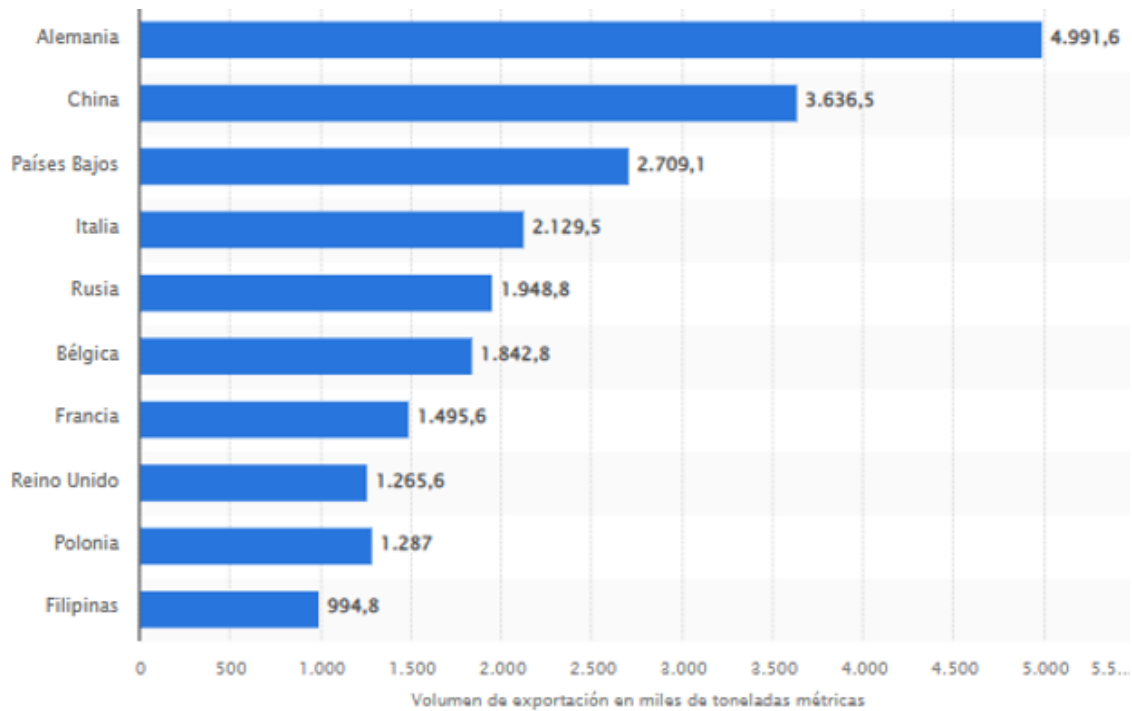


Figura 12: Ranking de los principales importadores de productos lácteos en función del volumen de las importaciones a nivel mundial en 2021 (en miles de toneladas métricas). (Statista, 2023).

En el análisis de las importaciones, se observa que Alemania no solo fue el país que más importó productos lácteos, sino que también lideró en términos de gastos asociados a estas importaciones, alcanzando un total de 10.7 mil millones de dólares estadounidenses. China, por su parte, se ubicó en la segunda posición, con un gasto considerable de 9.7 mil millones de dólares estadounidenses en importaciones de lácteos.

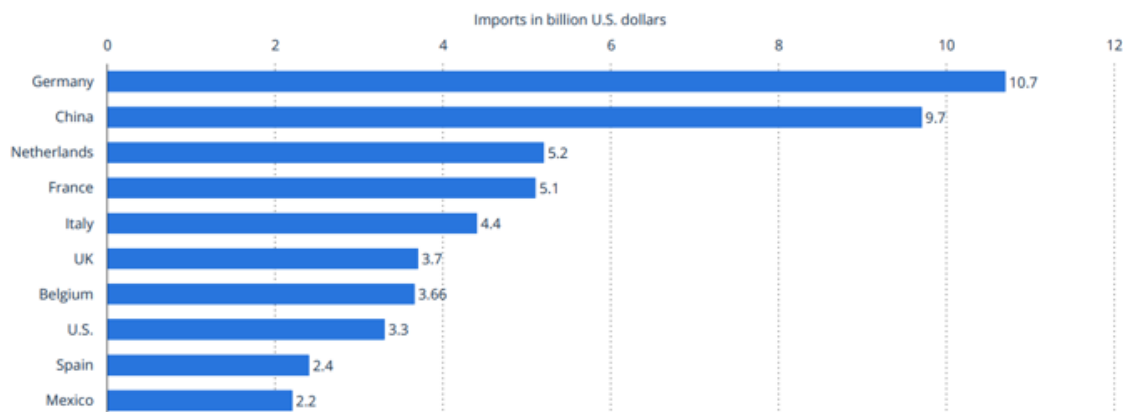


Figura 13: Principales importadores de productos lácteos a nivel mundial en 2021 (en miles de millones de dólares estadounidenses). (Statista, 2023).

4.1.7 Principales empresas de productos lácteos a nivel mundial

En el sector de los productores lácteos europeos, dos empresas se destacaron de manera notable. La suiza Nestlé y la francesa Lactalis se posicionaron como líderes en ventas, no solo en Europa, sino también a nivel global. Ambas compañías superaron los 21.000 millones de dólares en ventas, consolidándose como los principales actores de la industria láctea mundial.

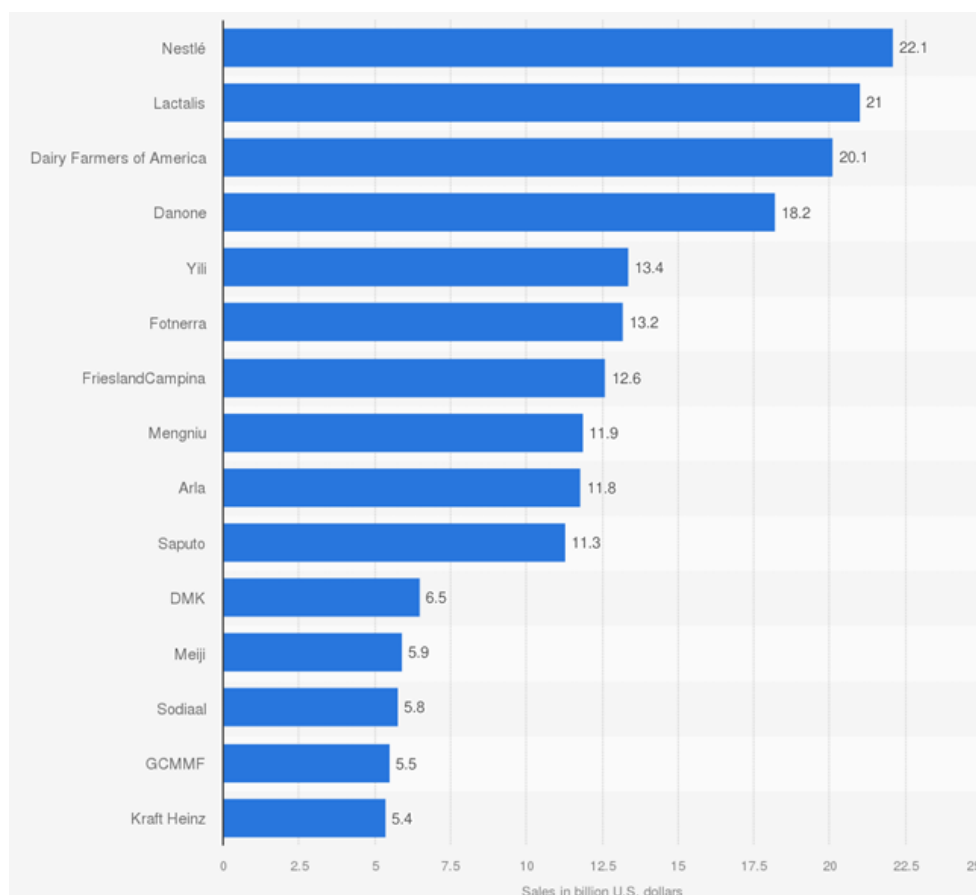


Figura 14: Ventas de los principales productos lácteos a nivel mundial en 2019/2020 (en miles de millones de dólares estadounidenses). (Statista, 2023).

4.1.8 Precio a nivel mundial

A pesar del aumento progresivo de precios en los últimos años, el impacto de la pandemia de COVID-19 en el sector lácteo ha sido relativamente limitado. Entre los productos lácteos, el mayor efecto de la pandemia se observó en los precios globales de la manteca, debido a la disminución de la demanda de grasa láctea en el sector hotelero. En 2021, el valor del índice de precios de los productos lácteos de la FAO aumentó un 17%, con incrementos en todos los productos lácteos. La manteca, la leche en polvo descremada (LPD) y la leche en polvo entera (LPE) registraron aumentos del 30%, 22% y 27%, respectivamente, mientras que el queso aumentó un 8.8%. Estos aumentos fueron impulsados por una fuerte demanda global, especialmente de Asia y, en menor medida, del Medio Oriente.

El aumento de precios también fue impulsado por una disminución en la oferta mundial de lácteos, el aumento en los costos de insumos y la inflación, junto con una demanda firme y un impulso en la construcción de reservas. La guerra entre Ucrania y Rusia también jugó un papel importante, al aumentar globalmente los costos de insumos tanto para los agricultores y ganaderos como para la industria, lo que limitó aún más el crecimiento de la oferta mundial de lácteos.

A estos factores se sumó la escasez de mano de obra, que afectó a la industria procesadora y causó retrasos en el transporte. Todas estas circunstancias contribuyeron a la disminución de la producción en los últimos años, lo que, a su vez, resultó en un aumento exponencial de los precios. Al comparar el precio de la leche en 2019 con el de 2022, podemos observar una notable diferencia. En 2019, el precio rondaba los 39 €/100 litros al mes, con el pico más alto en ese año.

Según la gráfica, en abril de 2022, el precio alcanzó el punto más alto, con 60.46 €/100 litros. Después de ese mes, los precios comenzaron a disminuir progresivamente, hasta situarse en 50.35 €/100 litros en agosto. La diferencia entre los precios en 2019 y 2022 varió entre 11 y 21 euros por litro, dependiendo del periodo.

La gráfica siguiente muestra la evolución del precio de la leche de vaca a nivel mundial entre enero de 2022 y agosto de 2023.

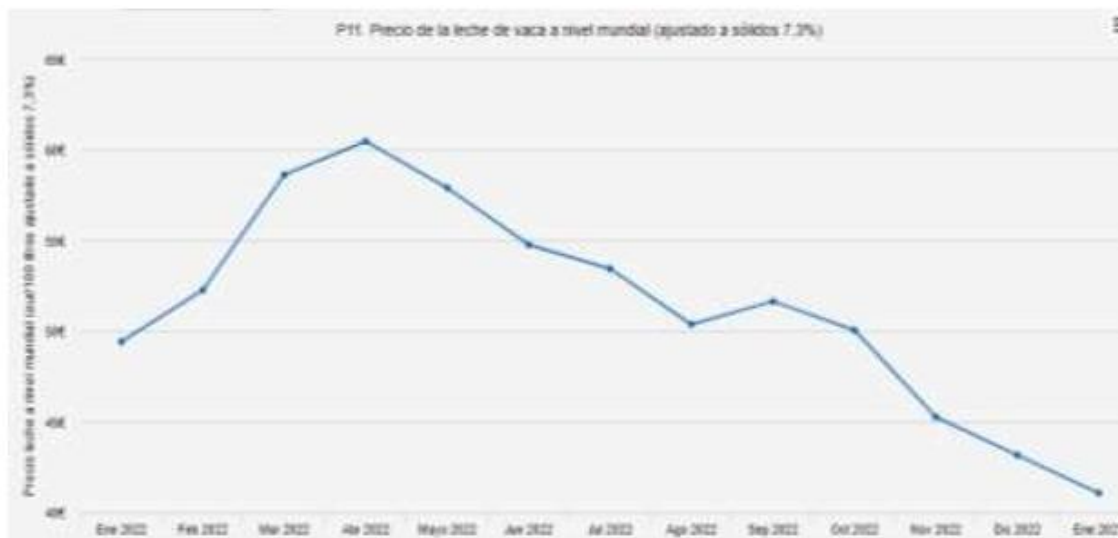


Figura 15. Evolución del precio de la leche de vaca a nivel mundial entre enero de 2022 y 2023 (ajustado a sólidos 7,3%). (Silacilac, 2023).

El crecimiento negativo de la producción láctea se explica por lo que ocurre en las principales regiones productoras de leche del mundo. La Unión Europea, Oceanía y Latinoamérica han experimentado una desaceleración en su producción debido a una combinación de factores, como el aumento de los costos, condiciones climáticas desfavorables y su impacto negativo en la economía de los precios lácteos.

En los Estados Unidos, el crecimiento de la producción de leche también ha mostrado signos de desaceleración. Aunque la oferta de leche cruda sin ajustar está por debajo de los niveles de los últimos años, se vuelve positiva cuando se expresa como LCS (Leche con Sólidos Completos), lo que refleja un cambio en la composición de la producción primaria. Este cambio está relacionado con el aumento del contenido de sólidos lácteos en el rebaño norteamericano. Estos valores positivos se alcanzan a pesar de la disminución en el número de vacas y la caída en la producción por lactancia.

En Europa, un ejemplo claro de la situación se observa en Rumania, donde la caída en la producción láctea es consecuencia de un aumento brusco y significativo en los precios de los combustibles y fertilizantes, lo que afectó gravemente durante la temporada de siembra.

Todos estos factores han llevado a una situación en la que el mercado de la leche se comporta como un mercado impulsado por la oferta, a diferencia de temporadas anteriores, cuando el impulso provenía principalmente de la demanda. Actualmente, la oferta es menor que la demanda, lo que genera presiones sobre los precios.

Este fenómeno se refleja en el precio que un comprador teóricamente pagaría a los ganaderos si estos vendieran su leche en el mercado mundial bajo condiciones estándar de costos de producción. El indicador de precios se construye a partir de datos sobre el comercio internacional de diversas commodities (mantequilla, leche desnatada en polvo, leche entera en polvo, queso cheddar y suero). Además, dado que cada explotación tiene un contenido de grasa y proteína diferente, el indicador utiliza leche ajustada a sólidos del 7,3% para estandarizar los volúmenes de leche.

4.2 Sector lácteo europeo

4.2.1 Producción de leche en Europa

Durante tres décadas, la producción de leche en la Unión Europea estuvo regulada por un sistema de cuotas conocido como "Cuota Láctea", que establecía la cantidad máxima teórica de leche que cada explotación podía vender sin incurrir en sanciones, expresada en kilogramos de leche durante un período lechero. Esta cuota se dividía en dos componentes: la venta a la industria y la venta directa.

Sin embargo, en abril de 2015, la Comisión Europea abolió estas cuotas de producción tanto a nivel europeo como nacional, lo que marcó el inicio de una fase de adaptación a la nueva situación del sector lácteo.

A lo largo de los años, los países de la Unión Europea experimentaron un crecimiento significativo en la producción de leche, lo que llevó a una caída de los precios. Este descenso en los precios, a su vez, provocó una reducción en el número de explotaciones ganaderas, lo que impulsó la necesidad de crear grupos industrializados para competir en un mercado globalizado.

Como se mencionó anteriormente, la Unión Europea (UE-27) se destaca como el principal productor mundial de leche de vaca, con una producción de 143 millones de toneladas métricas en 2021, lo que representa alrededor del 26% del suministro global de leche.

Dentro de la Unión Europea, Alemania lidera la producción de leche de vaca con 32,399.05 miles de toneladas, seguida por Francia con 23,987.98 miles de toneladas. España se encuentra en la séptima posición en términos de producción de leche de vaca en Europa.

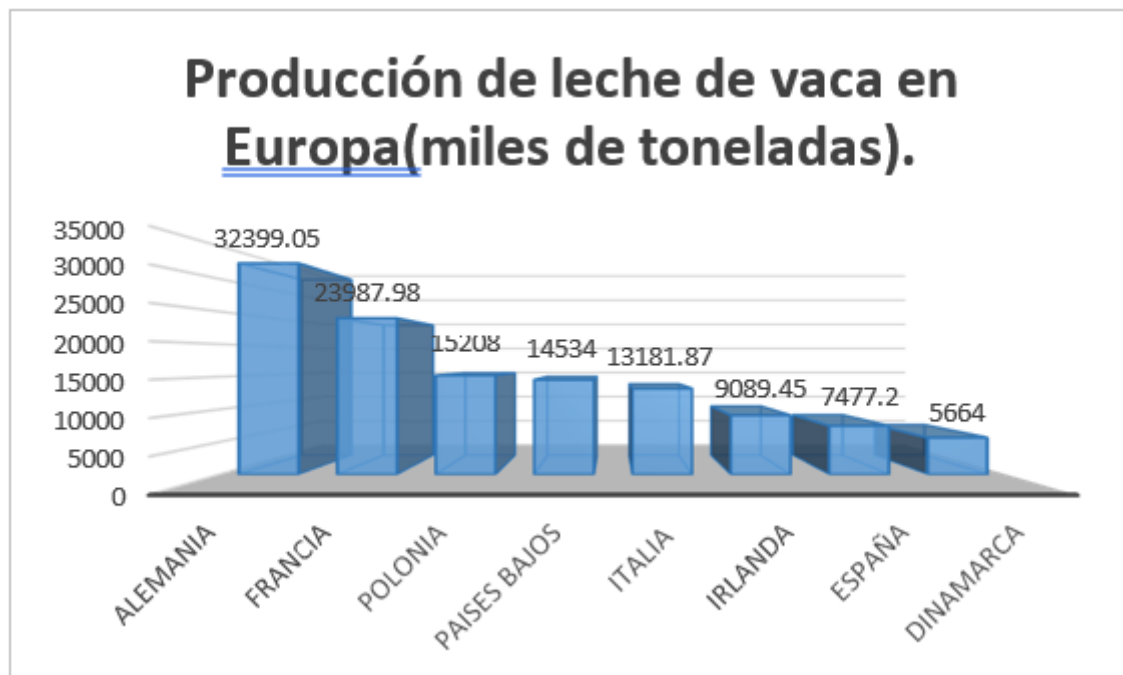


Figura 16: Producción de leche de vaca en Europa. (Moreno Rua, 2024).

4.2.2 Situación del mercado a nivel europeo

El comercio lácteo de Europa está estrechamente vinculado a las exportaciones e importaciones a nivel global. Como se ha mencionado anteriormente, Europa se encuentra entre los cinco principales exportadores de productos lácteos, junto con países como Estados Unidos, Nueva Zelanda y Australia.

El mercado de exportación europeo es uno de los menos afectados por factores geográficos y políticos, y se caracteriza por ser el más independiente frente a posibles cambios en las relaciones comerciales.

En cuanto al comercio exterior de la Unión Europea, los principales cambios ocurridos en 2021 en comparación con 2020 fueron los siguientes:

- Las exportaciones de la Unión Europea a terceros países experimentaron una disminución del 10% en mantequilla (181.063 toneladas), del 4% en leche desnatada en polvo (774.248 toneladas) y del 11% en leche entera en polvo (279.703 toneladas). No obstante, las exportaciones de queso aumentaron un 6% (959.880 toneladas).
- En cuanto a las exportaciones al Reino Unido, en 2021 en comparación con 2020, se observaron las siguientes variaciones: una disminución del 26% en mantequilla, del 14% en quesos, del 40% en leche entera en polvo y del 49% en leche desnatada en polvo.

En 2022, las principales variaciones en el comercio exterior de la Unión Europea durante el período de enero a julio, en comparación con el mismo período de 2021, fueron las siguientes:

- Las exportaciones de la Unión Europea a terceros países disminuyeron un 8% para mantequilla (115.210 toneladas), un 18% para leche desnatada en polvo (LDP) (454.801 toneladas), un 20% para leche entera en polvo (LEP) (157.468 toneladas) y un 4% para queso (617.823 toneladas), siendo Estados Unidos el principal destino de este último producto.
- En cuanto a las importaciones de la Unión Europea, se observó un aumento del 124% en la mantequilla, con Ucrania como el principal origen, mientras que las importaciones de queso disminuyeron un 2%, siendo Suiza el principal país proveedor.

4.2.3 Producción de leche y productos lácteos a nivel europeo

De los 143 millones de toneladas métricas de leche de vaca producidas en la Unión Europea en 2021, una porción significativa de 15.6 millones de toneladas métricas se destinó específicamente a la producción de leche líquida. Esta cifra representa la producción neta, ya que se ha descontado la leche utilizada para el consumo animal, los residuos de leche, la que se consume en las explotaciones y la que se emplea en la fabricación de otros productos lácteos.

En cuanto a la variedad de productos lácteos, el yogur ocupa el segundo lugar en términos de producción, con un total de 7.6 millones de toneladas métricas. Le siguen en la lista el queso, la nata y la mantequilla.

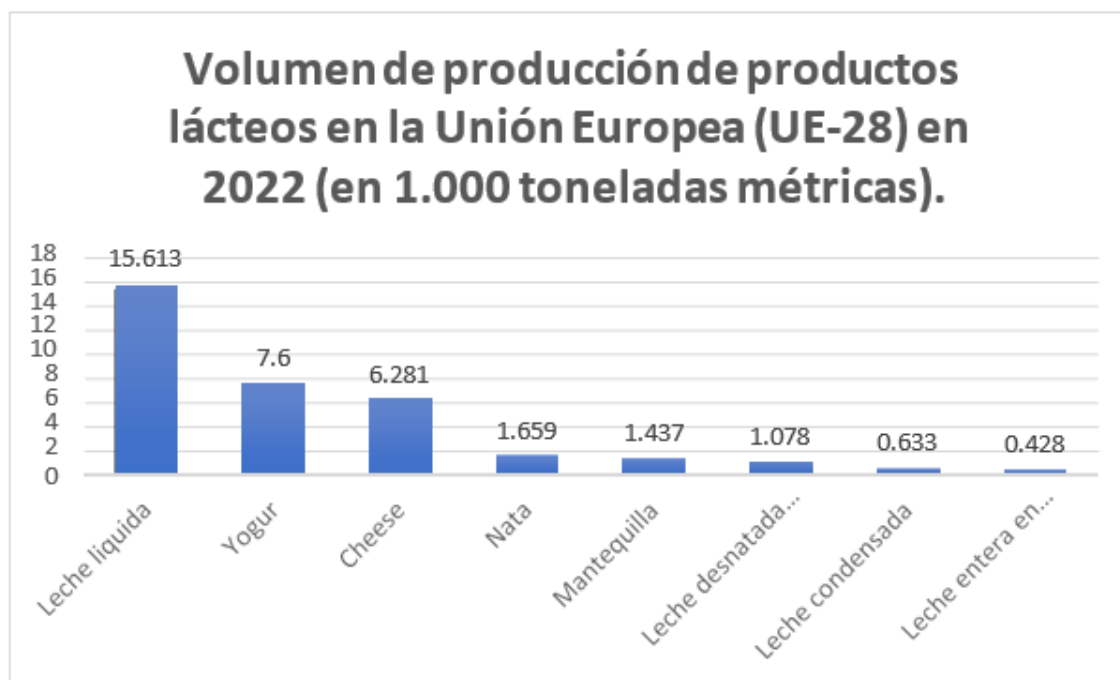


Figura 17: Volumen de producción de productos lácteos en la Unión Europea (UE-28) en 2022 (en millones de toneladas métricas). (Moreno Rua, 2024).

4.2.4 Producción de yogur en Europa

El mercado del yogur ha experimentado un crecimiento significativo desde 2020, impulsado principalmente por un aumento en la conciencia sobre la salud entre los europeos. Este cambio ha llevado a muchos a optar por el yogur debido a sus múltiples beneficios para la salud, tales como una mejor digestión, una mayor función inmunológica y un menor riesgo de enfermedades como la obesidad. La incorporación del yogur en las dietas diarias es uno de los factores que contribuye al crecimiento de este mercado.

La demanda de yogur sigue en aumento gracias a la amplia variedad de sabores disponibles, así como a la creciente preferencia de los consumidores por sabores exóticos. Además, las importantes inversiones realizadas por los fabricantes en la creación de productos innovadores han jugado un papel clave en la expansión del mercado, ya que los productores continúan desarrollando nuevas opciones para satisfacer las crecientes expectativas de los consumidores.

En 2022, Alemania encabezó la producción de yogur en la Unión Europea (UE-27), superando los 1,69 millones de toneladas. Francia ocupó el segundo lugar, con una producción aproximada de 1,34 millones de toneladas de yogur durante el mismo período. En total, la producción de yogur en Europa alcanzó alrededor de 7,6 millones de toneladas.

Juntos, Alemania y Francia representaron aproximadamente el 40% de la producción total de yogur en la región. España se ubicó como el tercer mayor productor de yogur en Europa, con una participación del 13%.

Se espera que el mercado de yogur en países como Alemania y Francia experimente un fuerte crecimiento durante los próximos años, impulsado por el creciente interés en las bebidas a base de yogur frente a las opciones cargadas de azúcar. Este cambio se debe en parte a una mayor conciencia sobre los trastornos relacionados con el estilo de vida, como la obesidad y la diabetes.

El consumo generalizado de yogur o productos derivados del yogur entre las generaciones mayores, junto con la creciente popularidad del yogur griego bajo en grasa, también contribuirá al crecimiento del mercado. El yogur griego es especialmente apreciado por su bajo contenido calórico y los beneficios para la salud que ofrece.

En paralelo, los segmentos emergentes, como el yogur de origen vegetal y las bebidas de yogur, están experimentando un notable crecimiento tanto en el mercado alemán como en el francés. Este aumento en la popularidad de las alternativas lácteas ha impulsado el rápido crecimiento del yogur de origen vegetal. En respuesta a esta tendencia, los principales actores del mercado están lanzando una mayor variedad de yogures a base de plantas en comparación con años anteriores. Además, el yogur griego continúa ganando popularidad entre los consumidores europeos, con su mercado expandiéndose a una tasa de crecimiento superior al 8% durante el período de pronóstico en la región.

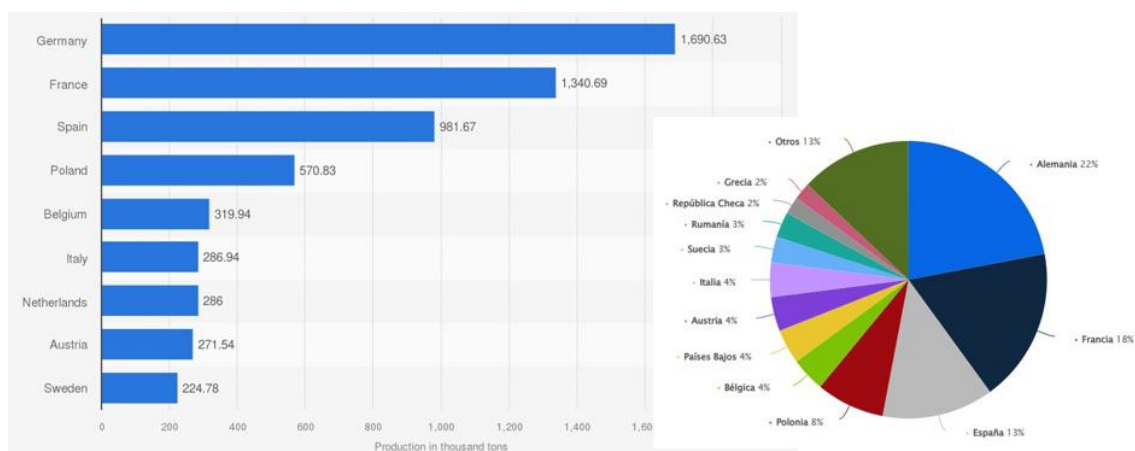


Figura 18: Cuota de producción de yogur en Europa en 2022 (miles de toneladas). (Statista, 2023).

4.2.5 Precio a nivel europeo

En cuanto a la situación de los precios, el último dato disponible para la leche cruda en la Unión Europea correspondiente al mes de septiembre de 2022 es de 54,49 €/100 kg. Este valor representa un aumento del 46,1% en comparación con el mismo mes del año anterior y un incremento del 4,0% con respecto al precio del mes anterior. Además, este precio es un 53,6% superior al precio medio registrado en septiembre durante los últimos cinco años.

Por otro lado, el precio medio acumulado del período de enero a septiembre de 2022 es un 39,5% superior al precio medio para el mismo período de los últimos cinco años.

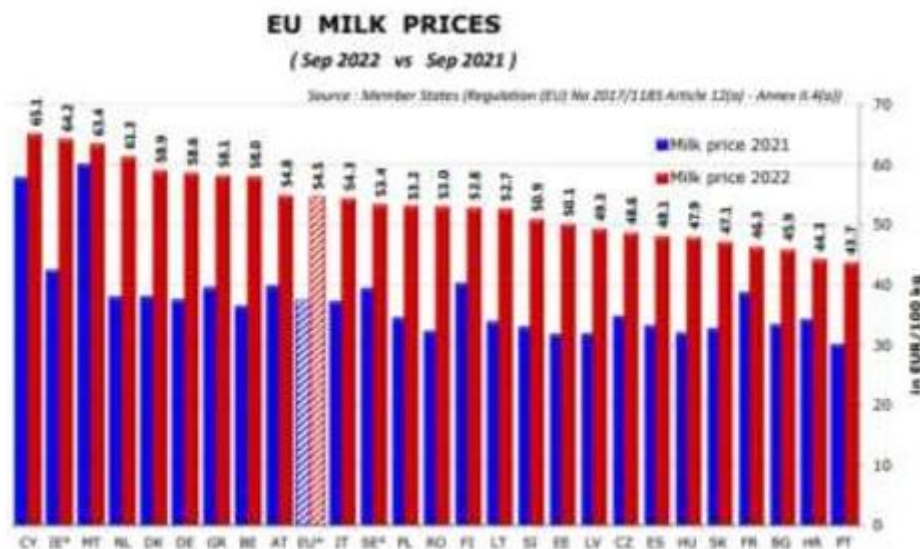


Figura 19. Comparación de precios en la UE entre el mes de septiembre de 2021 y 2022. (MAPA, 2023).

Según la estimación de la Comisión Europea, en junio de 2022, el precio medio de la leche en la Unión Europea fue de 0,4852 euros por litro en España. En Malta, los precios fueron los más altos, alcanzando una media de 0,6372 euros por litro, lo que posiciona al país como el que más paga a sus productores. Le siguen Bélgica con 0,6145 euros, Holanda con 0,5352 euros y, en Irlanda, los ganaderos recibieron un promedio de 0,5406 euros por litro de leche.

En el extremo opuesto, los precios más bajos se registraron en Portugal (0,3822 euros), Hungría (0,3836 euros) y Eslovaquia (0,3850 euros).

En cuanto a los precios de los derivados lácteos, julio comenzó con una tendencia alcista en la Unión Europea. La mantequilla se cotizó a una media de 7,27 euros por kilogramo, lo que representa un aumento del 0,6% respecto a la última semana de junio y un incremento del 81% en comparación con el mismo período del año anterior. La leche entera en polvo se vendió a 5,24 euros por kilogramo, un 3,2% más que la semana anterior y un 63% más en términos interanuales. Por otro lado, la leche desnatada en polvo experimentó una ligera caída del 0,5%, quedando en 3,99 euros el kilo, aunque aún con una revalorización del 56% en comparación con el año pasado.

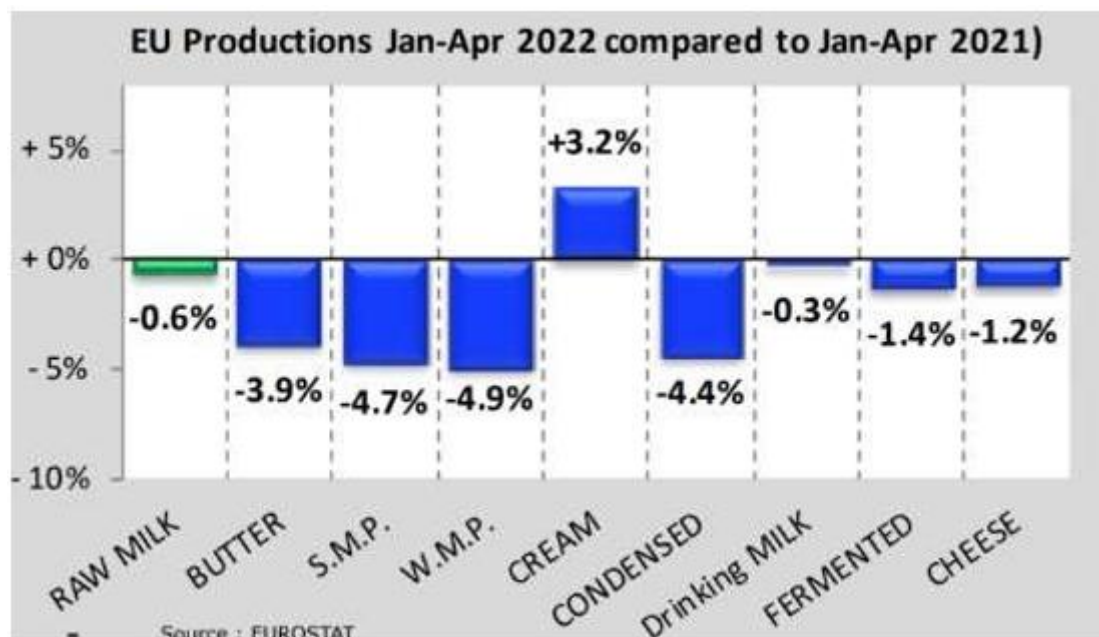


Figura 20. Comparación de producción de la UE entre 2022 y 2021 en los meses de enero-abril. (Rumiantes, 2022).

4.3 Sector lácteo español

El sector lácteo español juega un papel crucial en la economía agroalimentaria del país, debido a su significativo impacto económico y a la contribución de sus subsectores ganaderos al desarrollo rural. De hecho, la industria láctea es la segunda más importante a nivel nacional, solo detrás del sector porcino.

Gracias a su relevancia económica y social, la leche es una de las principales producciones ganaderas de España, con presencia en todas las comunidades autónomas.

Según los datos del Ministerio de Agricultura, en 2020 la producción de leche en España aumentó un 1,3% en volumen respecto al año anterior, manteniendo así una tendencia creciente durante seis años consecutivos. La producción de leche de vaca, oveja y cabra representó en 2020 el 16,2% de la Producción Final Ganadera y el 6,2% de la Producción Final Agraria, manteniendo porcentajes similares a los del año anterior.

El valor generado por este subsector alcanzó los 3.265,8 millones de euros a precios básicos, lo que supuso un incremento de 109,7 millones de euros en comparación con el año anterior. Aproximadamente el 75% de la producción nacional de leche corresponde a la leche de vaca, el 13% a la leche de oveja y el 12% a la leche de cabra. Además de estos tres tipos principales de leche, España cuenta con una producción minoritaria de leche de búfala, un tipo de leche más común en países asiáticos e Italia.

4.3.1 Producción de leche en España

En 2021, la industria láctea en España registró una absorción total de 8.458,04 miles de toneladas de leche, abarcando las producciones de vaca, oveja y cabra. De esta cantidad, la leche de vaca fue la más predominante, representando un 88% del total.

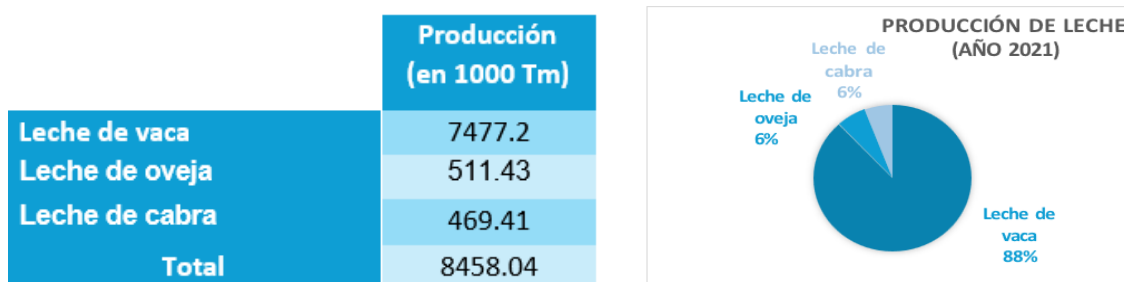


Tabla 1: Producción de leche proveniente de distintos animales. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (Moreno Rua, 2024).

Dependiendo de la especie, las explotaciones ganaderas están ubicadas en áreas específicas:

- Leche de vaca: Galicia, Asturias, Cantabria, Castilla y León, País Vasco y Andalucía.
- Leche de oveja: Castilla y León y Castilla-La Mancha.
- Leche de cabra: Andalucía, Castilla la Mancha y Extremadura.

En España existen más de 1.500 instalaciones autorizadas para la recolección y procesamiento de leche, de las cuales aproximadamente 600 pueden considerarse industrias lácteas en sentido estricto.

A nivel europeo, la producción de leche de vaca alcanza los 143.834 miles de toneladas, lo que representa el 26,43% de la producción global de leche. En este contexto, España ocupa la séptima posición en Europa, con una contribución de 7.477,2 miles de toneladas, lo que equivale al 5,20% del total de la producción lechera en el continente.

Año	Mundo	UE	España
2019	527.738	142.433	7.222
2020	539.601	144.148	7.405
2021	544.072	143.834	7.477,2

Tabla 2: Producción de leche de vaca, Mundo, EU y España (Miles de toneladas).

Mundo: FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). UE: EUROSTAT (Oficina de Estadística de la Unión Europea). España: MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España, 2023).

4.3.2 Evolución de la producción de leche de vaca de 2011 a 2021

Desde 2011, España ha experimentado una tendencia constante de crecimiento en la producción de leche de vaca, sin registrar descensos en ningún año. Este incremento ha sido continuo, logrando en 2021 una producción total de 7.477,2 miles de toneladas métricas.

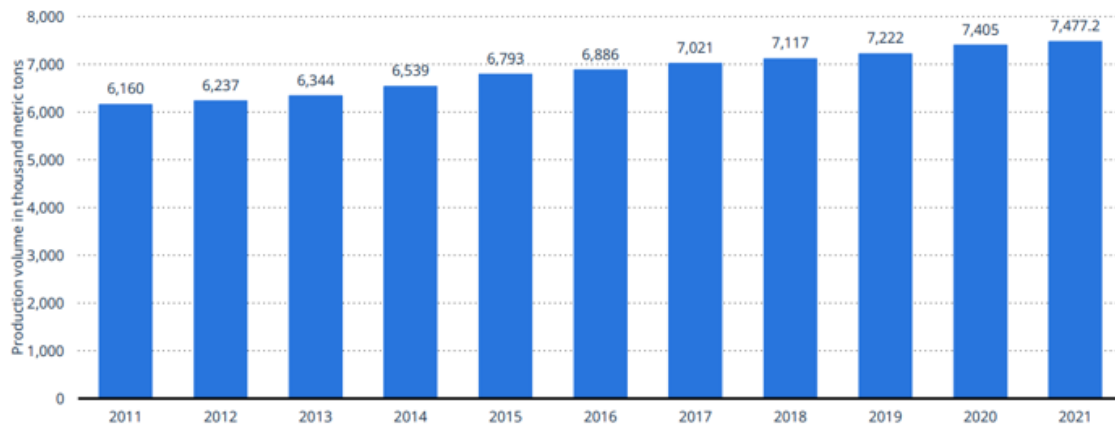


Figura 21: Volumen de producción de leche de vaca en España de 2011 a 2021 (en miles de toneladas métricas). (Statista, 2022).

4.3.3 Producción de leche de vaca por comunidad autónoma

Durante el año 2021, España produjo un total de 7.477,2 miles de toneladas de leche de vaca. Entre las comunidades autónomas más relevantes, Galicia destaca como la mayor productora, concentrando el 40% de la producción total. Le sigue Castilla y León con un 12%, y Cataluña, que aporta un 10%. Asturias también juega un papel crucial, contribuyendo con un 8% al total nacional de leche.

CCAA	2019	2020	2021
ANDALUCÍA	562,7	580,6	574,7
ARAGÓN	159,4	169,4	177,6
ASTURIAS	556,4	570,8	566,8
BALEARES	49,6	48,7	44,5
CANTABRIA	437,1	440,6	436,85
CASTILLA-LA MANCHA	268	275,1	278,29
CASTILLA Y LEÓN	930	927,4	930,27
CATALUÑA	743	758,8	750,78
COMUNIDAD VALENCIANA	84,4	82,7	81,23
EXTREMADURA	27,6	26,6	22,16
GALICIA	2.788	2.895,8	2.988,34
LA RIOJA	23,4	25,3	27,32
MADRID	62,4	62,3	62,35
MURCIA	66,2	66	63,8
NAVARRA	250	254,2	255,76
PAÍS VASCO	171,4	172,8	170
OTRAS CC.AA	42	48	46,2
TOTAL ESPAÑA	7.222	7.405	7.477,2

Tabla 3: Producción de leche de vaca por comunidades autónomas (miles de toneladas). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (Moreno Rua, 2024).

4.3.4 Consumo de leche en España

4.3.4.1 Evaluación anual de la leche líquida

La mayor parte de la leche líquida se destina a la elaboración de leche entera, semidesnatada y desnatada. A pesar de que en 2020 se registró un aumento en las compras debido a la crisis del COVID, la tendencia a largo plazo, como refleja la gráfica, muestra una caída. El segmento de leche líquida experimentó una reducción del 7,0% en el volumen de litros en comparación con 2008, siendo esta disminución atribuida principalmente a la menor demanda de leche entera y desnatada. No obstante, es relevante señalar que, en comparación con ese año, hubo un aumento del 14,0% en las compras de leche semidesnatada. A pesar de este crecimiento en la leche semidesnatada, no ha sido suficiente para frenar la caída general en el mercado.

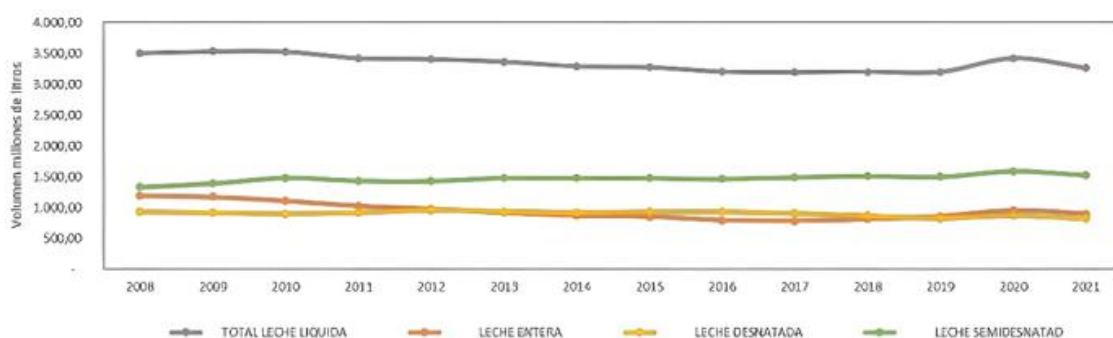


Figura 22: Evolución anual de leche líquida en España desde 2008 a 2021. (MAPA, 2022).

4.3.4.2 Consumo y gasto de los diferentes tipos de leche

Durante 2021, los hogares en España consumieron un total de 3.260,4 millones de litros de leche, lo que implicó un gasto total de 2.266,0 millones de euros en este producto. Si se analiza el consumo per cápita, se obtiene un promedio de 70,4 litros y un gasto de 49,0 euros por persona.

En cuanto al consumo por tipo de leche, la semidesnatada fue la más popular, con un promedio de 32,9 litros por persona al año. Le siguió la leche entera con 19,4 litros per cápita y la leche desnatada con 17,7 litros per cápita.

En términos de gasto, la leche semidesnatada representó el 46,7% del total, con un gasto de 22,9 euros por persona. La leche entera ocupó el segundo lugar con un 27,3% del gasto, lo que equivale a 13,4 euros por persona, mientras que la leche desnatada aportó un 25,3%, con un gasto de 12,4 euros por persona.

En resumen, la leche semidesnatada es la preferida por los españoles, destacándose como el tipo de leche con mayor consumo.

TIPO DE LECHE	CONSUMO (Millones de litros)	CONSUMO PER CAPITA (Litros)	GASTO (Millones de euros)	GASTO PER CAPITA (euros)
TOTAL LECHE LIQUIDA	3.260,4	70,4	2.266,0	49,0
LECHE PASTERIZADA	95,8	2,07	83,5	1,8
LECHE ESTERILIZADA	3.144,2	67,9	2.166,4	46,8
LECHE CRUDA	20,4	0,4	16,1	0,3
LECHE BOTELLA VIDRIO	0,5	0,0	1,7	0,0
LECHE BOTELLA PLÁSTICO	417,4	9,0	324,2	7,0
LECHE CARTÓN	2.820,8	60,9	1.923,2	41,5
LECHE BOLSA	1,2	0,0	0,9	0,0
LECHE ENVASADA	3.240,0	70,0	2.249,9	48,6
LECHE ENTERA	899,2	19,4	618,6	13,4
LECHE DESNATADA	819,9	17,7	571,9	12,4
LECHE SEMIDENATADA	1.520,8	32,9	1.059,4	22,9
LECHE ENRIQUECIDA	409,1	8,8	327,5	7,1
CON CALCIO	191,4	4,1	155,7	3,4
CON VITAMINAS	47,3	1,0	33,6	0,7
CON OTROS ADITIVOS	170,5	3,7	138,2	3,0
BIFIDUS+FIBRA	3,6	0,1	4,0	0,1
RESTO OTROS ADITIVOS	166,9	3,6	134,2	2,9
TOTAL OTRAS LECHES	28,9	0,6	190,9	4,1
LECHE CONDENSADA	16,6	0,4	43,4	0,9
LECHE EN POLVO	8,3	0,2	136,2	2,9
LECHE EVAPORADA	3,9	0,1	11,2	0,2

Tabla 4: Consumo y gastos de leche en los hogares españoles en el 2021. (Moreno Rua, 2024).

4.3.5 Consumo de productos lácteos

Según los datos de Statista correspondientes a 2021, los hogares españoles mostraron un consumo notable de diversos productos derivados de la leche. El yogur fue el más consumido, con aproximadamente 445.453,89 toneladas durante ese año. El queso ocupó el segundo lugar, con alrededor de 362.962,75 toneladas, seguido del helado, que alcanzó unas 149.007,69 toneladas. Estos números reflejan la preferencia de los consumidores españoles por el yogur como producto lácteo principal.

Aunque el yogur lidera como el derivado lácteo más consumido en los hogares españoles, no es el que genera el mayor gasto. El gasto per cápita más alto se encuentra en el queso, con unos 60,04 euros por persona, seguido por el yogur, con aproximadamente 17,83 euros por persona, y el helado, con unos 12,29 euros por persona.

Esta diferencia en los gastos se debe al valor añadido considerable del queso. En 2021, su precio fue de 7,66 €/kg, mientras que el precio del yogur se situó en 2,21 €/kg.

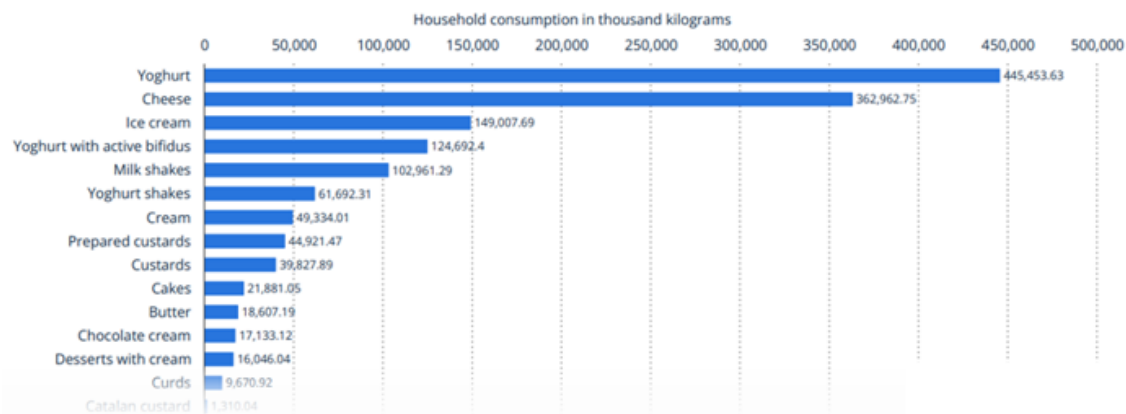


Figura 23: Volumen de derivados lácteos consumidos por los hogares españoles en 2021, por producto (en 1.000 kilogramos). (Statista, 2022).

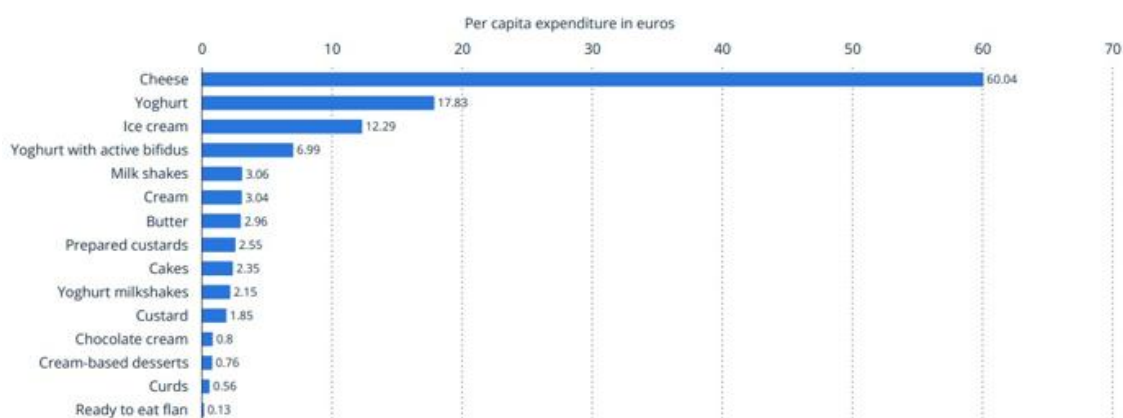


Figura 24: Gasto per cápita en derivados lácteos en España en 2021, por producto (en euros). (Statista, 2022).

4.3.6 Consumo per cápita por comunidad autónoma de productos lácteos

Al finalizar el año 2022, los habitantes de Asturias y Castilla y León se destacaron como los mayores consumidores de productos lácteos, con un consumo de 134.77 y 123.90 kilolitros por persona al año, respectivamente. Estos valores superan la media nacional, que es de 101.08 kilolitros por persona. Además, otras regiones como Galicia, Comunidad Foral de Navarra, Castilla-La Mancha, Extremadura y el País Vasco también superaron dicha media. En contraste, Andalucía se ubicó como la comunidad con el consumo más bajo, alcanzando solo 91.16 kilolitros por persona anualmente.

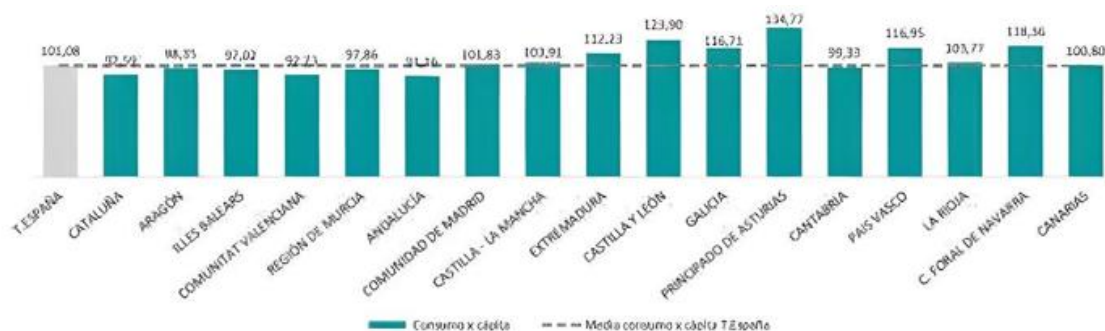


Figura 25: Consumo per cápita por comunidad autónoma de productos lácteos. (MAPA, 2022).

4.3.7 Empresas españolas en el sector lácteo

En 2021, las principales empresas del sector lácteo en España registraron volúmenes significativos de ventas. Danone ocupó la posición de liderazgo, con un total de 806 toneladas métricas en ventas. A continuación, se ubicó Schreiber Foods España con 296,5 toneladas, mientras que Lactalis Nestlé Prod. Lác. Refrig. Iberia alcanzó las 180 toneladas.

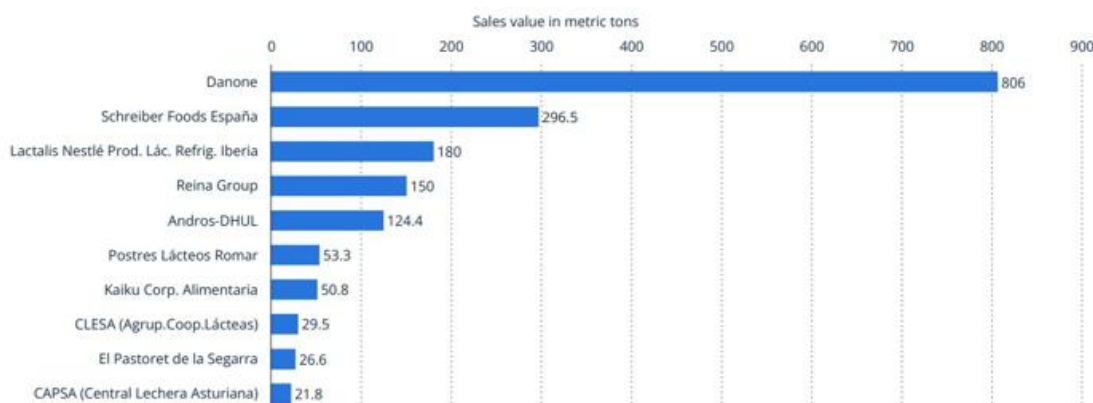


Figura 26: Valor de las ventas de las principales empresas españolas del sector del yogur en 2021 (en toneladas). (Statista, 2022).

4.3.8 Preferencias del consumidor

El patrón de consumo de yogur en los hogares españoles ha mostrado cambios a lo largo de los años, y los datos de 2021 destacan una tendencia significativa. En ese año, los hogares españoles consumieron alrededor de 132,549.68 toneladas de yogur con aditivos y 312,903.91 toneladas de yogur sin aditivos.

Esto indica que el consumo de yogur sin aditivos superó al de yogur con aditivos. Esta preferencia por el yogur sin aditivos podría estar vinculada al aumento de la conciencia de los consumidores sobre la importancia de una alimentación más natural y saludable. Este cambio en los hábitos de consumo puede ser impulsado por la búsqueda de opciones más nutritivas y la creciente preocupación por la calidad de los ingredientes.

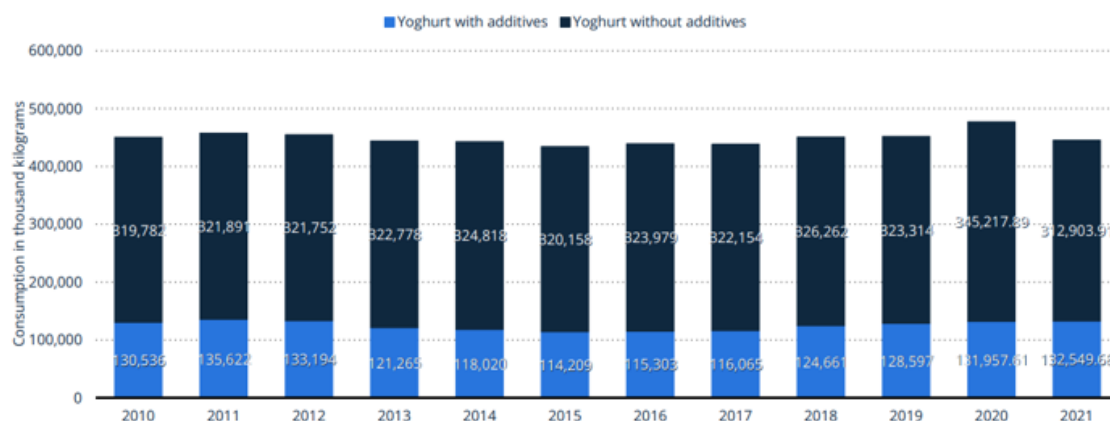


Figura 27: Volumen de yogur con y sin aditivos consumido en los hogares españoles de 2010 a 2021 (en 1.000 kilogramos). (Statista, 2022).

En los hogares españoles, se observa una clara preferencia por ciertos tipos de yogur. La variedad más demandada es el yogur con *bifidus* activo, seguida de cerca por los yogures desnatados, naturales y saborizados. En cambio, el yogur enriquecido es el que menos se consume.

La preferencia por el yogur con *bifidus* activo podría estar vinculada a la creciente conciencia sobre los beneficios de las bacterias probióticas para la salud. Los yogures desnatados también son populares, lo que refleja el interés de los consumidores por opciones bajas en grasa y más saludables.

Por su parte, el yogur natural sigue siendo muy apreciado, probablemente por su percepción como una opción más genuina y sin aditivos. Los yogures saborizados, por su parte, también tienen un lugar destacado, ya que ofrecen una experiencia de sabor variada.

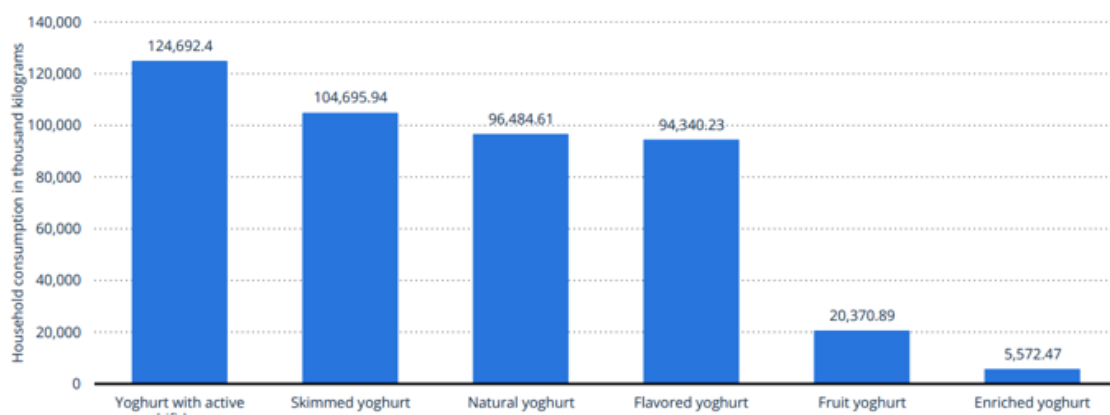


Figura 28: Volumen de yogur consumido por los hogares españoles en 2021, por tipo (en 1.000 kilogramos). (Statista, 2022).

4.3.9 Importación y exportación de leche y productos lácteos

Las importaciones de productos lácteos en España han desempeñado un papel importante en el sector, influenciadas por factores históricos derivados del sistema europeo de cuotas de producción que estuvo vigente hasta abril de 2015. Más del 98% de las importaciones provienen de otros países de la Unión Europea.

En cuanto a las exportaciones, España ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años. Este aumento resulta crucial para el sector, considerando que la producción nacional de leche está en ascenso, mientras que el consumo interno de lácteos muestra una tendencia a la baja. Las exportaciones españolas son más diversas en cuanto a mercados en comparación con las importaciones, con un 15% de las ventas dirigidas a países fuera de la UE.

Según datos de la Dirección General de Aduanas, la balanza comercial de productos lácteos de España ha mostrado una mejora continua desde 2010, con una reducción del déficit comercial en torno al 70% desde principios de la década.

A continuación, se presentan los datos sobre las importaciones y exportaciones de productos lácteos en toneladas durante los últimos 10 años.

Importaciones de productos lácteos (toneladas)

IMPORTACIONES PRODUCTOS LÁCTEOS (Toneladas)										
PRODUCTOS	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Leche líquida envasada	107.945	143.705	153.852	111.204	100.444	76.193	91.355	83.550	53.606	65.400
Leche líquida granel	434.559	278.518	264.772	209.700	71.163	74.260	39.027	42.256	61.396	50.945
Yogur y LF	266.111	237.996	220.323	184.307	179.710	193.670	192.837	174.277	157.571	153.972
Queso	252.315	248.350	247.100	251.371	267.855	288.456	297.108	309.742	304.704	312.056
Nata	12.950	9.585	11.719	10.810	14.397	12.937	14.132	14.931	23.481	13.930
Mantequilla	16.100	14.926	18.833	20.922	19.812	19.448	20.726	21.874	20.654	21.808
Leches en polvo	64.806	61.812	67.518	73.289	60.796	72.729	71.983	92.221	76.417	66.141
Otros prod. lácteos	23.457	21.985	22.259	16.126	35.569	13.587	17.780	18.945	14.017	18.567
TOTAL	1.178.243	1.016.796	1.006.385	877.808	749.746	751.280	745.028	757.796	711.846	702.819

Tabla 5. Importaciones de productos lácteos en toneladas. (Dirección General de Aduanas, 2022).

Al comparar el volumen del comercio exterior de 2021 con el de 2020, se observa un aumento del 1,8% en las exportaciones y del 1,0% en las importaciones. En términos de valor económico, las exportaciones crecieron un 11,0%, mientras que las importaciones lo hicieron en un 7,9%.

Estos datos reflejan una tendencia positiva, ya que, aunque la balanza comercial sigue siendo negativa, el déficit se ha reducido, lo que sugiere una menor dependencia del mercado exterior. Además, el aumento en el valor económico de las exportaciones es un indicador positivo, ya que señala que se están exportando productos de mayor valor añadido.

Según los datos de exportación de 2021, España exportó una variedad de productos lácteos en grandes cantidades. El yogur fue el producto más exportado, con aproximadamente 159,600 toneladas enviadas al extranjero ese año. Le siguieron el queso, con unas 113,02 toneladas exportadas, y la nata, con alrededor de 74,600 toneladas. Estos números subrayan la relevancia del yogur dentro de la industria láctea española en el mercado internacional, destacando la capacidad del país para satisfacer la demanda de productos lácteos en otros mercados.

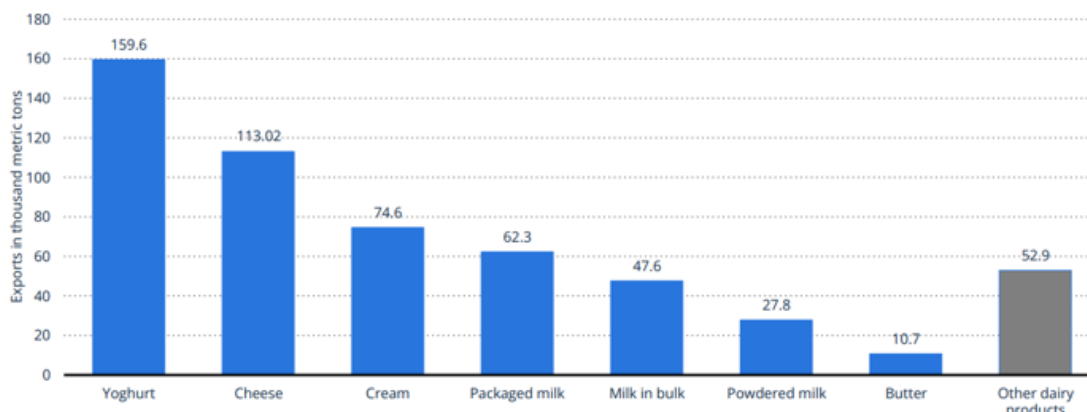


Figura 29: Volumen anual de leche y productos lácteos exportados en España en 2021, por tipo de producto (en miles de toneladas). (Statista, 2022).

En cuanto a las importaciones en España, el queso fue el producto más importado, con un total de 312 mil toneladas, seguido por el yogur, con 153,97 toneladas.



Figura 30: Volumen anual de leche y productos lácteos importados en España en 2021, por tipo de producto (en miles de toneladas). (Moreno Rua, 2024).

4.3.10 Precios a nivel nacional

El año 2020 comenzó con precios superiores a los de 2019, y esa tendencia se mantuvo durante todo el año, siguiendo el patrón estacional habitual. En cuanto al último precio disponible en España, correspondiente a octubre de 2023, se situó en 53,98 €/100 kg, lo que representa un aumento del 57,5% respecto al mismo mes del año anterior y un 12,3% más que el mes anterior. Además, este precio fue un 66,1% superior al precio promedio de septiembre en los últimos 5 años. Durante el periodo enero-octubre de 2022, el precio medio fue un 35,3% mayor que el precio promedio de los últimos 5 años para el mismo periodo.

Es importante destacar las diferencias regionales en los precios: el precio más alto en octubre de 2023 se registró en Madrid (59,42 €/100 kg), seguido por Castilla-La Mancha (58,64 €/100 kg) y Castilla y León (58,54 €/100 kg). En contraste, los precios más bajos se dieron en Galicia (51,46 €/100 kg), Asturias (50,68 €/100 kg) y Baleares (47,77 €/100 kg).

En cuanto a la leche desnatada en polvo (LDP), el precio medio nacional comenzó 2021 con una ligera tendencia al alza. A lo largo del año, los precios fluctuaron entre subidas y bajadas, pero la tendencia general fue al alza, con el precio medio de la LDP ligeramente por debajo del precio medio europeo. En 2023, el precio de la LDP continuó subiendo, alcanzando en la semana 48 de 2023 un precio de 369,70 €/100 kg, lo que supone un incremento del 6,0% respecto a la semana anterior y un 38,5% más que en la misma semana de 2022. Este precio en España es un 21,6% superior al de la UE en la misma semana.

En cuanto a la mantequilla, los precios medios tanto en España como en Europa iniciaron 2021 con una tendencia al alza, para luego estabilizarse durante el resto del año.

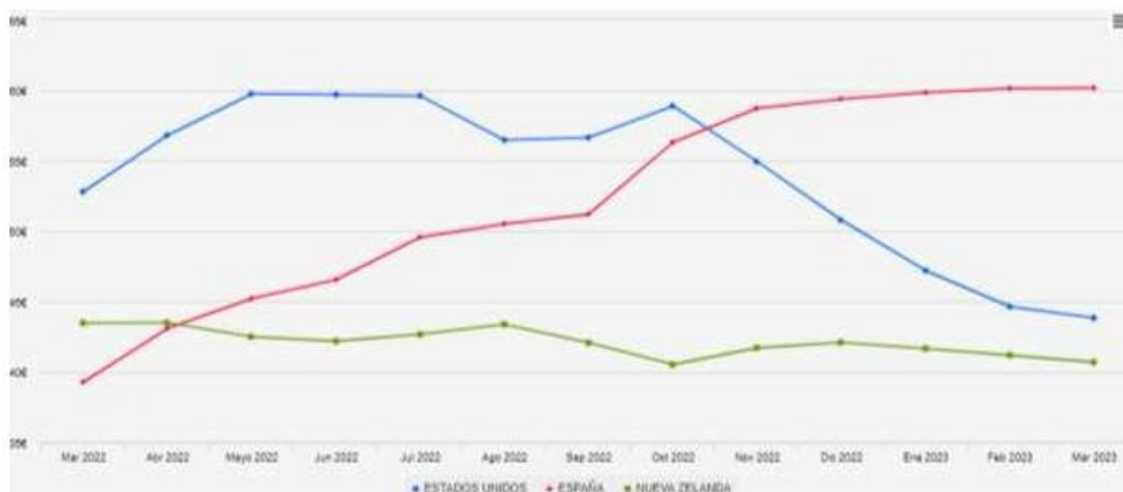


Figura 31. Comparación de precios de la leche de vaca entre Estados Unidos, España y Nueva Zelanda. (Silacinelac, 2022).

Este indicador refleja el precio medio pagado a los ganaderos por leche de vaca ajustada a sólidos en dos países clave en los mercados globales: Estados Unidos y Nueva Zelanda.

La "leche ajustada a sólidos 7,3%" permite realizar una comparación entre países, tomando en cuenta que las leches pueden tener distintos niveles de grasa y proteína. Este método de cálculo ajusta los precios de leche con calidades diferentes, estandarizándolos a una leche de referencia para facilitar su comparación.

4.3.11 Tendencias en los yogures y preferencias en la actualidad

Actualmente, el mercado de los yogures está marcado por varias tendencias destacadas, siendo una de las más relevantes la creciente demanda de yogures bajos en grasa y bajos en azúcar. Esta tendencia responde a la preocupación generalizada por adoptar un estilo de vida más saludable, dado que el exceso de estos ingredientes puede tener efectos negativos en la salud, como un mayor riesgo de obesidad, diabetes y enfermedades

cardiovasculares. Estos yogures son especialmente atractivos para quienes buscan controlar su peso.

Otra tendencia creciente es la preferencia por yogures ricos en proteínas, especialmente entre aquellos que desean perder peso o practican deporte, ya que estos productos pueden ser beneficiosos en la dieta de estas personas.

Además, los yogures sin aditivos ni conservantes están ganando popularidad, ya que los consumidores los perciben como opciones más naturales y saludables, al evitar ingredientes artificiales y químicos. Este tipo de yogur resalta los sabores naturales de sus ingredientes, como frutas o vainilla, lo que proporciona una experiencia de consumo más auténtica y agradable.

Una innovación relevante en el sector lácteo, impulsada en parte por la pandemia, es el desarrollo de productos destinados a fortalecer el sistema inmunológico. Por ello, se están incorporando ingredientes como las vitaminas C, B6 y omega 3 en los yogures para estimular la inmunidad.

La creciente demanda de alternativas veganas ha dado lugar a la aparición de yogures a base de plantas, elaborados con ingredientes vegetales como almendra, soja, coco y avena, que ofrecen opciones sin productos de origen animal.

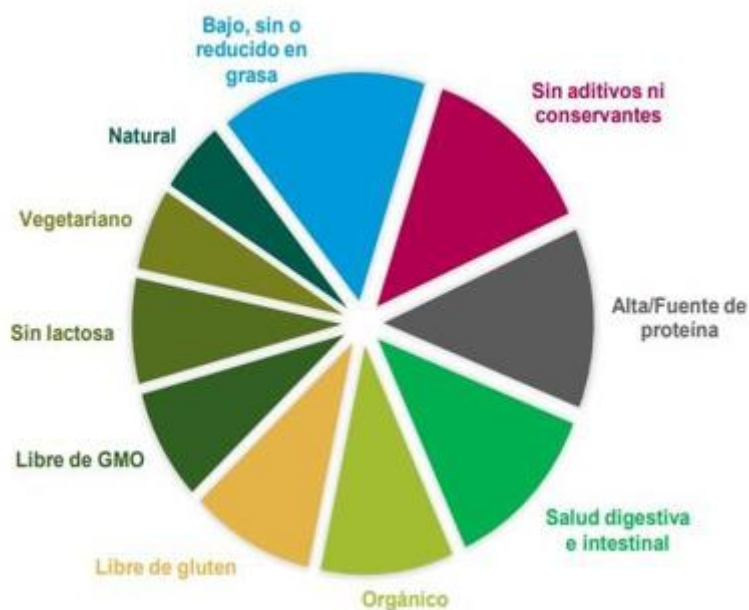


Figura 32: Tendencias de los yogures. (Innova database, 2020).

Por último, cabe destacar que el yogur probiótico está experimentando un crecimiento significativo impulsado en gran medida por la creciente demanda de los consumidores de alimentos funcionales y más saludables. A medida que los consumidores se preocupan más por su salud y buscan formas naturales de mejorar la digestión, aumentar la inmunidad y mantener el bienestar general, la popularidad del yogur probiótico se ha disparado.

Los yogures aromatizados están en constante evolución, con la introducción de nuevos sabores. Estos yogures suelen ser más populares entre los consumidores más jóvenes,

debido a sus sabores dulces y frutales, los cuales resultan atractivos para este grupo de edad, facilitando así su inclusión en la dieta diaria. Algunos de los sabores más demandados incluyen fresa, vainilla, arándano, entre otros.

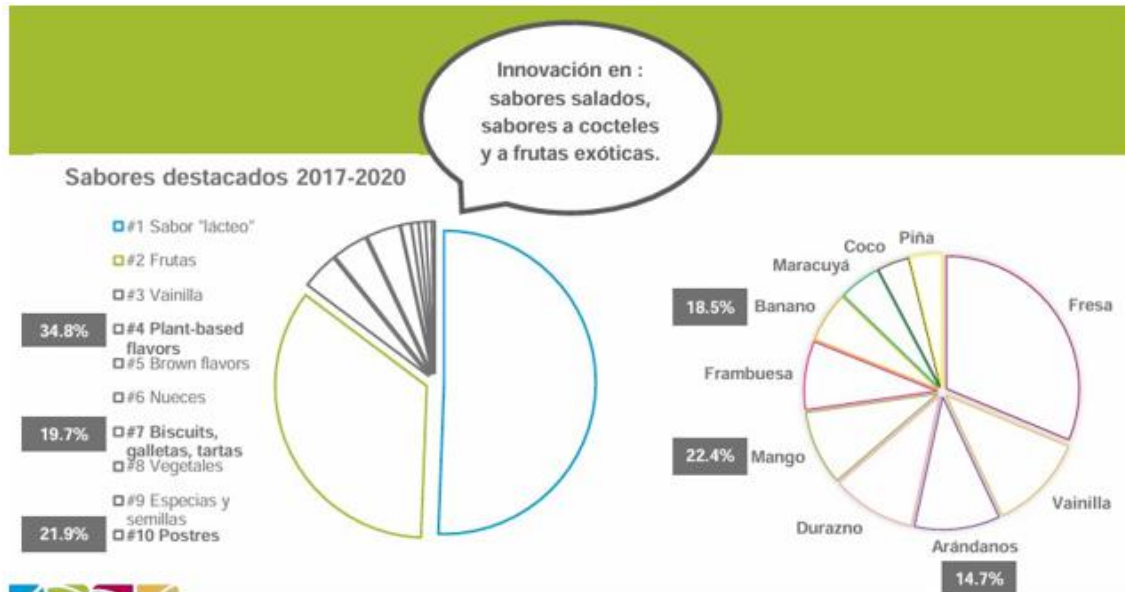


Figura 33: Sabores preferidos en yogures por los consumidores. (Innova database, 2020).

5. PRESENTACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO

En este apartado se pretende realizar una caracterización del producto a elaborar en nuestra industria, el yogur enriquecido con probióticos.

Se empezará realizando una breve reseña histórica del origen del yogur, dentro de la cual se mencionará brevemente la historia de cómo empezó Danone y sus raíces españolas. Después, se hará mención a las leches fermentadas y una posterior descripción breve de las mismas para después abordar una explicación sobre la definición de yogur conforme a las normativas de calidad, su clasificación, sus factores esenciales de composición y calidad y una descripción pormenorizada de sus componentes, los cuales lo convierten en un alimento sumamente beneficioso para la salud, por lo que también se comentarán los beneficios de su consumo. Además, puesto que se trata de un producto probiótico, se hará también una revisión general de lo que son los alimentos funcionales centrándonos posteriormente en los productos probióticos.

5.1. Historia del yogur

Se cree que el origen del yogur se remonta a los pueblos nómadas que habitaban los Balcanes, Bulgaria, Turquía y el Cáucaso. Estos pueblos transportaban la leche fresca obtenida de sus animales en sacos hechos de piel de cabra. Las bacterias termófilas presentes en estos sacos colonizaban la leche, y gracias al calor y el contacto con la piel de cabra, favorecían la proliferación de las bacterias lácticas. Esto resultaba en una masa semisólida por coagulación, que era comestible y tenía una mayor duración. Una vez consumido el contenido de los sacos, estos se volvían a llenar con leche fresca, que se fermentaba gracias a los residuos de la fermentación anterior. Su nombre tiene el origen en un término búlgaro: “jaurt”.

El yogur se convirtió en un alimento básico para los pueblos nómadas debido a su facilidad de transporte y conservación. Ya en la Antigüedad, se conocían las saludables virtudes del yogur. Con el tiempo, se descubriría su efecto calmante y regulador intestinal. Metchnikoff fue el primer científico en intuir los beneficios del yogur para la flora intestinal. Demostró que el yogur contiene bacterias capaces de convertir la lactosa, el azúcar de la leche, en ácido láctico, y que este ácido impedía el crecimiento de bacterias dañinas en el intestino, originadas por la descomposición de los alimentos. Según el científico, estas bacterias bloqueaban la proliferación de microorganismos patógenos, lo que ayudaba a retrasar el proceso de envejecimiento en el organismo humano.

La bacteria presente en el yogur actúa atacando, bloqueando y neutralizando las toxinas, lo que ayuda a depurar el organismo. La bacteria responsable de la fermentación láctica fue descubierta en 1903 por el doctor búlgaro Stamen Grigoroff, quien presentó su trabajo científico sobre el yogur en el Instituto Pasteur de París, Francia. En su honor, la bacteria recién descubierta fue inicialmente llamada "Bacterium bulgaricum Grigoroff", aunque más tarde pasó a denominarse *Lactobacillus bulgaricus*.

Las bacterias *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, encargadas de la fermentación de la leche, ya eran conocidas por las civilizaciones hacia el 6.000 o 7.000 a.C.

A partir de esta historia temprana, se presenta a continuación un "hito" de la evolución histórica del yogur y las referencias a este producto desde entonces:

S. VIII a. De C.	Homero y Hesiodo citan en sus obras la leche agria
S. II a. de C.	Galeno lo "recetaba" para los problemas de estómago
S. I a. de C.	Plinio el Viejo lo cita
S. VII	Búlgaros redescubren a Europa el Yogur
S. XVI	Prestigio como dieta de reyes.
S. XIX	Pasteur descubre las bacterias lácticas
Principios del S. XX	Ely Metchnikoff aisla el <i>Bacillus bulgaricus</i> Isaac Carasso funda Danone en 1909. Venta en Farmacias
Segundo cuarto del S. XX	Minoru Shirota aisla, a partir del intestino humano, el <i>Lactobacillus casei</i> Shirota
Tercer cuarto del S. XX	Surgen los yogures de frutas. Popularización del yogur.
Finales del S. XX	Se desarrolla el mercado de los productos funcionales.

Tabla 6. Milestone del yogur. (Corbacho Loarte, 2018).

5.1.1. Orígenes del yogur en España y en Europa

Los orígenes del yogur en España y en Europa se remontan a la creación de Danone. Danone es una de las empresas más grandes y conocidas a nivel mundial en la producción de productos lácteos y alimentos saludables. Su historia comienza a principios del siglo XX en España.

La historia de Danone se remonta a 1919, cuando fue fundada por Isaac Carasso, un médico turco, junto a un grupo de emprendedores españoles. Isaac Carasso se inspiró en la tradición de consumir yogur, un alimento muy popular en los Balcanes, debido a los beneficios que había observado que reportaba y decidió crear una empresa que lo produjera en Barcelona. El nombre "Danone" proviene del apodo de su hijo, Daniel, a quien Carasso consideraba el "próximo sucesor" de la empresa.

Al principio, Carasso fabricaba yogur con la idea de que tenía propiedades beneficiosas para la salud, ya que la ciencia de la microbiología empezaba a descubrir la relación entre las bacterias y la digestión. Inicialmente, el yogur se vendía como un producto medicinal, destinado a mejorar la salud intestinal de los consumidores. La popularidad de este producto fue creciendo rápidamente, y Danone comenzó a expandirse fuera de las fronteras de España.

A finales de la década de 1920, la empresa empezó a crecer. Isaac Carasso se trasladó a Francia y en 1932 fundó Danone en ese país. A partir de este momento, la compañía comenzó a diversificarse y expandir sus operaciones. Durante los años 40 y 50, Danone se consolidó como una de las marcas líderes en el mercado de productos lácteos, no solo en Europa, sino también en otras regiones del mundo.

El yogur empezó a ganar popularidad en las décadas siguientes, especialmente por su asociación con la salud. Danone, con su enfoque en la calidad y la difusión de sus beneficios, fue clave para la expansión del yogur en toda España. A partir de los años 60 y 70, la marca creció significativamente, y el consumo de yogur se hizo cada vez más común en los hogares españoles.

A lo largo de los años, Danone ha seguido evolucionando. En la década de 2000, la compañía adoptó un enfoque más centrado en la salud y el bienestar, liderando iniciativas para promover el consumo de productos bajos en grasa, ricos en probióticos y opciones más saludables en sus gamas. También ha incorporado la sostenibilidad en su visión empresarial, comprometiéndose con prácticas ecológicas, el cuidado del medio ambiente y la mejora de la nutrición global.

En la actualidad, Danone es conocida por su amplia gama de productos que incluyen yogur, leches fermentadas, aguas, nutrición infantil y nutrición médica. Algunas de sus marcas más reconocidas incluyen Activia, Danonino, Evian, Alpro y Nutricia.

Así pues, aunque el yogur existía en otras partes del mundo, fue Danone quien lo introdujo de manera masiva en el mercado español, promoviendo su consumo y haciendo del yogur un producto diario en muchas casas del país.

5.2. Leches fermentadas

5.2.1. Definición

A lo largo del tiempo, la leche ha sido convertida en diferentes productos con una vida útil más prolongada que la de la leche fresca. Por esta razón, desde hace miles de años se ha buscado desarrollar métodos simples para preservar la calidad de este producto durante un periodo más largo.

El Codex Alimentarius establece la Norma para Leches Fermentadas (CODEX STAN 243-2003), por la que se define la leche fermentada como “un producto lácteo obtenido por medio de la fermentación de la leche, que puede haber sido elaborado a partir de productos obtenidos de la leche con o sin modificaciones en la composición (respetando los límites de la Norma), por medio de la acción de microorganismos adecuados y

teniendo como resultado la reducción del pH con o sin coagulación (precipitación isoeléctrica). Estos cultivos de microorganismos serán viables, activos y abundantes en el producto hasta la fecha de duración mínima. Si el producto es tratado térmicamente luego de la fermentación, no se aplica el requisito de microorganismos viables”.

Las leches fermentadas pueden describirse como productos lácteos elaborados a partir de leche que ha sido sometida a procesos de pasteurización, esterilización o ebullición, y a la que se le añaden bacterias lácticas de una o varias especies. Estas bacterias son conocidas por su capacidad para transformar algunos azúcares, principalmente la lactosa, en ácido láctico y otros compuestos menores, como el ácido acético, el peróxido de hidrógeno o las bacteriocinas, durante la fermentación. Este proceso provoca una disminución del pH, lo que favorece la coagulación de la caseína en forma de gel y aumenta la vida útil del producto, al inhibir el crecimiento de microorganismos dañinos, incluidos los responsables de la descomposición y otros patógenos. Esto se debe también a un bajo potencial de óxido-reducción y al consumo de componentes esenciales para otros microorganismos por parte de las bacterias lácticas.

Además, durante la fermentación se generan compuestos del grupo carbonilo, como acetaldehído, diacetilo, acetona y acetoina, que aportan sabor al producto, y polisacáridos que contribuyen a una textura cremosa y suave. Dependiendo de factores como la composición y origen de la leche, la temperatura de incubación o la flora bacteriana utilizada, cada tipo de leche fermentada tendrá características distintivas, lo que da lugar a una amplia variedad de productos.

Algunas leches fermentadas se distinguen por el uso de cultivos específicos (o combinaciones de cultivos) en su proceso de fermentación, los cuales están establecidos en la siguiente tabla por el Codex Alimentarius.

Yogur:	Cultivos simbióticos de <i>Streptococcus thermophilus</i> y <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subesp. <i>bulgaricus</i> .
Yogur en base a cultivos alternativos:	Cultivos de <i>Streptococcus thermophilus</i> y toda especie <i>Lactobacillus</i> .
Leche acidófila:	<i>Lactobacillus acidophilus</i> .
Kefir :	Cultivo preparado a partir de gránulos de kefir, <i>Lactobacillus kefiri</i> , especies del género <i>Leuconostoc</i> , <i>Lactococcus</i> y <i>Acetobacter</i> que crecen en una estrecha relación específica. Los gránulos de kefir constituyen tanto levaduras fermentadoras de lactosa (<i>Kluyveromyces marxianus</i>) como levaduras fermentadoras sin lactosa (<i>Saccharomyces unisporus</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> y <i>Saccharomyces exiguus</i>).
Kumys:	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subesp. <i>bulgaricus</i> y <i>Kluyveromyces marxianus</i> .

Tabla 7. Leches fermentadas caracterizadas por cultivos específicos (Codex Alimentarius, 2018).

Así mismo, se pueden incorporar otros microorganismos distintos de los que forman parte de los cultivos de microorganismos inocuos. Los límites para la composición de estos productos están establecidos en la siguiente tabla por el Codex Alimentarius.

	Leche fermentada	Yogur, yogur en base a cultivos alternativos y leche acidófila	Kefir	Kumys
Proteína láctea ^(a) (% w/w)	mín. 2,7%	mín. 2,7%	mín. 2,7%	
Grasa láctea (% w/w)	menos del 10%	menos del 15%	menos del 10%	menos del 10%
Acidez valorable, expresada como % de ácido láctico (% w/w)	mín. 0,3%	mín. 0,6%	mín. 0,6%	mín. 0,7%
Etanol (% vol./w)				mín. 0,5%
Suma de microorganismos que comprenden el cultivo definido en la sección 2.1 (ufc/g, en total)	mín. 10 ⁷	mín. 10 ⁷	mín. 10 ⁷	mín. 10 ⁷
Microorganismos etiquetados ^(b) (ufc/g, en total)	mín. 10 ⁶	mín. 10 ⁶		
Levaduras (ufc/g)			mín. 10 ⁴	mín. 10 ⁴

Tabla 8. Composición de las leches fermentadas (Codex Alimentarius, 2018).

Los criterios de composición mencionados en la tabla anterior son aplicables únicamente a la parte de leche fermentada en las leches fermentadas aromatizadas y en las bebidas a base de leche fermentada. Los criterios microbiológicos, que se basan en la porción de leche fermentada del producto, son válidos hasta la fecha de duración mínima del producto. Este requisito no es aplicable a los productos que han sido sometidos a tratamiento térmico después de la fermentación.

5.2.2. Tipos de leches fermentadas

a) Según la modificación y mezcla de componentes (contenido):

- Leches fermentadas concentradas: La leche fermentada cuyo contenido de proteína ha sido incrementado antes o después de la fermentación hasta alcanzar un mínimo del 5,6% se conoce como leche fermentada concentrada. Entre estos productos se incluyen tradicionales como Stragisto (yogur colado), Labneh, Ymer y Ylette.
- Leches fermentadas aromatizadas: Los productos lácteos compuestos, tal como se definen en la Sección 2.3 de la Norma General para la Utilización de Términos Lácteos (CODEX STAN 206-1999), que contienen un máximo del 50% (m/m) de ingredientes no lácteos. Estos ingredientes pueden incluir carbohidratos tanto nutricionales como no nutricionales, frutas y verduras (así como sus jugos, purés, pastas, preparados y conservantes derivados), cereales, miel, chocolate, frutos secos, café, especias y otros alimentos aromatizantes naturales e inocuos. Los ingredientes no lácteos pueden ser añadidos antes o después de la fermentación.
- Bebidas a base de leche fermentada: Los productos lácteos compuestos, tal como se definen en la Sección 2.3 de la Norma General para el Uso de

Términos Lecheros (CODEX STAN 206-1999), que se obtienen mediante la mezcla de leche fermentada, conforme a la descripción en la Sección 2.1, con agua potable, con o sin la adición de otros ingredientes como suero, ingredientes no lácteos y aromatizantes. Las bebidas a base de leche fermentada deben contener un mínimo del 40% (m/m) de leche fermentada.

b) Según los microorganismos fermentativos implicados en el proceso:

- Leches fermentadas con bacterias lácticas termófilas: Este grupo incluye algunas de las leches fermentadas más comercializadas a nivel mundial, como la leche acidófila, el yogur y el yogur griego. Los microorganismos termófilos utilizados en la fermentación, como *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* y/o *Bifidobacterium bifidum*, realizan una fermentación láctica pura o homofermentativa, cuyo principal producto es el ácido láctico.
 - Yogur: La microbiota fundamental del yogur está compuesta por las bacterias lácticas *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. Estas bacterias tienen una temperatura óptima de crecimiento que oscila entre los 40 y 45°C. Ambos microorganismos son microaerófilos, toleran altos niveles de acidez y coexisten en simbiosis, beneficiándose mutuamente durante el proceso de fermentación.
 - Yogur griego: Originalmente denominado "tiaouri", este tipo de yogur concentrado se elabora con leche de oveja de alto contenido graso, utilizando las mismas cepas fermentativas que el yogur tradicional, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. En la producción industrial moderna, sin embargo, se suele emplear leche de vaca en lugar de leche de oveja.
- Leches fermentadas con bacterias lácticas mesófilas: Los cultivos iniciadores mesófilos, como *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Lactococcus lactis* biovar *diacetylactis* y *Leuconostoc mesenteroides* cremoris, realizan una fermentación láctica pura y tienen una temperatura óptima de crecimiento que varía entre 20 y 22°C. La mayoría de estos microorganismos provienen del norte de Europa, y algunos de los tipos de leches fermentadas pertenecientes a este grupo incluyen las leches y natas acidificadas, la mazada fermentada y el *filmjöl*k (originario de Suecia), entre otros.
 - Langfil: Este tipo de leche fermentada se caracteriza por ser larga, viscosa y filamentosa. Se elabora utilizando *Leuconostoc lactis* var. *cremoris*, un tipo de bacteria láctica productora de

polisacáridos, los cuales son responsables de la viscosidad y textura del producto final.

- Mazada fermentada: Este producto se obtiene tras el batido de la nata fermentada durante la elaboración de mantequilla. Se produce mediante la acidificación con un cultivo iniciador aromatizante a una temperatura de 20°C. Si el contenido graso es insuficiente y es menor al 0,4%, puede desarrollarse un sabor demasiado ácido, lo cual no es recomendable. Por otro lado, a mayor contenido graso, mayor será la cantidad de fosfolípidos, lo que influye directamente en la intensidad del sabor, siendo mucho más característico en comparación con la leche desnatada fermentada.
- Leches fermentadas con bacterias lácticas y levaduras: Son leches fermentadas que contienen una combinación compleja de microorganismos y realizan una fermentación heteroláctica, en la cual las bacterias lácticas producen ácido láctico y las levaduras generan alcohol. Estos productos suelen ser líquidos, ligeramente alcohólicos y efervescentes, debido a la presencia de gas carbónico.
 - Kéfir: Se trata de una leche fermentada ácido-alcohólica originaria de Rusia y el sudoeste asiático, que puede elaborarse a partir de leche de oveja, cabra o vaca. Sin embargo, actualmente, la leche de vaca es la que se utiliza en su producción industrial. Esta bebida tiene un bajo contenido alcohólico, que varía entre el 0,05% y el 1% de alcohol. Es fermentado por una microflora diversa que puede incluir lactococos (*L. lactis* ssp. *lactis*, *L. lactis* ssp. *cremoris*, y *L. lactis* biovar *diacetylactis*), leuconostocs (*L. lactis*, *L. cremoris*), lactobacilos (*Lb. brevis*, *Lb. kefir*, y en ocasiones *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, y *L. acidophilus*). Además, el kéfir tradicional puede contener bacterias productoras de ácido acético.
 - Koumiss: Se trata de una leche fermentada originaria de las tribus mongolas de Asia Central, elaborada tradicionalmente con leche cruda de yegua, la cual tiene un mayor contenido de lactosa y proteínas de suero en comparación con la leche de vaca. En la producción industrial moderna, el koumiss se elabora principalmente con leche de vaca, utilizando diversas técnicas para emular las características de la leche de yegua. El contenido alcohólico es generalmente mayor, alcanzando alrededor del 2,5% de alcohol.
- Leches fermentadas con bacterias lácticas y mohos:
 - Viili: Se trata de una leche fermentada de consistencia viscosa, originaria de Finlandia. Los cultivos iniciadores de la fermentación son bacterias lácticas mesófilas y el hongo *Geotrichum candidum*, cuya temperatura óptima de crecimiento varía entre 15 y 35°C. La

leche utilizada como materia prima no se homogeneiza después de la pasteurización, y se inocula con un cultivo de productos polisacáridos y el hongo *Geotrichum candidum*. A continuación, la nata se separa por gravedad hacia la superficie, donde se desarrolla el moho, que hidroliza parte de la grasa. Durante la fermentación, el hongo produce una gran cantidad de anhídrido carbónico (CO₂).

5.3. Definición de yogur

Para la correcta elaboración del producto se han de tener en cuenta las normas establecidas en el Real Decreto 271/2014, de 11 de abril, por el que se aprueba la normativa de calidad para el yogur o yoghurt (en adelante RD 271/2014).

En el artículo 2 del citado RD, se define el yogur o yoghurt como “El producto de leche coagulada obtenido por fermentación láctica mediante la acción de *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* a partir de leche o de leche concentrada, desnatadas o no, o de nata, o de mezcla de dos o más de dichos productos, con o sin la adición de otros ingredientes lácteos indicados en el apartado 2 del artículo 5, que previamente hayan sufrido un tratamiento térmico u otro tipo de tratamiento, equivalente, al menos, a la pasteurización.”. Así mismo, “el conjunto de los microorganismos productores de la fermentación láctica debe ser viables y estar presentes en la parte láctea del producto terminado en cantidad mínima de 1 por 10⁷ unidades formadoras de colonias por gramo o mililitro (UFC/g o UFC/ml).”.

Esta premisa de microorganismos vivos puede justificarse por:

- El concepto tradicional de una leche fermentada.
- Las bacterias viables pueden tener efectos profilácticos y terapéuticos en el consumidor. (Ordoñez et al, 1998).

5.4. Tipología de los yogures

El yogur puede clasificarse en base a distintos criterios.

a) Por su tratamiento tras la fermentación:

- Yogur fresco: se refiere al yogur previamente definido en la sección apartado anterior, que contiene bacterias lácticas viables y no se somete a ningún tratamiento térmico después de la fermentación. Por lo tanto, requiere ser almacenado en frío para preservar las condiciones adecuadas para su consumo.
- Yogur pasteurizado después de la fermentación: es aquel al que se le aplica un tratamiento térmico de pasteurización después del proceso de fermentación. Aunque este procedimiento resulta en la pérdida de la viabilidad de las bacterias lácticas, las características nutricionales del producto se mantienen y no es necesario conservarlo en frío para su adecuado almacenamiento.

- b) Según los productos añadidos, antes o después de la fermentación:
- Yogur azucarado: se le ha añadido azúcar o azúcares comestibles.
 - Yogur edulcorado: es el yogur natural al que se han añadido edulcorantes autorizados.
 - Yogur con fruta, zumos y/u otros alimentos: es el yogur natural al que se han añadido frutas, zumos y/u otros alimentos.
 - Yogur aromatizado: es el yogur natural al que se han añadido aromas y otros ingredientes alimentarios con propiedades aromatizantes autorizados.
- c) Según su contenido en grasa y si están enriquecidos:
- Yogur entero: el contenido mínimo de materia grasa será del 2%.
 - Yogur semidesnatado: el contenido de materia grasa estará entre 0,5% y 2%.
 - Yogur desnatado: el contenido mínimo de materia grasa debe ser inferior a 0,5%.
 - Yogur enriquecido: los yogures enriquecidos pueden tener diferentes niveles de grasa, pero se caracterizan por tener ingredientes adicionales agregados para aumentar su valor nutricional. Estos ingredientes pueden incluir proteínas, vitaminas, minerales, probióticos u otros componentes beneficiosos para la salud.
- d) Según su estructura física (consistencia):
- Firme: la coagulación se produce en el mismo envase de consumo, debido a este proceso el coágulo obtiene una estructura de masa continua semisólida.
 - Batido: la coagulación se realiza en tanques industriales y posteriormente se envasan. Se obtiene una estructura de masa casi líquida y muy viscosa, ya que el coágulo se rompe.
 - Líquido: se produce cuando el yogur líquido tiene baja viscosidad y con extracto seco menor, que generalmente está homogeneizado.

5.5. Factores esenciales de composición y calidad

En el artículo 6 del citado RD, se recogen los factores esenciales de composición y calidad del yogur:

1. Todos los yogures deberán tener un pH igual o inferior a 4,6.
2. El contenido mínimo de materia grasa de los yogures, en su parte láctea, será de 2 por 100 m/m, salvo para los yogures «semidesnatados», en los que será inferior

a 2 y superior a 0,5 por 100 m/m, y para los yogures «desnatados», en los que será igual o inferior a 0,5 por 100 m/m.

3. Todos los yogures tendrán, en su parte láctea, un contenido mínimo de extracto seco magro de 8,5 por 100 m/m.
4. Contenido en yogur:
 - a) Para los yogures con frutas, zumos y/u otros alimentos, la cantidad mínima de yogur en el producto terminado será del 70 por 100 m/m.
 - b) Para los yogures aromatizados, la cantidad mínima de yogur en el producto terminado será del 80 por 100 m/m.

5.6. Composición nutricional del yogur

El yogur es un producto lácteo que se obtiene a través de la fermentación bacteriana de la leche. Su composición puede variar de manera leve según la marca, el tipo de leche utilizada (entera, desnatada, etc.) y los ingredientes adicionales, pero los componentes básicos del yogur generalmente son los siguientes:

	Por 100 g de porción comestible	Por unidad (125 g)	Recomendaciones dieta-hombres	Recomendaciones dieta-mujeres		Por 100 g de porción comestible	Por ración (225 g)	Recomendaciones dieta-hombres	Recomendaciones dieta-mujeres
Energía (Kcal)	57	71	3.000	2.300	Energía (Kcal)	66	149	3.000	2.300
Proteínas (g)	3,7	4,6	54	41	Proteínas (g)	3,3	7,4	54	41
Lípidos totales (g)	2,7	3,4	100-117	77-89	Lípidos totales (g)	3,6	8,1	100-117	77-89
AG saturados (g)	1,66	2,08	23-27	18-20	AG saturados (g)	1,95	4,39	23-27	18-20
AG monoinsaturados (g)	0,77	0,96	67	51	AG monoinsaturados (g)	0,93	2,09	67	51
AG poliinsaturados (g)	0,11	0,14	17	13	AG poliinsaturados (g)	0,09	0,20	17	13
ω-3 (g)	0,023	0,029	3,3-6,6	2,6-5,1	ω-3 (g)	0,016	0,036	3,3-6,6	2,6-5,1
C18:2 Linoleico (ω-6) (g)	0,096	0,120	10	8	C18:2 Linoleico (ω-6) (g)	0,068	0,153	10	8
Coolesterol (mg/1000 kcal)	12	15,0	<300	<230	Coolesterol (mg/1000 kcal)	14	31,5	<300	<230
Hidratos de carbono (g)	4,4	5,5	375-413	288-316	Hidratos de carbono (g)	5	11,3	375-413	288-316
Fibra (g)	0	0	>35	>25	Fibra (g)	0	0	>35	>25
Agua (g)	89,2	112	2.500	2.000	Agua (g)	88,1	198	2.500	2.000
Calcio (mg)	142	178	1.000	1.000	Calcio (mg)	121	272	1.000	1.000
Hierro (mg)	0,09	0,1	10	18	Hierro (mg)	0,1	0,2	10	18
Yodo (μg)	3,7	4,6	140	110	Yodo (μg)	90	203	140	110
Magnesio (mg)	14,3	17,9	350	330	Magnesio (mg)	12	27,0	350	330
Zinc (mg)	0,59	0,7	15	15	Zinc (mg)	0,3	0,7	15	15
Sodio (mg)	80	100	<2.000	<2.000	Sodio (mg)	50	113	<2.000	<2.000
Potasio (mg)	280	350	3.500	3.500	Potasio (mg)	150	338	3.500	3.500
Fósforo (mg)	170	213	700	700	Fósforo (mg)	92	207	700	700
Selenio (μg)	2	2,5	70	55	Selenio (μg)	1	2,3	70	55
Tiamina (mg)	0,04	0,05	1,2	0,9	Tiamina (mg)	0,04	0,09	1,2	0,9
Riboflavina (mg)	0,18	0,23	1,8	1,4	Riboflavina (mg)	0,18	0,41	1,8	1,4
Equivalentes niacina (mg)	0,44	0,6	20	15	Equivalentes niacina (mg)	0,8	1,8	20	15
Vitamina B ₆ (mg)	0,05	0,06	1,8	1,6	Vitamina B ₆ (mg)	0,04	0,09	1,8	1,6
Folatos (μg)	3,7	4,6	400	400	Folatos (μg)	5	11,3	400	400
Vitamina B ₁₂ (μg)	0,2	0,3	2	2	Vitamina B ₁₂ (μg)	0,3	0,7	2	2
Vitamina C (mg)	0,7	0,9	60	60	Vitamina C (mg)	1,8	4,1	60	60
Vitamina A: Eq. Retinol (μg)	9,1	11,4	1.000	800	Vitamina A: Eq. Retinol (μg)	38,7	87,1	1.000	800
Vitamina D (μg)	0,06	0,08	15	15	Vitamina D (μg)	0,03	0,07	15	15
Vitamina E (mg)	0,04	0,1	12	12	Vitamina E (mg)	0,1	0,2	12	12

Tabla 9. Composición nutricional de un yogur entero natural y de la leche de vaca entera. (FEN, Federación Española de Nutrición, 2013).

El valor nutritivo de un alimento no solo depende de su contenido en nutrientes, sino también de factores como la biodisponibilidad, digestibilidad y la asimilación de dichos nutrientes. Por lo tanto, aunque el contenido en macro y micronutrientes del yogur es similar al de la leche de la que proviene, su valor nutricional es superior debido a su fácil digestión, su alta concentración de enzimas y las características específicas de su composición nutricional.

Aunque el yogur es principalmente reconocido por su alto contenido en calcio, es relevante destacar también su aporte significativo de macro y micronutrientes. El yogur es un alimento de alta densidad nutricional, ya que proporciona minerales, vitaminas y

proteínas de alto valor biológico. Por lo tanto, su consumo ayuda considerablemente a satisfacer los requerimientos de diversos micronutrientes esenciales.

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL EN AGUA, ENERGÍA Y MACRONUTRIENTES DE DIFERENTES TIPOS DE YOGURES					
	Agua (g)	Energía (Kcal)	Proteínas (g)	Hidratos de Carbono (g)	Lípidos (g)
Yogur natural entero	87,9	64,4	4	5,5	2,6
Yogur natural desnatado	89,1	47,8	4,3	6,3	0,32
Yogur de sabores entero	75,6	114	5,4	15,6	3,4
Yogur entero con frutas	78,7	95	3,8	14,3	2,3
Yogur griego	78	139	6,4	5,4	10,2

Tabla 10. Composición nutricional en agua, energía y macronutrientes de distintos tipos de yogures (*Leches fermentadas en la CAM, 2007*).

COMPOSICIÓN EN VITAMINAS Y MINERALES DEL YOGUR													
	B ₁ (mg)	B ₂ (mg)	B ₃ (mg)	B ₆ (mg)	B ₉ (µg)	B ₁₂ (µg)	C (mg)	A (µg)	D (µg)	E (mg)	Ca (mg)	P (mg)	Zn (mg)
Yogur natural entero	0,04	0,18	0,44	0,05	3,7	0,2	0,7	9,8	0,06	0,04	142	170	0,59
Yogur natural desnatado	0,04	0,19	1,2	0,08	4,7	0,4	1,6	0,8	0	Tr	140	109	0,44
Yogur de sabores entero	0,03	0,2	0,44	0,05	13,5	0,17	0,94	27,4	0,05	0,08	121	140	0,52
Yogur entero con frutas	0,03	0,2	1,4	0,013	18,1	0,18	0,7	14,5	0,04	0,03	109	130	0,3
Yogur griego	0,03	0,36	1,6	0,05	6	0,2	Tr	121	0,05	0,38	150	130	0,5

Tabla 11. Composición en micronutrientes de distintos tipos de yogures (*Leches fermentadas en la CAM, 2007*).

Las principales diferencias en cuanto a la composición de macronutrientes y micronutrientes se pueden resumir en los siguientes puntos:

a) Energía

La energía proporcionada por el yogur es bastante similar a la de la leche natural, aunque puede variar dependiendo de los ingredientes añadidos. Según el tipo de

yogur, el valor calórico de 100 gramos de producto puede variar desde las 47,8 kcal en el caso del yogur natural desnatado, hasta las 139 kcal en los yogures griegos.

b) Agua

El contenido de agua en un yogur puede variar ligeramente según la marca y el proceso de fabricación, pero en general, el yogur natural contiene alrededor del 80-90% de agua. Esto implica que aproximadamente el 80-90% del peso total de un yogur natural está compuesto por agua. Sin embargo, este valor puede cambiar en los yogures con sabor o los enriquecidos con ingredientes adicionales, ya que la adición de frutas, azúcar u otros componentes puede aumentar el contenido de sólidos y reducir el porcentaje de agua en el producto final.

c) Hidratos de carbono

El yogur contiene varios tipos de hidratos de carbono, siendo la lactosa, el azúcar predominante de la leche, el más abundante. El aporte de lactosa al organismo depende de la capacidad del intestino para absorberla, lo cual está determinado por la actividad de las lactasas, las enzimas que descomponen la lactosa en sus monómeros, glucosa y galactosa. Estos monómeros son los que el intestino puede asimilar y utilizar.

En el proceso de elaboración del yogur, bacterias lácticas como *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* fermentan la lactosa presente en la leche, transformándola en ácido láctico, lo que reduce el contenido final de este azúcar. Esta fermentación es la responsable de la acidez de la leche, lo que da lugar al yogur.

No obstante, la fermentación no elimina por completo toda la lactosa de la leche, por lo que el yogur todavía puede contener algo de lactosa. La cantidad remanente de lactosa en el yogur puede variar según el tiempo de fermentación y la cantidad de lactosa que las bacterias logran consumir.

Así mismo, una parte de la lactosa se encuentra parcialmente hidrolizada debido a la actividad lactásica, ya que los microorganismos la utilizan como fuente de energía durante la elaboración del yogur.

Por esta razón, se ha comprobado científicamente que el consumo de yogur favorece la digestión de la lactosa y alivia los síntomas típicos de la intolerancia a la lactosa, según lo aprobado por la EFSA (Agencia Europea de Seguridad Alimentaria). Además, conforme al Reglamento UE 432/2012, la EFSA ha autorizado una alegación de salud relacionada con los cultivos vivos presentes en el yogur, afirmando que “mejoran la digestión de la lactosa en personas con dificultades para digerirla”.

El yogur también contiene otros tipos de carbohidratos, aunque en menor cantidad, como glucosa, galactosa, glucolípidos, glucoproteínas y oligosacáridos. En los últimos años, ha aumentado el interés por los oligosacáridos debido a su potencial efecto prebiótico.

d) Proteínas

El yogur proporciona alrededor del 3,7-4,6% de proteínas por porción comestible, lo que representa entre el 7% y el 9% de la cantidad diaria recomendada de proteínas.

El yogur es una fuente rica en proteínas de alto valor biológico, que incluyen diversos tipos de caseínas (α , κ , β y γ), proteínas del lactosuero como α -lactoalbúmina, β -lactoglobulina, albúmina sérica, proteasas-peptonas, inmunoglobulinas, y enzimas como lipasas, proteasas y fosfatasas. También contiene metaloproteínas como la transferrina, ceruloplasmina y lactoferrina. Algunas de estas proteínas, como las caseínas y las séricas, pueden ayudar a reducir el apetito y contribuir al desarrollo de músculos y huesos.

El yogur suele tener un contenido de proteínas más alto que la leche cruda de la que proviene, debido a la adición de leche en polvo desnatada durante su elaboración. Además, la digestibilidad de las proteínas en el yogur es superior a la de la leche convencional en base a dos factores principales. En primer lugar, las enzimas proteolíticas de los microorganismos realizan una predigestión, liberando péptidos y aminoácidos libres que son de fácil digestión y absorción. En segundo lugar, la reducción del pH provoca la precipitación de la caseína en pequeñas partículas, lo que facilita la acción de las enzimas intestinales una vez que el yogur llega al organismo.

En los últimos años, los péptidos presentes en el yogur han despertado un gran interés científico debido a sus propiedades antihipertensivas, antimicrobianas, inmunomoduladoras, hipolipemiantes y por su posible efecto en la prevención de la acumulación de grasa a nivel central.

Es importante considerar que algunos yogures pueden tener un contenido de proteínas algo mayor, especialmente aquellos etiquetados como "altos en proteínas", ya que se les incorporan proteínas adicionales durante su proceso de fabricación.

e) Lípidos

El yogur, incluso en su versión entera con aproximadamente un 3.5% de grasa, sigue siendo considerado un lácteo moderadamente bajo en grasa. El yogur comparte muchas características con la leche en relación al perfil de ácidos grasos, ya que se produce a partir de esta. Sin embargo, la fermentación bacteriana que ocurre durante su producción da lugar a algunas variaciones en la composición de estos ácidos grasos. Es común encontrar mayores concentraciones de ácidos

grasos de cadena corta y media en el yogur, como el ácido láurico, butírico y caproico, los cuales son generados por las bacterias lácticas en el proceso de fermentación. Estos ácidos grasos son fácilmente digeridos, lo que proporciona una fuente rápida de energía que el cuerpo utiliza de inmediato, evitando el almacenamiento en forma de grasa corporal.

Además de estos ácidos grasos saturados, el yogur también contiene ácidos grasos trans de origen natural, que son diferentes de los industriales, los cuales, cuando se consumen en exceso, pueden aumentar el riesgo de enfermedades cardiovasculares. En cambio, los ácidos grasos trans naturales presentes en los productos lácteos, como el trans-palmitoleato, están relacionados con beneficios para la salud, como una disminución de la resistencia a la insulina y una menor probabilidad de sufrir enfermedades metabólicas. Recientemente, se ha demostrado que la grasa láctea, en comparación con otras grasas animales, podría tener efectos positivos en la prevención de enfermedades cardiovasculares, la diabetes tipo II y el síndrome metabólico, lo que está desafiando las concepciones previas sobre los ácidos grasos saturados y sus efectos negativos en la salud.

f) Minerales

El yogur es una excelente fuente de minerales esenciales, destacando principalmente por su contenido de calcio. Este mineral, vital para la salud ósea y dental, también desempeña un papel importante en la función muscular, la coagulación sanguínea y la transmisión de señales nerviosas. Aunque la cantidad de calcio en el yogur puede variar según el tipo, una ración de dos yogures al día proporciona aproximadamente 350 mg de calcio, cubriendo más del 40% de la ingesta diaria recomendada para un adulto, que es de alrededor de 800 mg. Esto lo convierte en una opción accesible para aquellos que buscan una fuente confiable de calcio en su dieta, especialmente cuando se compara con otros alimentos como las lentejas, las almendras o las espinacas, que necesitarían consumirse en grandes cantidades para ofrecer el mismo aporte.

El proceso de fermentación del yogur, que involucra la acción de bacterias lácticas, no solo mejora el sabor y la textura, sino que también aumenta la biodisponibilidad de ciertos minerales, especialmente el calcio y el fósforo. Durante esta fermentación, el pH del yogur disminuye debido a la producción de ácido láctico, lo que hace que minerales como el calcio y el fósforo se solubilizan mejor, facilitando su absorción por el cuerpo en comparación con la leche no fermentada. Esto significa que, aunque las cantidades de estos minerales en el yogur no difieren drásticamente de las presentes en la leche, su forma es mucho más accesible para el organismo.

Además de calcio y fósforo, el yogur también es una buena fuente de potasio, un mineral esencial para el funcionamiento adecuado de los músculos y el sistema

nervioso, además de ayudar a mantener el equilibrio de líquidos y controlar la presión arterial.

g) Vitaminas

El yogur es una fuente rica en varias vitaminas esenciales, aunque el contenido exacto de estos micronutrientes puede variar según diversos factores, como el tipo de leche utilizada, el proceso de fermentación y el tratamiento térmico al que se somete. Entre las vitaminas más destacadas se encuentran las liposolubles, como la vitamina A y la vitamina D, que están presentes principalmente en el yogur entero. Además, las vitaminas del complejo B, en especial la B2, B3 y B12, también juegan un papel importante en su valor nutricional.

En particular, los cultivos iniciadores empleados durante la fermentación del yogur influyen significativamente en el perfil vitamínico del producto final. Estos microorganismos no solo contribuyen a la producción de vitaminas del grupo B, sino que también pueden consumir algunas de ellas durante su proceso de crecimiento, lo que puede reducir su concentración en el producto terminado. A pesar de esto, el yogur sigue siendo una buena fuente de varias vitaminas, con la vitamina B12, la vitamina B6, la vitamina A y la vitamina C siendo las más abundantes.

Por ejemplo, una porción de yogur puede aportar entre el 10% y el 15% de la ingesta diaria recomendada de vitamina B12, fundamental para la salud del sistema nervioso y la formación de glóbulos rojos. También contiene vitamina B6, que apoya el metabolismo, la función cerebral y el sistema inmunológico, aunque en menor cantidad, alrededor del 3% al 4% de la ingesta diaria recomendada. En cuanto a la vitamina A, importante para la visión y la salud de la piel, el yogur puede proporcionar entre el 1% y el 2% de la cantidad diaria recomendada por porción.

Además, algunos yogures, especialmente los enriquecidos, pueden ser una fuente adicional de vitamina D, que juega un papel crucial en la absorción de calcio y el mantenimiento de huesos y dientes saludables. Los yogures naturales tienden a tener una mayor concentración de estas vitaminas en comparación con los yogures saborizados, que a menudo contienen azúcares añadidos que pueden reducir la calidad nutricional del producto.

5.7. Alimentos funcionales. Probióticos

Los términos "alimentos funcionales" y "probióticos" son ampliamente utilizados y valorados, pero a menudo sin una comprensión clara de su verdadero significado. Hace más de un siglo comenzó a hablarse de los beneficios derivados del consumo regular de probióticos, y en las últimas décadas se han realizado numerosos estudios sobre este tema. Aunque existe una gran cantidad de información disponible, esta a veces es dispersa y contradictoria.

Recientemente, han surgido preguntas sobre la capacidad de los microorganismos probióticos para sobrevivir en el tracto gastrointestinal, así como sobre la conveniencia de mantenerlos vivos antes de su consumo. Se ha estudiado la importancia de que los microorganismos probióticos se mantengan activos y vivos, observándose que sus efectos biológicos dependen en gran medida de su capacidad para sobrevivir en el tracto digestivo.

Los probióticos parecen tener efectos beneficiosos cuando se incorporan al sistema digestivo, un entorno altamente complejo en el que coexisten más de 400 especies bacterianas, muchas de las cuales aún no han sido identificadas. Además, se desconoce en gran medida el papel específico que desempeñan estos microorganismos en la flora intestinal y las interacciones entre ellos.

Por otro lado, está comprobado que la alimentación influye significativamente en la salud de las personas, siendo el aparato digestivo el primer punto de contacto entre los alimentos y la microflora. La inclusión de probióticos en la dieta genera nuevas interacciones, muchas de las cuales se han identificado como beneficiosas. Cabe destacar que la mucosa intestinal actúa como una barrera de defensa inespecífica contra agentes externos, una función que, según estudios, los probióticos pueden reforzar.

Dentro de los alimentos funcionales, los probióticos constituyen un grupo particular. Este campo abarca una variedad de productos fermentados que se consumen ampliamente en diferentes culturas, y no se limitan a aquellos derivados de la leche, sino también a otros como los cereales. Los probióticos tienen un efecto más allá de la nutrición, actuando sobre diversos órganos y sistemas. Los géneros bacterianos más comunes como probióticos son el *Streptococcus*, *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, siendo las bacterias ácido-lácticas (BAL) las más utilizadas con este fin.

A principios del siglo XX, el científico Elie Metchnikoff, premio Nobel de Medicina, propuso que el consumo de bacterias lácticas no patógenas podría ser beneficioso para la salud humana. Hoy en día, existe una vasta literatura que respalda los efectos saludables de las BAL y de los productos derivados de su fermentación. Estos efectos no solo están relacionados con sus propiedades nutricionales y su impacto en el tracto gastrointestinal, sino también con su acción sobre el sistema inmune.

Las BAL ayudan a crear una barrera natural en el organismo, inhibiendo el crecimiento de bacterias patógenas sin afectar a las bacterias benéficas, lo que contribuye a una mayor resistencia a infecciones. También se ha demostrado que las BAL tienen múltiples efectos positivos, como la mejora de la diarrea de diversas causas, la regulación de la actividad inmunológica, la disminución de la intolerancia a la lactosa, una menor prevalencia de alergias, efectos antiinflamatorios en la mucosa intestinal y actividad anticancerígena. En pediatría, los lactobacilos se usan para prevenir y tratar diversas afecciones, como diarreas de origen viral y bacteriano, problemas relacionados con el uso de antibióticos y la intolerancia a la lactosa.

Numerosos estudios han documentado las propiedades inmunomoduladoras de las BAL, tanto a nivel de la mucosa intestinal como en el sistema inmunológico general. Investigaciones "in vivo" e "in vitro" realizadas con leches fermentadas por distintos tipos de BAL han evidenciado cambios en varios parámetros inmunológicos, como la concentración de macrófagos, anticuerpos, interferón (INF), citoquinas y la activación de la fagocitosis.

5.7.1. Definición de alimento funcional

No existe un acuerdo para definir de forma precisa lo que son los alimentos funcionales debido a que muchos expertos consideran que se trata de un concepto aún en desarrollo y que bien podría considerárseles como productos intermedios entre los tradicionales y la medicina.

En 1999, el International Life Science Institute definió los alimentos funcionales como aquellos que, además de los beneficios nutricionales comunes, demuestran tener un efecto positivo sobre una o varias funciones específicas del organismo, contribuyendo a mejorar la salud, el bienestar y/o reducir el riesgo de enfermedades. Estos alimentos pueden ser considerados nuevos, según las categorías establecidas por la Unión Europea y el Comité Científico de la Alimentación Humana.

La idea de los alimentos funcionales fue desarrollada en Japón durante la década de 1980 como consecuencia de una necesidad para reducir el alto coste de los seguros de salud, los cuales aumentaban por la necesidad de proveer cobertura a una población cada vez más envejecida. El término se refería a alimentos procesados que contienen ingredientes que ayudan a ciertas funciones específicas del organismo además de ser nutritivos.

De acuerdo a los japoneses los alimentos funcionales pueden clasificarse en 3 categorías:

1. Alimentos a base de ingredientes naturales.
2. Alimento que deben consumirse como parte de la dieta diaria.
3. Alimentos que al consumirse se cumplen un papel específico en las funciones del cuerpo humano, incluyendo: mejoras de los mecanismos de defensa biológica, prevención o recuperación de alguna enfermedad específica, control de las condiciones físicas y mentales, retardo en el proceso de envejecimiento.

En los Estados Unidos la categoría de alimentos funcionales no está legalmente reconocida. A pesar de ello, muchas organizaciones han propuesto definiciones para esta nueva era de las ciencias de los alimentos y de la nutrición. El Directorio de Alimentos y Nutrición del Instituto de Medicina ha definido a los alimentos funcionales como “cualquier alimento o ingrediente alimentario que pueda proporcionar beneficios de salud además de los tradicionalmente nutricionales”.

En 1989, el Dr. Herbert Pierson, acuñó el término “alimentos diseñados” para describir aquellos alimentos que contienen naturalmente o que son enriquecidos con componentes químicos, biológicamente activos pero no nutritivos, provenientes de plantas (fitoquímicos) efectivos en la reducción de los riesgos al cáncer. Ese mismo año el Dr.

Stephen Defelice, crea el término “nutraceútico” para referirse a “cualquier sustancia que pueda ser considerada como alimento o como parte de un alimento y que proporciona beneficios médicos o de salud, incluyendo la prevención o el tratamiento de una enfermedad”.

Con el paso del tiempo otros términos creados para caracterizar los alimentos funcionales incluyen: alimentos genéticamente diseñados, fármaco alimentos, fitoalimentos (fitonutrientes), alimentos genómicos, alimentos terapéuticos, prebióticos/probióticos, etc.

5.7.2. Características de los alimentos funcionales

- Tienen componentes bioactivos como antioxidantes, fibra, ácidos grasos esenciales, vitaminas minerales o probióticos que aportan los beneficios adicionales para la salud.
- Efectos específicos: cada alimento funcional tiene efectos específicos en el organismo que pueden ir desde fortalecer el sistema inmunológico hasta mejorar la digestión o prevenir enfermedades cardiovasculares.
- Consumo regular: sus beneficios se obtienen al consumirlos de forma regular como parte de una dieta equilibrada.
- No son medicamentos: no curan enfermedades, pero pueden ayudar a prevenirlas y mejorar la calidad de vida.

5.7.3. Origen de la “revolución” de los alimentos funcionales

Muchos factores han contribuido a la presente “revolución” dietaria y al interés en los alimentos funcionales:

- La evidencia abundante acerca del papel vital de los factores nutritivos en el mantenimiento de la salud y en la ocurrencia de las enfermedades
- El papel de la dieta en la ocurrencia de 10 de las mayores causas de muerte en los Estados Unidos, incluyendo: enfermedades del corazón, cáncer, derrame cerebral, enfermedades hepáticas, etc.

Otras enfermedades, aunque no fatales, también resultan de una dieta inadecuada y causan problemas de capacitación física como por ejemplo la osteoporosis.

El consumo de dietas con alto contenido de productos de origen vegetal (frutas, verduras, granos integrales, leguminosas) Es considerado como medios de protección contra enfermedades crónicas, especialmente el cáncer.

Las personas que consumen un bajo nivel de frutas y vegetales tienen un doble nivel de riesgo para adquirir diversos tipos de cáncer que aquellas personas con un alto nivel de consumo de este tipo de alimentos.

Esto lleva a pensar a muchos que es posible que el aumento en el consumo de compuestos fitoquímicos con actividad biológica presentes en una dieta, contribuyen a la reducción del riesgo de cáncer.

Todos estos factores han contribuido a un gran interés en el papel de alimentos fisiológicamente funcionales en la prevención de enfermedades y en la promoción de la salud partiendo del hecho de que la evidencia científica enfatiza que:

1. Existe una fuerte relación entre los alimentos que se consumen y la salud humana y también la de los animales utilizados como parte del ciclo de alimentación del hombre.
2. El cada vez más amplio conocimiento científico correlaciona en forma benéfica las funciones de varios componentes alimenticios (nutrientes y no nutrientes) con la prevención y el tratamiento de enfermedades específicas.
3. Las nuevas tecnologías -biotecnología, ingeniería genética- han creado posibilidades sin límites en las áreas de los descubrimientos científicos, la creación de nuevos productos y la producción en gran volumen.
4. Los desarrollos logrados han resultado en un momento en el número potencial de productos con beneficios médicos y para la salud.

5.7.4. Probióticos. Definición y características

Los probióticos son aquellos microorganismos vivos que, al ser agregados como suplemento en la dieta, afectan en forma beneficiosa al desarrollo de la flora microbiana en el intestino.

Los probióticos estimulan las funciones protectoras del sistema digestivo. Son también conocidos como bioterapéuticos, bioprotectores o bioprolácticos y se utilizan para prevenir las infecciones entéricas y gastrointestinales. Para que un microorganismo pueda realizar esta función de protección tiene que cumplir los postulados de Huchetson: ser habitante normal del intestino, tener un tiempo corto de reproducción, ser capaz de producir compuestos antimicrobianos y ser estable durante el proceso de producción, comercialización y distribución para que pueda llegar vivo al intestino. Es importante que estos microorganismos puedan ser capaces de atravesar la barrera gástrica para poder multiplicarse y colonizar el intestino.

El efecto protector de estos microorganismos se realiza mediante dos mecanismos:

- El antagonismo que impide la multiplicación de los patógenos y la producción de toxinas que imposibilitan su acción patogénica. Este antagonismo está dado por la competencia por los nutrientes o los sitios de adhesión.
- Mediante la inmunomodulación protegen al huésped de las infecciones, induciendo a un aumento de la producción de inmunoglobulinas, aumento de la activación de las células mononucleares y de los linfocitos.

Las bacterias ácido lácticas utilizan varios azúcares como la glucosa y la lactosa para la producción de ácido láctico mediante la fermentación. Algunas bacterias conocidas como anaerobias facultativas y otras como anaerobias obligadas, pueden colonizar transitoriamente el intestino y sobrevivir durante el tránsito intestinal; además por su adhesión al epitelio, modifican la respuesta inmune local del hospedero.

Está demostrada la eficacia de las bacterias vivas que se utilizan como fermentos lácticos en el tratamiento de los signos y síntomas que acompañan la intolerancia a la lactosa. Ha sido probado in vitro e in vivo el efecto de los probióticos en estados patológicos como diarreas, infecciones del sistema urinario, desórdenes inmunológicos, intolerancia a la lactosa, hipercolesterolemia, algunos tipos de cáncer y las alertas alimentarias.

El yogur tiene las condiciones necesarias para ser considerado como un alimento probiótico. Contiene microorganismos vivos, una parte de ellos permanece en el sistema intestinal e interactúan con la flora bacteriana.

Estas bacterias presentes en el yogur y otras leches fermentadas se caracterizan por transformar mediante la fermentación algunos azúcares, principalmente la lactosa transformándose en ácidos orgánicos como el láctico y el acético. La ingesta regular de leches fermentadas puede resultar beneficiosa para prevenir enfermedades infecciosas comunes por ingestión de patógenos.

Se ha comprobado que algunos probióticos mejoran los síntomas de la intolerancia a la lactosa.

5.7.5. Características de las bacterias probióticas

Las especies y las bacterias que se pueden utilizar en medicina clínica como probióticos se seleccionan sobre la base de una serie de requisitos que estas deben poseer. Encontrar microorganismos verdaderamente activos, vitales y eficaces lleva muchos años de investigación; y precisamente con el fin de encontrar bacterias cada vez más seguras y eficaces, en los últimos años se han llevado a cabo una serie de proyectos de investigación, algunos financiados por la Comunidad Europea y otros por sociedades privadas, que apuntan a definir las características que deben tener las bacterias probióticas. Particularmente hay que considerar:

- Seguridad biológica: no deben causar infecciones de órganos o de sistemas.
- Capacidad de ser toleradas por el sistema inmunitario del organismo huésped y, por lo tanto, deben ser preferiblemente de proveniencia intestinal.
- Capacidad de resistir la acción de los ácidos gástricos y de las sales biliares, para que puedan llegar vivas en grandes cantidades al intestino.
- Capacidad de adherirse a la superficie de la mucosa intestinal y de colonizar el segmento gastrointestinal.
- Sinergia con la microflora endógena normal.
- Efecto barrera: este término define la capacidad de producir sustancias que tengan una acción trófica sobre el epitelio de la mucosa intestinal.

- Capacidad de potenciar las defensas inmunitarias del huésped.

5.7.6. Principales efectos saludables de los probióticos

a) Digestión de las proteínas: proteólisis

Entre los efectos nutricionales de los probióticos está el de mejorar la digestibilidad de los alimentos. Gracias al aporte enzimático, la flora probiótica contribuye a mejorar la digestión de los alimentos y favorece, sobre todo, la digestión de las proteínas. Se sabe que las moléculas de las proteínas son difíciles de digerir, pero con el aporte de las bacterias probióticas, las proteínas ingeridas se transforman, gracias a las enzimas proteolíticas, en moléculas más pequeñas (polipéptidos y luego aminoácidos) y por tanto más digeribles.

b) Digestión de las grasas: lipólisis

También las grasas sufren una transformación por obra de la flora probiótica: la enzima lipasa de los probióticos las transforman en ácidos grasos y glicerol. Además de tener una función particularmente útil en las preparaciones dietéticas para lactantes, ancianos y convalecientes, está indicada especialmente en el tratamiento de las enfermedades del metabolismo (desconjugación de las sales biliares y transformación del colesterol en los lípidos séricos de las hipercolesterolemias e hiperlipemias en general).

c) Síntesis de las vitaminas del Grupo B

Algunos cultivos de bacterias probióticas requieren, para su actividad metabólica, de las vitaminas del grupo B. Mientras que otras logran sintetizar directamente vitaminas (K, B12, B9, B2, B6) cuya actividad es particularmente útil para la función fisiológica del aparato gastrointestinal.

d) Sobre la anatomía y la fisiología del segmento digestivo

El ecosistema microbiano del aparato digestivo actúa sobre numerosas propiedades fisiológicas, sobre todo, en lo que se refiere al proceso de absorción a nivel intestinal. La microflora interviene aumentando el volumen de los compartimientos digestivos, la superficie intestinal de absorción y el tránsito digestivo y la motilidad intestinal.

e) Efectos terapéuticos

La acción antagonista hacia gérmenes patógenos es la acción más importante de la microflora digestiva, es decir, proteger frente a las infecciones y la colonización, por parte de gérmenes patógenos, del tubo digestivo.

f) Estimulación de la inmunidad

Las bacterias tienen una acción estimulante sobre el sistema inmunitario del huésped, ya que actúan tanto sobre las células implicadas y la inmunidad natural, como en las relacionadas con la inmunidad específica, y también sobre los

macrófagos. Además, parece que la presencia de los microorganismos probióticos favorece la reproducción de anticuerpos, especialmente las IgA secretoras en la luz intestinal.

g) Neutralización de los productos tóxicos

La inactivación de los compuestos tóxicos gracias a las bacterias lácticas representa otro aspecto muy importante de la acción probiótica y terapéutica de ellas. Se pueden acumular en la microflora intestinal para reducir la absorción de sustancias tóxicas como en amoníaco los aminados y el indol.

h) Lucha contra el estrés

El estrés es uno de los factores que influyen la variación de la microflora digestiva, provocando una alteración de la fisiología general y, por lo tanto, también de la del aparato digestivo. Como consecuencia se modifica la microflora y las actividades que dependen de ella.

i) Protección contra las infecciones intestinales

Muchas investigaciones han demostrado que las bacterias lácticas pueden ejercer una actividad antimicrobiana sobre algunos componentes patógenos de la flora intestinal. La actividad antimicrobiana de las bacterias lácticas se debe a la acumulación de bacteriocinas, antibióticos, agua oxigenada, ácido láctico y ácido benzoico.

j) Protección del aparato urogenital

El predominio de los lactobacilos en el aparato urogenital de los sujetos sanos se ha relacionado al efecto de protección que éstos ejercen contra la invasión de las cavidades del cuerpo por parte de microorganismos patógenos, tanto endógenos como exógenos.

5.7.7. Beneficios asociados al consumo de yogur

El consumo de yogur puede ofrecer diversos beneficios para la salud gracias a su rica composición en nutrientes esenciales. A continuación, se detallan algunos de los beneficios de incluir yogur en la dieta:

➤ Fuente de calcio

El yogur es una fuente destacada de calcio, un mineral fundamental para mantener la salud ósea y dental. Su consumo regular puede contribuir al fortalecimiento de los huesos y ayudar en la prevención de la osteoporosis.

La osteoporosis es una condición que se caracteriza por la disminución de la densidad y calidad ósea, lo que incrementa la fragilidad y la probabilidad de sufrir fracturas. En los seres humanos, la masa ósea continúa aumentando hasta los 20-30 años, momento en el que se alcanza su punto máximo. Este pico máximo ayuda

a compensar las pérdidas óseas que comienzan a ocurrir después de esa etapa, por lo que, cuanto mayor sea el pico, menor será el riesgo de desarrollar osteoporosis en el futuro.

Aunque los factores genéticos son cruciales y determinan hasta un 80% de la masa ósea máxima alcanzada, también existen factores ambientales que afectan el riesgo de osteoporosis. Entre ellos se encuentran el ejercicio físico, el tabaquismo, el consumo de alcohol y los hábitos alimenticios. Por ejemplo, se ha demostrado que el calcio tiene un papel clave en la formación y el mantenimiento de una masa ósea adecuada.

➤ Proteínas de alta calidad

El yogur es una excelente fuente de proteínas, esenciales para el crecimiento y reparación de tejidos, así como para mantener la masa muscular.

➤ Probióticos beneficiosos

Algunos tipos de yogur contienen probióticos, microorganismos vivos que favorecen la salud intestinal. Estos probióticos ayudan a mantener un equilibrio adecuado de la flora intestinal y favorecen una mejor digestión.

➤ Fortalecimiento del sistema inmunológico

Se ha sugerido que los probióticos presentes en el yogur pueden tener efectos positivos sobre la respuesta inmunitaria, ayudando a reforzar las defensas del cuerpo.

➤ Vitaminas y minerales

El yogur es una buena fuente de vitaminas y minerales esenciales, como las vitaminas B (B12 y B6), A, C, E, D, así como calcio, potasio y fósforo, que desempeñan funciones importantes en el organismo.

➤ Digestión saludable

La salud digestiva es clave para el bienestar general, y los probióticos en el yogur juegan un papel fundamental al optimizar el funcionamiento del sistema digestivo. Estos microorganismos contribuyen al equilibrio de la microbiota intestinal, mejorando la digestión y ayudando a aliviar los síntomas de trastornos como el Síndrome del Intestino Irritable (SII). Este síndrome se caracteriza por dolor abdominal, cambios en los hábitos de evacuación (diarrea, estreñimiento o ambos) y malestar gastrointestinal. Los probióticos en el yogur pueden mejorar la función intestinal y reducir la inflamación asociada al SII.

➤ Control de peso

Las proteínas presentes en el yogur pueden aumentar la sensación de saciedad, lo que ayuda a controlar el apetito y puede ser útil en la gestión del peso.

➤ Salud cardiovascular

El consumo moderado de yogur ha sido vinculado con un menor riesgo de enfermedades cardiovasculares. El yogur contiene potasio, un mineral que ayuda a equilibrar los efectos del sodio, contribuyendo al control de la presión arterial. El potasio neutraliza los efectos del sodio, que en exceso puede elevar la presión arterial, lo que hace que un equilibrio adecuado entre estos minerales sea crucial para la salud cardiovascular.

➤ Ácidos grasos esenciales

En el ámbito cardiovascular, el colesterol LDL (colesterol "malo") transporta colesterol hacia las células del cuerpo, y su acumulación en las paredes arteriales puede causar obstrucción, aumentando el riesgo de enfermedades cardíacas. El colesterol HDL (colesterol "bueno") ayuda a remover el exceso de colesterol de las arterias, actuando como un protector. Los ácidos grasos esenciales en el yogur, como los omega-3 y omega-6, pueden ayudar a reducir los niveles de colesterol LDL y aumentar el colesterol HDL, promoviendo un equilibrio favorable para la salud del corazón.

➤ Reducción del riesgo de diabetes tipo II

La diabetes tipo II es una enfermedad crónica que afecta la forma en que el cuerpo maneja la glucosa. Los lácteos, incluidos los productos como el yogur, se asocian con un menor riesgo de desarrollar diabetes tipo 2. Se ha observado que la inclusión de lácteos en la dieta podría reducir el riesgo hasta un 5%, cifra que aumenta al 10% cuando se opta por productos lácteos bajos en grasa.

➤ Alternativa para intolerantes a la lactosa

Los yogures sin lactosa pueden ser una opción bien tolerada para quienes padecen intolerancia a la lactosa, ya que han sido procesados para eliminar este azúcar.

6. CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS AUXILIARES

En este punto se pretende hacer una descripción de las materias primas que hay que tener en cuenta para elaborar el yogur y se profundizará en la importancia de la microbiología de los cultivos, la cual desempeña un papel fundamental para garantizar un producto con un excelente valor organoléptico y de calidad.

En el RD 271/2014, de 11 de abril, por el que se aprueba la normativa de calidad para el yogur o yoghurt, en sus artículos 4 y 5, se indican los tipos de materias primas que hay en un yogur, diferenciando entre materias esenciales y materias facultativas.

Las materias esenciales son aquellos ingredientes necesarios para elaborar yogur como la leche y las cepas de bacterias lácticas.

Las materias facultativas son aquellos ingredientes que se pueden añadir en el procesado para mejorar su sabor, textura o la nutrición del yogur, como azúcar, frutas, saborizantes o espesantes.

1. En todos los yogures habrá leche, leche concentrada, desnatadas o no, nata o mezcla de dos o más de estos productos.
2. En diferentes tipos de yogures:
 - a) En los yogures naturales azucarados, azúcar y/o azúcares comestibles.
 - b) En los yogures edulcorados, edulcorantes autorizados
 - c) En los yogures con fruta, zumos, y/u otros alimentos, ingredientes tales como frutas y hortalizas (frescas, congeladas, en conserva liofilizadas o en polvo), puré de frutas, pulpa de frutas, compota, mermelada, confitura, jarabes, zumos, miel, chocolate, cacao, frutos secos, coco, café, especias y otros alimentos procesados o no
 - d) En los yogures aromatizados, aromas y otros ingredientes alimentarios con propiedades aromatizantes autorizados.

6.1. Materias primas esenciales

Las materias primas esenciales son ingredientes y elementos fundamentales que son necesarios para llevar a cabo el proceso de elaboración del yogur. La base principal del yogur es la leche, que puede proceder de varios animales, siendo la de vaca la más habitual. Además, la leche empleada en la fabricación del yogur puede ser desnatada, semidesnatada o entera, según su porcentaje de grasa, y se utilizan bacterias lácticas (*Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*).

6.1.1. Leche

Según lo establecido por el Codex Alimentarius, la leche se define como "la secreción mamaria normal de animales lecheros, obtenida mediante uno o más ordeños sin ningún tipo de aditivos o extracción, destinada al consumo en su forma líquida o a su posterior

procesamiento".

Desde una perspectiva biológica, la leche es un líquido producido por las glándulas mamarias de los mamíferos hembras. Es una sustancia rica en nutrientes que alimenta a las crías de mamíferos durante sus primeras etapas de vida.

Desde el punto de vista físico-químico, la leche es un sistema coloidal constituido por una solución acuosa de lactosa, sales y otros elementos en estado de disolución, en donde se encuentran las proteínas en estado de suspensión y la materia grasa en estado de emulsión.

En la elaboración de yogur, la leche es un ingrediente fundamental. Es la base principal de cualquier tipo de yogur, aportando los nutrientes necesarios para que bacterias lácticas como *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* realicen el proceso de fermentación que convierte la leche en yogur. Esta leche puede proceder de diversas especies como vacas, cabras, ovejas o incluso búfalas, pero en el presente trabajo se va a optar por leche de oveja. Además, existen opciones de leche desnatada o con diferentes niveles de grasa, lo que permite la producción de yogures con bajo contenido graso o enteros, según las preferencias de los consumidores.

6.1.1.1. Propiedades físico-químicas de la leche

Las propiedades físico-químicas de la leche cambian según la especie del animal, debido a las variaciones en la composición de la leche entre diferentes animales. A continuación, se detallan algunas de las diferencias más comunes en las características físicas de la leche de diversas especies, como la vaca, la cabra y la oveja:

Propiedad	Leche de vaca	Leche de oveja	Leche de cabra
Densidad a 20°C (g/ml)	1,020-1,032	1,034-1,035	1,026-1,042
Tª congelación (°C)	-0.55	-0,583	-0,57
Acidez (% ácido láctico)	0,15-0,18	0,18-0,22	0,16-0,18
pH	6,5-6,7	6,6-6,68	6,5-6,8

Tabla 12. Propiedades físico – químicas de la leche. (Elaboración propia a partir de apuntes).

6.1.1.2. Estructura de la leche

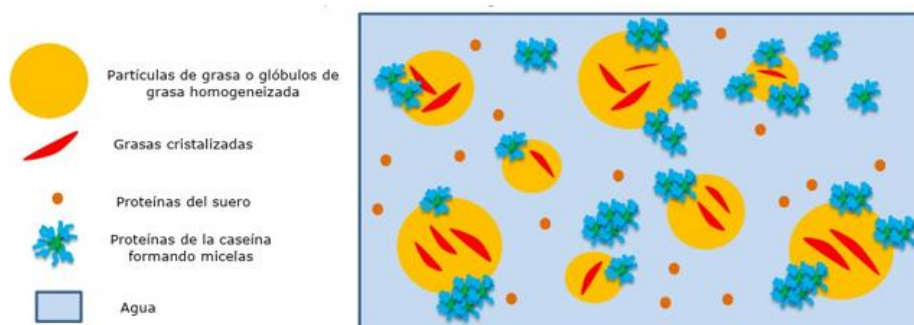


Figura 34. Estructura de la leche. (Moreno Rua, 2024).

La leche tiene una estructura singular, compuesta en un 87% por agua, mientras que el 13% restante está formado por materia seca. Esta materia seca, que varía en su composición, se encuentra tanto suspendida como disuelta en la fase acuosa. La leche puede describirse como una emulsión de grasa en agua, en la cual pequeñas gotas de grasa están distribuidas de manera uniforme en la matriz líquida. Además, esta compleja estructura alberga proteínas que se comportan de forma coloidal. Las seroproteínas, como la lactoalbúmina y la lactoglobulina, se encuentran disueltas en solución coloidal. Por su parte, las caseínas, que son las proteínas más abundantes en la leche, están suspendidas en forma coloidal, formando agregados que influyen en la textura y las propiedades físicas de la leche.

La leche también contiene lactosa, un azúcar exclusivo de la leche que se encuentra disuelto en la fase líquida, lo que le otorga su característico sabor dulce. Además, es una fuente rica en vitaminas, tanto liposolubles (A, D, E, K) asociadas a las grasas, como hidrosolubles (B1, B2, C) que están presentes en la fase acuosa. En cuanto a los minerales, algunos se encuentran disueltos en solución coloidal en la fase acuosa (el suero de la leche), mientras que otros están suspendidos coloidalmente, unidos a proteínas insolubles en agua, como las caseínas.

6.1.1.3. Composición química de la leche

Las propiedades organolépticas del yogur pueden diferir dependiendo de la especie de mamífero de la que provenga la leche. Esto se debe a que la composición química de la leche varía según el animal, afectando factores como el contenido de grasa, proteínas, azúcares y otros componentes. Estos cambios en la composición influyen directamente en el sabor, la textura y el aroma del yogur. Por ejemplo, la leche de oveja suele tener un mayor contenido de grasa, lo que da lugar a un yogur con una textura más cremosa y suave, en comparación con el yogur de leche de vaca, que suele ser más firme.

Además, dentro de una misma especie también influyen aspectos como la raza, la época de lactación, la alimentación, el número de ordeños, etc.

Tipo de leche	Proteínas (g)	Grasas (g)	Hidratos de carbono (g)	Energía (Kcal)
Vaca	3,3	3,7	4,9	66
Humana	1,1	4,2	7,0	72
Búfala	4,1	9,0	4,8	118
Cabra	2,9	3,8	4,7	67
Oveja	4,6	7,2	4,8	102
Burra	1,9	0,6	6,1	38
Elefante	4,0	5,0	5,3	85
Mono	1,6	4,0	7,0	73
Ratón	9,0	13,1	3,0	171
Ballena	10,9	42,3	1,3	443
Foca	10,2	49,4	0,1	502

Tabla 13. Composición de la leche por especie animal. (Tamime y Robinson, 1991).

La leche de oveja, que como ya se ha mencionado es la que se va a utilizar en el presente trabajo, como se puede observar en la tabla anterior, tiene un contenido en proteínas y grasa mayor que en la mayoría de las especies y un contenido en hidratos muy similar, por lo que es muy rica nutricionalmente hablando. Se caracteriza por presentar un color blanco nacarado y un aspecto más viscoso y opaco que la leche de vaca y cabra, un olor propio y característico debido a los ácidos caproico, caprílico y cáprico, su sabor es menos dulce que la leche de cabra y vaca y su sensación en boca es más viscosa.

Composición de la leche de oveja en macro y micronutrientes (por 100 ml)	
Nutriente	Cantidad
Macronutrientes	
Energía (kcal)	100-120
Proteínas (g)	5.5-6
Grasas Totales (g)	7.5-8
Saturadas (g)	4.5-5
Insaturadas (g)	2-3
Hidratos de Carbono (g)	4-5
Azúcares (g)	4-5
Fibra (g)	0
Micronutrientes	
Calcio (mg)	160-180
Fósforo (mg)	120-130
Magnesio (mg)	10-12
Potasio (mg)	160-170
Sodio (mg)	50-60
Vitamina A (µg)	45-50
Vitamina D (µg)	0,5-1
Vitamina B12 (µg)	1-1,5
Ácido Fólico (µg)	5-7
Vitamina C (mg)	3-5

Tabla 14. Composición en macro y micronutrientes en la leche de oveja. (Elaboración propia a partir de datos de Gestión Agroganadera).

- Agua

El agua constituye el componente principal de la leche cruda, representando entre el 80 y el 90 % en la mayoría de las especies domésticas productoras de leche. Cualquier reducción en la cantidad de agua disponible puede impactar de manera inmediata en la producción lechera.

- Lactosa

La lactosa es el principal azúcar presente en la leche, representando alrededor del 4-5% de su composición, y es un disacárido formado por la unión de glucosa y galactosa a través de un enlace β 1-4. Se encuentra disuelta y distribuida uniformemente en la leche, siendo su mayor componente después del agua. La lactosa puede ser hidrolizada por la lactasa, una enzima presente en el intestino de muchos animales, incluidos los humanos,

así como en ciertos microorganismos. La lactasa descompone la lactosa en glucosa y galactosa, facilitando su absorción y uso por el organismo.

La capacidad para producir lactasa varía entre individuos, siendo más común en la infancia y disminuyendo con la edad en algunos casos, lo que puede llevar a la intolerancia a la lactosa en adultos. Esta condición se produce cuando el cuerpo no produce suficiente lactasa, lo que impide la adecuada descomposición de la lactosa, causando síntomas digestivos como hinchazón, gases y diarrea tras consumir productos lácteos.

Además, la lactosa participa en diversas fermentaciones llevadas a cabo por microorganismos. Por ejemplo, en la fermentación láctica, las bacterias lácticas convierten la lactosa en ácido láctico, lo cual es esencial en la producción de productos lácteos como el yogur y el queso. En otros casos, como la fermentación propiónica, las bacterias propiónicas degradan la lactosa, lo que contribuye al aroma característico de quesos como el Emmental y el Gruyere. Asimismo, en la fermentación alcohólica, realizada por levaduras y bacterias ácido-lácticas, la lactosa se transforma en ciertos productos lácteos fermentados, como el kéfir.

- Grasa

Es el componente más variable. La leche de oveja es de las que más tiene, con un valor aproximado de 7,2%.

La grasa presente en la leche se encuentra como pequeñas gotas dispersas en el suero, conocidas como glóbulos grasos. Estos glóbulos tienen un diámetro que varía entre 0.1 y 20 micrómetros, siendo su tamaño promedio de aproximadamente 3 a 4 micrómetros.

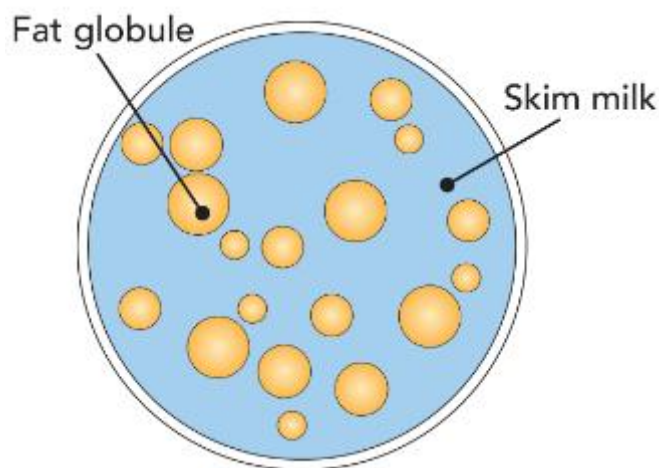


Figura 35. Emulsión aceite en agua. (Madrid Vicente, 1996).

Esta emulsión se mantiene estable gracias a la presencia de una membrana delgada que rodea el glóbulo graso, con un espesor de solo 5-10 nanómetros. Esta membrana tiene una estructura compleja que incluye fosfolípidos, lipoproteínas, cerebrosidos, proteínas, ácidos nucleicos, enzimas, elementos traza y agua.

La grasa de la leche está formada principalmente por triglicéridos, que son la forma principal de grasa en la leche, junto con di- y monoglicéridos, ácidos grasos, esteroides, carotenoides (que le dan su característico color amarillo), vitaminas como A, D, E y K, y otros componentes en menores cantidades.

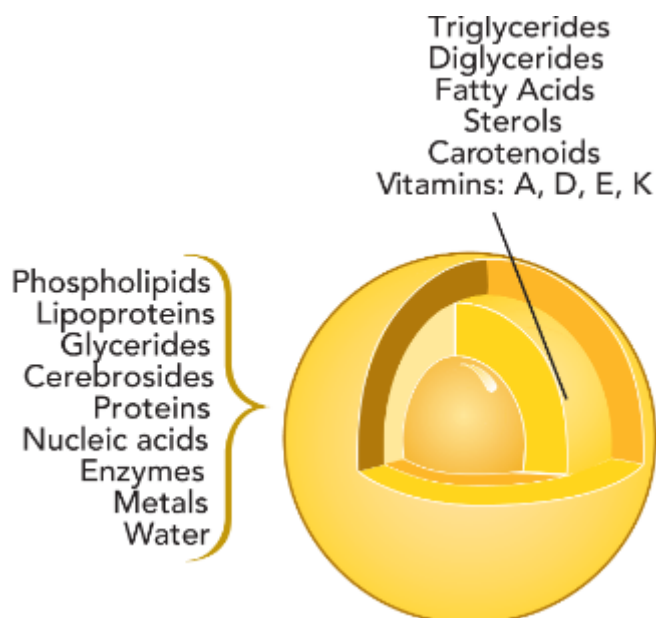


Figura 36. Composición y estructura de un glóbulo graso. (Madrid Vicente, 1996).

Los glóbulos grasos en la leche son las partículas de mayor tamaño y las más ligeras, con una densidad de 0.93 g/ml. Esta propiedad hace que, al dejar reposar la leche en un recipiente, los glóbulos grasos tiendan a ascender hacia la superficie.

Tipo de lípido	Cantidad (% peso/peso)
Triglicéridos	98.3
Diglicéridos	0.3
Monoglicéridos	0.03
Ácidos grasos libres	0.1
Fosfolípidos	0.8
Esteroides	0.3
Carotenoides	Trazas
Vitaminas liposolubles	Trazas

Tabla 15. Composición de la grasa de la leche. (Madrid Vicente, 1996).

La grasa de la leche está principalmente formada por ésteres de ácidos grasos, conocidos como triglicéridos, que son combinaciones de glicerol (un alcohol) y diversos ácidos grasos. Estos triglicéridos representan aproximadamente el 98% de la grasa en la leche.

Los ácidos grasos son moléculas compuestas por una cadena de átomos de carbono y un grupo carboxílico (RCOOH). Los ácidos grasos saturados tienen enlaces simples entre los átomos de carbono, mientras que los insaturados presentan uno o más enlaces dobles.

En la grasa de la leche, la unión del glicerol con varios ácidos grasos da lugar a una amplia variedad de triglicéridos con distintas estructuras químicas.

Entre los ácidos grasos presentes en la grasa de la leche, algunos de los más importantes y abundantes son el ácido mirístico, el ácido palmítico, el ácido esteárico y el ácido oleico. Estos ácidos grasos constituyen los principales componentes de la grasa láctea y se implican organolépticamente para dar la propiedad característica del producto.

Ácidos grasos	%	Punto de fusión(°C)
SATURADOS		
Butírico	3.0 - 4.5	-7.9
Caproico	1.3 - 2.2	-1.5
Caprílico	0.8 - 2.5	16.5
Cáprico	1.8 - 3.8	31.4
Láurico	2.0 - 5.0	43.6
Mirístico	7.0 - 11.0	53.8
Palmítico	25.0 - 29.0	62.6
Esteárico	3.0 - 7.0	69.3
INSATURADOS		
Oleico	30.0 - 40.0	14
Linoleico	2.0 - 3.0	-5
Linolénico	0 - 1	-5
Araquidónico	0 - 1	-49.5

Tabla 16: Principales ácidos grasos en la grasa de leche. (Madrid Vicente, 1996).

- Proteínas

Las proteínas están compuestas por unidades más pequeñas conocidas como aminoácidos. Un aminoácido es una molécula orgánica que consta de un grupo amino (-NH₂), un grupo carboxilo (-COOH), un átomo de hidrógeno y una cadena lateral o grupo R, cuya estructura varía dependiendo del tipo de aminoácido.

Las proteínas de la leche son el componente más crucial desde el punto de vista nutricional. Su contenido determina la aptitud tecnológica de la leche en la fabricación de productos lácteos, ya que influyen en el rendimiento en la elaboración de queso, son responsables de la coagulación, afectan directamente la textura e intervienen en la formación del sabor y olor a través de su degradación (proteólisis) durante el proceso de maduración.

La estabilidad de las proteínas de la leche influye en las principales propiedades físico-químicas de esta.

Se pueden distinguir dos grandes grupos proteicos en la leche, que se presentan de manera diferenciada:

➤ Caseínas

La caseína hace referencia a un grupo de proteínas que se encuentran principalmente en la leche. Estas proteínas constituyen aproximadamente el 80% del total de las proteínas presentes en la leche.

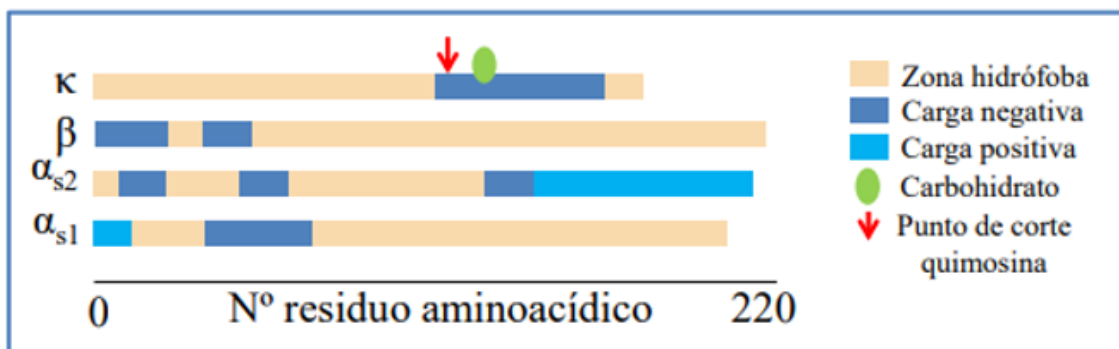


Figura 37. Estructura de las caseínas. (Jurado García-Posada, 2019).

Las caseínas son proteínas compuestas por cadenas de aminoácidos. Son especialmente ricas en aminoácidos apolares o hidrofóbicos, lo que les permite agruparse y evitar el contacto con el agua, aunque también contienen áreas tanto polares como apolares. Las principales caseínas presentes en la leche son la alfa-s1 caseína, la alfa-s2 caseína, la beta-caseína y la kappa-caseína.

Las caseínas se agrupan en una estructura compleja conocida como micela.

Las micelas presentan una forma esférica irregular, con un diámetro que varía entre los 40 y 300 nanómetros. Están formadas principalmente por agua (70%), caseínas (30%) y fosfato cálcico coloidal o CCP (8%). Gracias a la disposición de las cargas eléctricas negativas en la estructura de las micelas de caseína en la leche, estas se repelen entre sí, lo que impide que se aglutinen y mantiene la leche en su estado líquido.

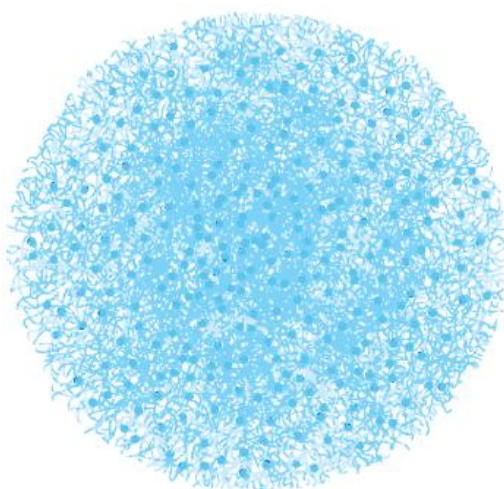


Figura 38. Estructura de una micela. (Madrid Vicente, 1996).

Las micelas de caseína son estructuras coloidales complejas que se originan a partir de la interacción entre submicelas más pequeñas. Estas submicelas son las unidades

fundamentales que componen las micelas de caseína y están formadas por agrupaciones de entre 20 y 25 moléculas de caseína, lo que les proporciona estabilidad. Dentro de las submicelas, se encuentran diversos tipos de caseína, como la alfa-s1 caseína, la alfa-s2 caseína, la beta-caseína y la kappa-caseína.

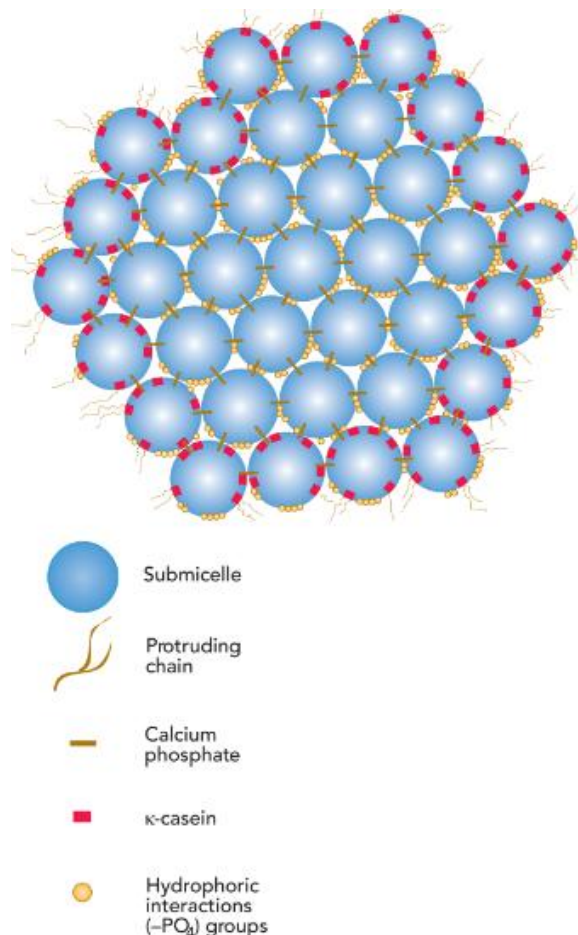


Figura 39. Modelo submicelar de la micela de caseína. (Madrid Vicente, 1996).

Precipitación de la caseína para la elaboración de yogur

Al principio, la leche tiene un pH cercano a 6.7, lo que hace que las micelas de caseína presenten una carga neta negativa. Debido a que las moléculas tienen cargas similares, se repelen entre sí, lo que mantiene la leche en estado líquido.

Para elaborar yogur, se añaden bacterias lácticas, como *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, a la leche. Estas bacterias se multiplican y consumen la lactosa, produciendo ácido láctico como subproducto durante la fermentación. La generación de ácido láctico provoca una disminución progresiva del pH de la leche, llevándolo a un rango más ácido, típicamente entre 4.6 y 4.8, a medida que avanza la fermentación.

A medida que el pH disminuye, el entorno se vuelve más ácido, lo que facilita la disolución de calcio y fósforo de las micelas de caseína. Estas micelas, que son agregados de proteínas con carga negativa, liberan los minerales en condiciones más ácidas.

Cuando el pH alcanza el punto isoeléctrico de las micelas de caseína, entre 4.6 y 4.8, las proteínas tienen una carga neta cercana a cero, lo que elimina la repulsión electrostática entre ellas. Este cambio permite que las micelas se agruparan y coagulen, formando una red tridimensional. Esta estructura atrapa los glóbulos grasos y el suero, resultando en un gel semisólido, de color blanco opaco, con una consistencia ligera y textura suave.

➤ Proteínas del lactosuero

También se las conoce como seroproteínas. Se encuentran en el suero de la leche y representan aproximadamente el 20% de las proteínas totales de la leche.

El suero de leche es el líquido que se separa de la leche cuando la caseína se coagula durante la elaboración de productos lácteos, como el queso. Las proteínas presentes en el suero son solubles en agua, por lo que se encuentran disueltas en este líquido.

Estas proteínas son una combinación de varios tipos, destacando entre ellas la alfa-lactoalbúmina (3,5%) y la beta-lactoglobulina (9,5%), que son de las más predominantes. Gracias a su perfil de aminoácidos esenciales, estas proteínas son de alto valor nutricional, lo que las hace esenciales tanto para la nutrición como para la industria alimentaria. Además, el suero de leche contiene otras proteínas como la seroalbúmina, la proteasa peptona y las inmunoglobulinas.

Cuando las proteínas del suero se exponen a temperaturas elevadas, experimentan un proceso de desnaturalización, lo que implica que su estructura tridimensional se modifica o se destruye. Esta alteración de proteínas como la lactoalbúmina y la beta-lactoglobulina puede tener varias repercusiones. Por ejemplo, las proteínas globulares, al someterse a calor, se desnaturalizan y exponen sus grupos disulfuro, que son las cadenas laterales del aminoácido cisteína. Este proceso de desnaturalización conlleva una serie de efectos beneficiosos en la textura del yogur:

- Mayor viscosidad y cremosidad: las proteínas del lactosuero desnaturalizadas interactúan entre sí y con las caseínas formando una red tridimensional que atrapa agua y proporciona al yogur una textura más espesa y cremosa.
- Mejor capacidad de retención de agua: las proteínas desnaturalizadas tienen una mayor capacidad para retener agua, lo que contribuye a una textura más suave y menos propensa a la separación del suero (sinéresis).
- Mayor firmeza: este hecho contribuye a la firmeza del yogur.

Además, durante procesos de pasteurización o tratamientos térmicos intensivos, las proteínas del suero pueden sufrir transformaciones químicas que alteran su sabor y sus propiedades funcionales. Por ejemplo, se pueden liberar compuestos sulfurados, como el sulfuro de hidrógeno, que son responsables del sabor "cocido" característico de la leche que ha sido sometida a un tratamiento térmico excesivo.

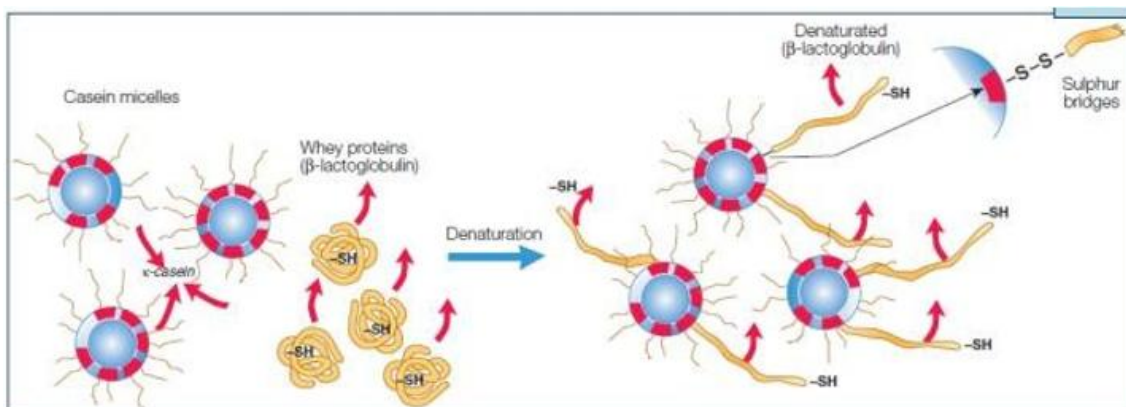


Figura 40. Desnaturalización de la proteína del lactosuero. (Madrid Vicente, 1996).

- Enzimas

Las enzimas son proteínas producidas por organismos vivos que tienen la capacidad de acelerar las reacciones químicas y regular su velocidad y dirección. Cada tipo de enzima es altamente específica, lo que significa que cataliza una reacción concreta. Los dos factores principales que afectan la actividad enzimática son la temperatura y el pH. En general, las enzimas muestran mayor actividad en un rango de temperatura óptimo que varía entre 25 y 50°C. Si la temperatura excede este rango, su actividad disminuye y se detiene por completo cuando alcanza temperaturas entre 50 y 120°C, debido a que las enzimas se desnaturalizan e inactivan. La temperatura exacta de inactivación depende del tipo de enzima.

Además, cada enzima tiene un pH óptimo para su funcionamiento. Algunas actúan mejor en ambientes ácidos, mientras que otras prefieren condiciones alcalinas. En la leche, las enzimas pueden provenir tanto de la ubre de la vaca como de bacterias. Entre las enzimas más relevantes en este contexto se encuentran las proteasas, catalasa, fosfatasa y lipasa.

Las proteasas son esenciales para descomponer las proteínas en fragmentos más pequeños como péptidos y aminoácidos. Este proceso es clave en la fabricación de productos lácteos como el queso y el yogur, donde las proteasas influyen en el sabor y la textura.

La catalasa descompone el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno. La cantidad de oxígeno liberado por la catalasa en la leche ayuda a medir su contenido, lo que puede ser útil para verificar la salud de la ubre. La leche de ubres enfermas suele tener más catalasa, mientras que la leche de ubres saludables presenta solo pequeñas cantidades. Es importante señalar que muchas bacterias también producen catalasa, y esta enzima se desactiva cuando se calienta la leche a 75°C durante 60 segundos.

La lactoperoxidasa, otra enzima presente en la leche, juega un papel crucial en la conservación de la leche y sus derivados. Su principal función es controlar el crecimiento de bacterias nocivas. Trabaja en conjunto con compuestos como el peróxido de hidrógeno y el ion tiocianato para formar ácido hipotiocianoso, un sistema de defensa natural que inhibe el crecimiento bacteriano, lo que ayuda a preservar la leche.

La fosfatasa alcalina y la lactoperoxidasa son indicadores de tratamiento térmico de la leche, lo que permite identificar si ha sido pasteurizada o sometida a tratamiento UHT. La fosfatasa se inactiva durante la pasteurización, mientras que la lactoperoxidasa requiere temperaturas más altas para ser inactivada (UHT).

La lipasa es una enzima que descompone las grasas en glicerol y ácidos grasos libres. Un exceso de estos ácidos grasos en la leche puede generar un sabor rancio. Aunque la actividad de la lipasa es generalmente débil, en algunas vacas puede ser más notable, especialmente hacia el final del ciclo de lactancia. La pasteurización inactiva en gran medida esta enzima. Es importante mencionar que muchas bacterias también producen lipasa, lo que puede afectar la calidad de los productos lácteos.

La lactasa es una enzima encargada de descomponer la lactosa, el azúcar presente en la leche, transformándola en glucosa y galactosa. Durante la fermentación láctica, las bacterias lácticas producen lactasa, descomponiendo la lactosa en estos azúcares simples, los cuales luego son convertidos en ácido láctico por otras enzimas bacterianas, causando la acidificación de la leche.

Por último, la lisozima, producida por las células epiteliales de la glándula mamaria, se secreta en la leche y tiene como función principal destruir las paredes celulares de ciertas bacterias, previniendo el crecimiento bacteriano indeseado y contribuyendo a mantener la leche segura para el consumo.

- Minerales

Los minerales presentes en la leche constituyen una fracción pequeña de su composición total (generalmente menos del 1%), pero juegan un papel fundamental en sus características y en su comportamiento tecnológico. Se pueden clasificar en dos grupos principales:

- **Macroelementos:** Los minerales predominantes en la leche son el calcio, potasio, sodio y magnesio, que se encuentran principalmente en forma de fosfatos, cloruros, citratos y caseinatos. Estos minerales son esenciales para mantener la estabilidad de la leche y aportan un valor nutricional significativo.
- **Oligoelementos:** Aunque están presentes en menores concentraciones, los oligoelementos, como el zinc, manganeso, hierro, cobre y aluminio, también son importantes. Su cantidad puede variar dependiendo de factores como la alimentación del animal y el entorno.

En conjunto, estos minerales no solo son cruciales para la estabilidad de la leche, sino que también tienen un alto valor nutricional, contribuyendo a la salud humana a través de su consumo.

- Vitaminas

La leche es una fuente importante de casi todas las vitaminas, aunque en concentraciones relativamente bajas. Estas vitaminas se dividen en dos grupos según su solubilidad: liposolubles e hidrosolubles.

- Vitaminas liposolubles: Incluyen las vitaminas A, D, E y K, que están asociadas a la grasa de la leche. Por esta razón, se encuentran principalmente en la nata y la mantequilla tras el proceso de desnatado, mientras que la leche desnatada y el lactosuero contienen pocas o ninguna cantidad de estas vitaminas. La vitamina A es la más abundante en la leche, y en 100 gramos de leche se consume aproximadamente el 4.84% de la ingesta diaria recomendada para mujeres y el 3.87% para hombres.
- Vitaminas hidrosolubles: Estas vitaminas, como la B1, B2, B6, B12 y C, se encuentran en la fase acuosa de la leche, por lo que están presentes en la leche desnatada y el lactosuero. La vitamina B12 es la más destacada en este grupo, con un 15% de la ingesta diaria recomendada en 100 gramos de leche, tanto para mujeres como para hombres. La vitamina C, aunque presente en la leche, se pierde parcialmente durante la pasteurización y a través del suero, por lo que apenas queda en productos como el queso maduro.

6.1.2. Microorganismos del yogur

La microbiota del yogur está compuesta por las bacterias lácticas *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrückii* subespecie *bulgaricus*. Estas bacterias, que se encuentran en la leche fermentada, provienen de la leche cruda original. A través del proceso de fermentación y la acción de estas bacterias, el yogur se considera un alimento "vivo", ya que contiene bacterias lácticas vivas y viables que pueden ser consumidas por los seres humanos.

Tanto *Streptococcus thermophilus* como *Lactobacillus delbrückii* subespecie *bulgaricus* son bacterias termófilas, lo que significa que se desarrollan mejor en ambientes de altas temperaturas. La interacción perfecta entre estas dos bacterias es clave para la creación del sabor y aroma característicos del yogur.

La distinción entre el término "yogur" y "leche fermentada" radica en que el "yogur" se elabora únicamente con dos bacterias: *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*. Por otro lado, las "leches fermentadas probióticas" no solo incluyen estas dos bacterias, sino que también contienen otras como *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus* o *Bifidobacterium lactis*.

En el producto que vamos a elaborar, además de las 2 bacterias anteriormente mencionadas que están presentes en el yogur, pretendemos incorporar cepas probióticas.

6.1.2.1. Características del *Streptococcus thermophilus*

Streptococcus thermophilus es una bacteria de forma esférica o cocoide, con una morfología característica del género *Streptococcus*, que se distingue por ser esférica y formar cadenas o pares cuando se agrupa. Su diámetro oscila entre 0.7 y 0.9 micrómetros, lo que la hace relativamente pequeña en comparación con otras bacterias. En cultivos puros, *Streptococcus thermophilus* suele presentar un color blanco o blanco-amarillento.

Es una bacteria termófila, lo que significa que puede desarrollarse y multiplicarse en temperaturas relativamente altas. En general, esta bacteria puede resistir y crecer en un rango de temperaturas entre 35°C y 55°C, que son comunes en los procesos de fermentación utilizados para producir productos lácteos como el yogur y ciertos tipos de queso.

Como bacteria láctica, *Streptococcus thermophilus* es homofermentativa, lo que implica que, durante la fermentación, produce principalmente ácido láctico como producto final a partir de los carbohidratos, especialmente la lactosa de la leche. Esta bacteria puede generar entre un 0.7% y un 0.8% de ácido láctico L (+), aunque algunas cepas pueden alcanzar hasta un 1%.

A diferencia de otras bacterias lácticas, la actividad proteolítica de *Streptococcus thermophilus* es bastante limitada. La actividad proteolítica de *Lactobacillus bulgaricus* es mucho más significativa. Además de ácido láctico, *Streptococcus thermophilus* produce ácidos grasos volátiles, que influyen en el aroma y sabor del producto final. Entre estos ácidos se encuentran el fórmico, acético, propiónico, butírico, isovalérico y caproico. También genera compuestos como la acetoína y el acetaldehído.

Es importante señalar que esta bacteria es bastante sensible a los inhibidores, particularmente a los antibióticos. Su crecimiento puede ser inhibido por cantidades mínimas de sustancias como 0.01 unidades internacionales de penicilina o 5 microgramos de estreptomicina por mililitro de leche. Además, *Streptococcus thermophilus* muestra sensibilidad a la sal, ya que no puede desarrollarse en concentraciones de sal superiores al 4%, y algunas cepas no prosperan incluso con un 2% de sal.



Figura 41. *Streptococcus thermophilus*. (Moreno Rua, 2024).

6.1.2.2. Características del *Lactobacillus delbrüeckii bulgaricus*

Lactobacillus bulgaricus es una bacteria de forma alargada y bacilar, típica del género *Lactobacillus*, cuyas bacterias tienen una morfología en forma de bastón. Su longitud varía entre 2 y 9 micrómetros, y su ancho oscila entre 0.5 y 0.8 micrómetros. En cultivos puros, suele presentar un color blanco o blanco-amarillento.

Esta bacteria es homofermentativa, lo que significa que produce principalmente ácido láctico (alrededor del 1.7% de ácido láctico D (-)), aunque también genera otros compuestos en menores cantidades, como ácidos grasos volátiles, entre ellos el acético, propiónico, butírico, isovalérico, caproico y cáprico. Además, produce otros compuestos como acetoína, acetaldehído, acetona y 2-butanona.

Lactobacillus bulgaricus tiene una actividad proteolítica moderada, lo cual es esencial para la liberación de aminoácidos. Al descomponer las proteínas de la leche, especialmente las caseínas, esta bacteria facilita la formación de péptidos y aminoácidos, los cuales no solo contribuyen a la complejidad del sabor, sino que también son importantes para el crecimiento de *Streptococcus thermophilus*.

En cuanto a la temperatura, *Lactobacillus bulgaricus* es una bacteria termófila que crece mejor en un rango de temperaturas de 35°C a 46°C, condiciones comunes durante los procesos de fermentación utilizados en la producción de productos lácteos como el yogur. Junto con *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus* trabaja para acidificar la leche y darle las características distintivas al yogur.

Esta cepa bacteriana es más resistente a los antibióticos en comparación con *Streptococcus thermophilus*. Se ve inhibida por dosis de penicilina entre 0.3 y 0.6 unidades internacionales. Además, muestra una gran sensibilidad a la sal, ya que su crecimiento se ve limitado cuando hay un 2% de cloruro de sodio (NaCl) presente.



Figura 42. *Lactobacillus delbrüeckii bulgaricus*. (Moreno Rua, 2024).

6.1.2.3. Características del *Lactobacillus acidophilus*

Lactobacillus acidophilus es una bacteria láctica (lactobacilo) de tipo Gram +, con un bajo contenido en G+C, no esporulada, anaerobia aerotolerante y catalasa negativa, que realiza fermentación homoláctica. Esto significa que fermenta la glucosa para producir principalmente ácido láctico y obtener energía a través de la glucólisis. Su principal producto es el ácido láctico (más del 85% de la glucosa), sin generar gas a partir de la glucosa, y su temperatura óptima de crecimiento es de 45°C.

Esta bacteria probiótica se encuentra de manera natural en el intestino y la vagina, y se ha demostrado que es eficaz en el tratamiento de diarreas causadas por antibióticos o rotavirus en niños. También puede tener efectos beneficiosos en el tratamiento de la irritación intestinal, infecciones vaginales, cólicos en bebés, infecciones pulmonares en niños e incluso problemas dermatológicos relacionados con alergias.

En cuanto a su uso en investigaciones, *Lactobacillus acidophilus* está siendo estudiada para tratar condiciones como la intolerancia a la lactosa, la enfermedad de Crohn, el sobrecrecimiento bacteriano intestinal, y las infecciones vaginales causadas por hongos. Además, se investiga su posible eficacia en el tratamiento de la indigestión, infecciones del tracto urinario, control del colesterol, herpes labial, acné e incluso resfriados comunes.



Figura 43. *Lactobacillus acidophilus*. (Pixels, 2016).

6.1.2.4. Características del *Bifidobacterium lactis*

Bifidobacterium es un género perteneciente a la clase Actinobacteria, dentro de la familia Bifidobacteraceae. Su metabolismo y clasificación son diferentes a los de las bacterias lácticas, ya que son quimioheterótrofas, Gram positivas y tienen un contenido elevado en G+C. Estas bacterias son bacilos de forma irregular, en su mayoría en forma de bastón o bifurcados en Y, y son anaerobias, lo que significa que fermentan la lactosa y otros azúcares para producir ácido acético y láctico. Su temperatura óptima de crecimiento se encuentra entre los 41 y 43°C, con un pH ideal de entre 6.5 y 7, aunque, a pesar de su crecimiento relativamente lento, se utilizan en la industria láctea.

Aunque las bifidobacterias son anaerobias estrictas, su sensibilidad al oxígeno varía según la especie. Estas bacterias habitan principalmente en el tracto intestinal, especialmente en

los niños, y se les atribuyen múltiples beneficios para la salud, como el mantenimiento del equilibrio intestinal, la mejora en la tolerancia a la lactosa, efectos potenciales antitumorales (aún en fase de investigación), la reducción de los niveles de colesterol en sangre, y la promoción de la absorción de calcio y la síntesis de vitamina B.

Las bifidobacterias son una parte importante de la microbiota intestinal, y sus efectos beneficiosos en la salud han sido objeto de numerosos estudios. Sin embargo, presentan el reto de ser anaerobias obligadas, lo que significa que solo pueden fermentar en ausencia de oxígeno, lo que puede limitar su viabilidad en productos fermentados.

Sin embargo, una especie destacada, *Bifidobacterium lactis*, tiene la capacidad de tolerar oxígeno hasta una concentración del 10%, lo que resulta muy relevante para su inclusión en productos fermentados. Además, *B. lactis* es notable por su gran tolerancia a ambientes de pH bajo, como el de las leches fermentadas, lo que la distingue de otras bifidobacterias. Algunas cepas de *B. lactis* también poseen propiedades de gran interés, como actividad antimutagénica, competencia bacteriana, acción antirotavirus en el intestino, y estimulación de la respuesta inmunológica, lo que ayuda a fortalecer las defensas de los adultos mayores y a reducir las reacciones alérgicas en los niños.

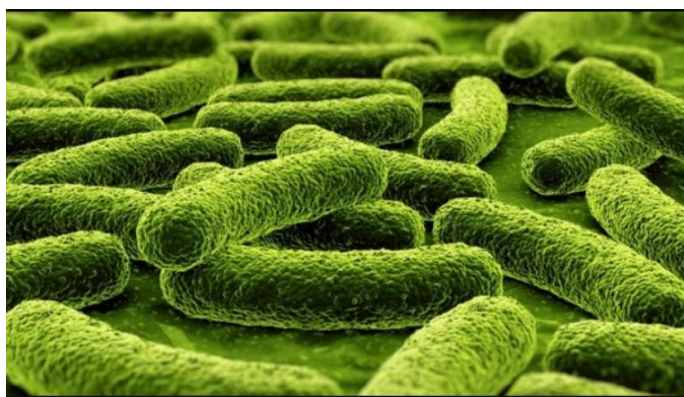


Figura 44. *Bifidobacterium lactis*. (Supplements global).

6.1.2.5. Relación simbiótica entre *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrückii bulgaricus*

Cuando las bacterias presentes en el yogur, *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, crecen juntas en la leche, se benefician mutuamente, lo que resulta en una producción de ácido láctico más eficiente en comparación con si crecieran de forma individual. Este tipo de interacción, en la que ambas bacterias se apoyan y se benefician, se denomina simbiosis o protooperación.

Los lactobacilos poseen una actividad proteolítica moderada, lo que les permite descomponer las proteínas en péptidos pequeños y aminoácidos, como la valina. Estos productos de la descomposición proteica, especialmente la valina, favorecen el crecimiento de los estreptococos. A su vez, los estreptococos generan ácido fórmico a partir del ácido pirúvico en condiciones anaeróbicas y liberan dióxido de carbono (CO₂). Tanto el ácido fórmico como el CO₂ son beneficiosos para el desarrollo de los

lactobacilos. Esta interacción positiva entre las dos bacterias acelera la producción de ácido láctico durante la fermentación, lo que da lugar al yogur.

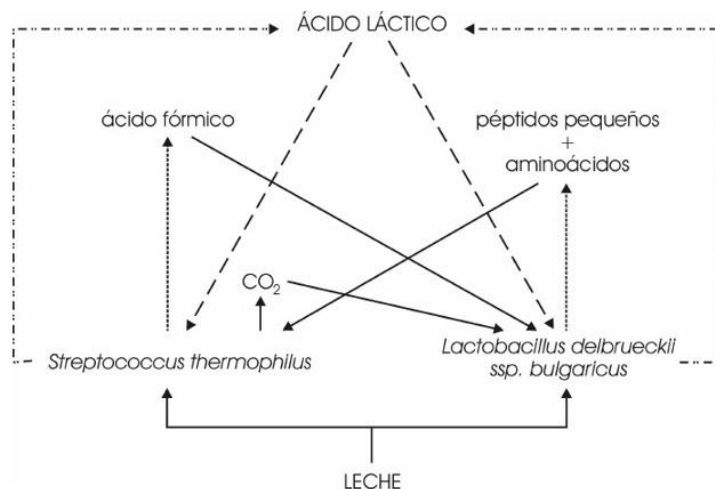


Figura 45. Simbiosis en el yogur. (Walstra, 2001).

Para la elaboración del yogur, es necesario calentar la leche a una temperatura moderada (por lo general entre 90 y 95 °C) durante un corto período de tiempo (de 5 a 10 minutos). Este paso establece las condiciones óptimas para el crecimiento de *Streptococcus thermophilus*. La relación ideal entre los estreptococos y los lactobacilos es de 1:1.

A lo largo del proceso de fermentación, esta proporción cambia. Al principio, los estreptococos se desarrollan más rápidamente porque los lactobacilos producen factores de crecimiento que favorecen su proliferación. Sin embargo, a medida que avanza la fermentación y se acumula ácido láctico, el crecimiento de ambas especies disminuye. No obstante, los lactobacilos empiezan a crecer más rápido debido a los productos generados por los estreptococos, como el CO₂ y el ácido fórmico. Esto lleva a un equilibrio entre las dos bacterias, lo que permite alcanzar la acidez característica del yogur. Si la fermentación se prolonga demasiado o si el yogur no se refrigera de manera adecuada, los lactobacilos pueden llegar a dominar en el producto final.

El uso del cultivo mixto de las 2 bacterias, como consecuencia de esta simbiosis, hace que la fermentación se lleve a cabo en un tiempo razonable en lugar de si utilizáramos una sola, en cuyo caso el proceso sería más lento y no se lograrían las características deseadas en el yogur.

6.1.2.6. Curva de crecimiento microbiano

Las bacterias utilizadas en la fabricación del yogur, *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, siguen un patrón de crecimiento característico durante la fermentación láctica, el cual se describe mediante una curva de crecimiento dividida en varias fases:

1. Fase de adaptación: Durante esta fase inicial, las bacterias se ajustan al nuevo entorno proporcionado por la leche. La población bacteriana es baja en un

principio, y las bacterias necesitan tiempo para adaptarse a las condiciones del medio.

2. Fase de latencia o retraso: Tras la fase de adaptación, sigue una fase de latencia, en la que no se observa un incremento significativo de la población bacteriana. Durante esta fase, las bacterias se preparan para el crecimiento activo al producir las enzimas y proteínas necesarias para fermentar la lactosa.
3. Fase logarítmica o de crecimiento exponencial: Cuando las bacterias superan la fase de latencia, entra en acción la fase de crecimiento exponencial. En esta etapa, las bacterias se multiplican rápidamente y la población aumenta de forma significativa. Durante esta fase, las bacterias consumen lactosa y producen ácido láctico como subproducto, lo que provoca una disminución notable del pH de la leche.
4. Fase estacionaria: A medida que el ácido láctico se acumula en la leche y el pH baja, el entorno se vuelve más ácido, lo que ralentiza el crecimiento bacteriano. Aunque algunas bacterias continúan dividiéndose, la población total se estabiliza debido a que el ácido comienza a inhibir el crecimiento de las bacterias.
5. Fase de declinación o muerte: Finalmente, en la fase de declinación, el aumento de la acidez y otros factores ambientales causan la muerte de las bacterias o la entrada en un estado inactivo, marcando el final del proceso de fermentación.

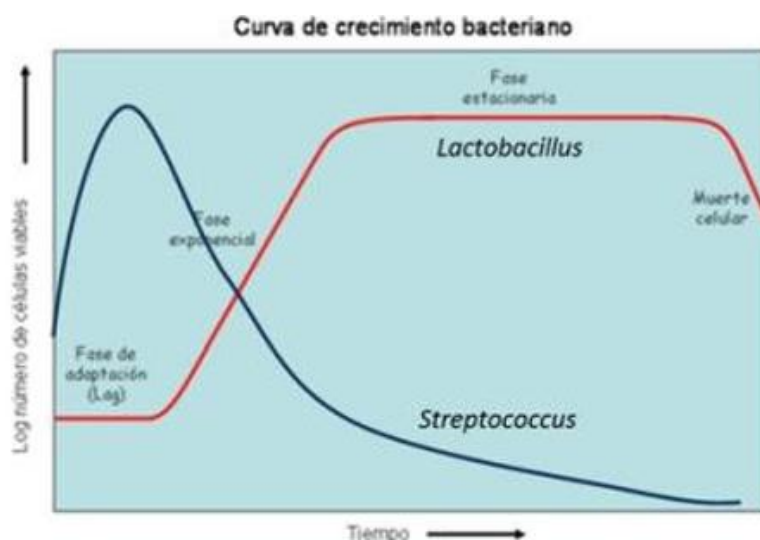


Figura 46. Curva de crecimiento microbiano. (Moreno Rua, 2024).

6.1.2.7. Cultivos

En la industria del yogur, los cultivos lácteos se pueden clasificar principalmente en dos tipos: cultivos comerciales y cultivos propios. A continuación, se detallan estas dos categorías:

1. Cultivos comerciales:

Estos cultivos son fabricados y distribuidos por empresas especializadas en la producción de cultivos lácteos. Se utilizan principalmente en la industria alimentaria para la producción en gran escala de productos lácteos fermentados.

Las empresas seleccionan cepas específicas de bacterias lácticas con características deseadas para la fermentación, como la capacidad para generar ciertos sabores y texturas en los productos finales.

Las cepas se cultivan en condiciones controladas de temperatura, pH y nutrientes en laboratorios hasta alcanzar la densidad celular adecuada. Luego, se lleva a cabo una fermentación a pequeña escala para evaluar la calidad del cultivo. Si el cultivo cumple con los estándares, se escala a la producción industrial en fermentadores. Una vez que se alcanza la densidad celular deseada, las bacterias se cosechan y procesan para su conservación, ya sea por secado por pulverización o congelación.

Los cultivos comerciales se presentan en formas concentradas y no concentradas.

- Cultivos concentrados: Estos contienen una alta densidad de microorganismos activos desde el principio, por lo que pueden iniciar la fermentación de inmediato al agregarse al medio. Para asegurar una buena distribución de los microorganismos, es común disolver el cultivo concentrado en una pequeña cantidad de leche antes de incorporarlo al lote completo.
- Cultivos no concentrados: Estos requieren tiempo para crecer y multiplicarse antes de que la fermentación pueda comenzar de manera efectiva. Generalmente, estos cultivos se multiplican en un medio específico antes de ser añadidos al producto final.

Dentro de los cultivos comerciales, podemos encontrar:

- Cultivos líquidos frescos: Estos cultivos se presentan solo en su forma no concentrada, con aproximadamente 500 millones de bacterias por mililitro. Debido a su presentación no concentrada, deben propagarse dentro de la industria antes de ser usados en la producción. Los cultivos líquidos frescos deben mantenerse refrigerados entre 2 y 4 °C, por lo que suelen utilizarse en plantas de producción cercanas a los laboratorios que los fabrican. Estos cultivos tienen un tiempo de conservación más corto en comparación con otras formas más estables, como los deshidratados o congelados.
- Cultivos deshidratados (liofilizados o en polvo): Este tipo de cultivos puede encontrarse tanto en forma concentrada como no concentrada. Los cultivos deshidratados tienen la ventaja de poder ser transportados a largas distancias sin necesidad de refrigeración, tienen un tiempo de conservación prolongado y ofrecen mayor uniformidad en el producto final.

- Deshidratación por pulverización: El cultivo concentrado se atomiza en una corriente de aire caliente, lo que seca rápidamente las gotas, produciendo un polvo fino.
 - Liofilización: El proceso comienza con la congelación de la mezcla para formar bloques sólidos. Estos bloques se transfieren a una cámara de liofilización, donde se aplican condiciones de vacío y calor para eliminar el agua sin pasar por el estado líquido, un proceso conocido como sublimación. Esto preserva la viabilidad y calidad de las bacterias lácticas, manteniendo sus propiedades en forma de polvo.
- Cultivos congelados: Estos cultivos pueden ser presentados en forma concentrada o no concentrada. El congelamiento permite prolongar la vida útil de los cultivos, permitiendo su almacenamiento durante 3 a 8 meses. Sin embargo, los cultivos congelados requieren un proceso de descongelación antes de su uso, lo que presenta un desafío logístico relacionado con la necesidad de mantener la temperatura adecuada durante su transporte.
- Ultracongelados: Se congelan rápidamente a temperaturas de -40 a -45 °C.
 - Nitrógeno líquido: Se sumergen en nitrógeno líquido a temperaturas de alrededor de -196 °C.

Actualmente, las industrias alimentarias prefieren cada vez más los cultivos concentrados, debido a sus ventajas operativas. Estos cultivos, que se pueden aplicar directamente al tanque de proceso sin necesidad de reconstitución, simplifican el proceso y ahorran tiempo. Además, reducen significativamente el riesgo de contaminación por bacterias no deseadas o bacteriófagos, que pueden acumularse durante la preparación de cultivos madre y el proceso de propagación.

2. Cultivos propios

Los cultivos propios son aquellos microorganismos que las empresas desarrollan internamente en lugar de adquirirlos de laboratorios externos. Esta opción ofrece varios beneficios, como una mayor rentabilidad en comparación con la compra de cultivos comerciales. Además, permite personalizar los cultivos de acuerdo con las necesidades específicas de la empresa, garantizando que se obtengan características organolépticas únicas.

El proceso comienza con la adquisición de un cultivo comercial procedente de un laboratorio especializado. A partir de este cultivo, se genera un cultivo madre que se utiliza diariamente. Este cultivo madre sirve para producir un cultivo intermedio, y finalmente, se obtiene el cultivo industrial. Este flujo de desarrollo es ilustrado en la figura adjunta.



Figura 47. Pasos en la elaboración de fermentos. (Madrid Vicente, 1996).

6.2. Materias primas facultativas

Las adiciones facultativas son ingredientes o componentes que pueden incluirse en un producto alimentario según las preferencias del fabricante o consumidor, pero que no son imprescindibles para definir el producto. En otras palabras, estos ingredientes no son necesarios para que el producto sea clasificado como tal, pero se agregan para mejorar el sabor, la textura, el valor nutricional o para adaptarse a las necesidades del consumidor. Las adiciones facultativas que pueden ser añadidas al yogur dependen del tipo específico, y son las siguientes:

- Leche en polvo: Se puede añadir hasta un 5% en el yogur natural (según el artículo 3.1) y hasta un 10% en otros tipos de yogur. También se puede incorporar nata en polvo, suero en polvo, proteínas de leche y otros productos derivados del fraccionamiento de la leche en las mismas cantidades.
- Yogures con fruta, zumos u otros alimentos: Se pueden añadir azúcares comestibles y edulcorantes autorizados.
- Yogures con fruta, zumos u otros alimentos o yogures aromatizados: Se permite la adición de aromas y otros ingredientes con propiedades aromatizantes autorizados.
- Gelatina: Exclusivamente en yogures con fruta, zumos u otros alimentos y en los aromatizados, con una dosis máxima de 3 g/kg de yogur. Si se utilizan estabilizantes junto con la gelatina, la cantidad total máxima no debe superar los 3 g/kg del producto final.
- Almidones comestibles: Modificados o no, diferentes de los aditivos alimentarios, únicamente en yogures con fruta, zumos u otros alimentos, y en los aromatizados. La dosis máxima permitida es de 3 g/kg del producto terminado.

6.2.1. Aditivos alimentarios

El Codex Alimentarius es un conjunto de normas internacionales de alimentos, códigos de prácticas y directrices, adoptado por la Comisión del Codex Alimentarius, una entidad conjunta de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Su principal propósito es proteger

la salud de los consumidores y garantizar prácticas comerciales justas en el sector alimentario.

Este organismo aborda varias áreas clave, como la inocuidad de los alimentos, la higiene alimentaria, el etiquetado de alimentos y el control de aditivos alimentarios. A través de estas acciones, el Codex Alimentarius contribuye a establecer estándares internacionales que los países pueden adoptar voluntariamente como referencia para sus propias regulaciones alimentarias. Su papel es crucial en la promoción de la seguridad alimentaria y la armonización de normativas globales.

El CODEX STAN 192-1995 proporciona una definición para los aditivos alimentarios. Según esta norma, un aditivo alimentario se define como: "cualquier sustancia que, por sí sola, no se consume normalmente como alimento ni se utiliza como ingrediente básico en alimentos, tenga o no valor nutritivo, y cuya adición intencionada al alimento se realice con fines tecnológicos (incluidos los organolépticos) durante las fases de fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte o almacenamiento".

Por su parte, la normativa CODEX 243-2003 sobre leches fermentadas establece limitaciones en el uso de aditivos. De acuerdo con esta normativa, solo se podrán emplear las clases de aditivos especificadas en la Tabla 17 para las categorías de productos correspondientes. Dentro de cada clase, solo se permite el uso de aditivos concretos, que deben estar explícitamente mencionados y cumplir con los límites establecidos en la normativa.

Clase de aditivos	Leches fermentadas y bebidas a base de leche fermentada		Leches fermentadas tratadas térmicamente luego de la fermentación y bebidas a base de leche fermentada tratadas térmicamente luego de la fermentación	
	Simple	Aromatizada	Simple	Aromatizada
Reguladores de acidez	–	X	X	X
Gasificantes	X ^(b)	X ^(b)	X ^(b)	X ^(b)
Colorantes	–	X	–	X
Emulsionantes	–	X	–	X
Acentuadores del sabor	–	X	–	X
Gases de envasado	–	X	X	X
Sustancias conservadoras	–	–	–	X
Estabilizadores	X ^(a)	X	X	X
Edulcorantes	–	X	–	X
Espesantes	X ^(a)	X	X	X

(a) El uso está restringido a la reconstitución y recombinación si así lo permite la legislación nacional del país de venta al consumidor final.

(b) El uso de gasificantes está justificado tecnológicamente sólo para las bebidas a base de leche fermentada.

X El uso de aditivos que pertenecen a la clase está tecnológicamente justificado. En el caso de los productos aromatizados, está justificado el uso de los aditivos en la parte láctea.

– El uso de aditivos que pertenecen a la clase no está tecnológicamente justificado

Tabla 17. Norma general para los aditivos alimentarios (CXS 192-1995). (Normas oficiales Codex Alimentarius).

Según la norma, también se permite el uso de los reguladores de acidez, colorantes, emulsionantes, gases de envasado y sustancias conservadoras, los cuales están listados en la Tabla 9 de la Norma General para Aditivos Alimentarios (CODEX STAN 192-1995), para las categorías de productos a base de leche fermentada, tal como se especifica en la tabla anterior.

- Reguladores de acidez

Los reguladores de acidez son aditivos utilizados en la industria alimentaria para ajustar o controlar el nivel de acidez o alcalinidad (pH) de un producto alimenticio. Estos aditivos son esenciales para mantener la estabilidad del alimento, mejorar su sabor, y extender su vida útil al evitar la proliferación de microorganismos indeseables.

Nº de SIN	Nombre del aditivo	Nivel máximo
Reguladores de acidez		
334	Ácido tartárico, L(+)-	2 000 mg/kg como ácido tartárico
335(i)	Tartrato monosódico	
335(ii)	Tartrato de sodio, L(+)	
336(i)	Tartrato monopotásico	
336(ii)	Tartrato dipotásico	
337	Tartrato de potasio y sodio, L(+)	1 500 mg/kg como ácido adípico
355	Ácido adípico	
356	Adipatos de sodio	
357	Adipatos de potasio	
359	Adipatos de amonio	

Tabla 18. Reguladores de acidez permitidos según la FAO. (Normas oficiales Codex Alimentarius).

- Gasificantes

Un gasificante es una sustancia utilizada en la industria alimentaria para generar gas, usualmente dióxido de carbono (CO₂), dentro de una masa o mezcla de alimentos. Este proceso provoca la formación de burbujas de gas, lo que contribuye a la expansión y esponjosidad de productos horneados como panes, pasteles, galletas y otros alimentos similares.

Nº de SIN	Nombre del aditivo	Nivel máximo
Gasificantes		
290	Dióxido de carbono	BPF

Tabla 19. Gasificantes permitidos según la FAO. (Normas oficiales Codex Alimentarius).

- Colorantes

Un colorante es una sustancia empleada para proporcionar color a alimentos, bebidas, productos cosméticos, farmacéuticos y otros artículos. Su uso principal es mejorar la apariencia visual de los productos, y puede ser de origen natural o sintético.

N° de SIN	Nombre del aditivo	Nivel máximo
Colorantes		
100(i)	Curcumina	100 mg/kg
101(i)	Riboflavin, sintéticas	} 300 mg/kg
101(ii)	Riboflavina 5', fosfato de sodio	
102	Tartracina	300 mg/kg
104	Amarillo de quinolina	150 mg/kg
110	Amarillo ocazo FCF	300 mg/kg
120	Carmines	150 mg/kg
122	Azorrubina (carmoisina)	150 mg/kg
124	Ponceau 4R (rojo de cochinilla A)	150 mg/kg
129	Rojo allura AC	300 mg/kg
132	Indigotina (carmine de indigo)	100 mg/kg
133	Azul brillante FCF	150 mg/kg
141(i)	Clorofilas, complejos cúpricos	} 500 mg/kg
141(ii)	Clorofilinas, complejos cúpricos, sales de sodio y potasio	
143	Verde sólido FCF	100 mg/kg
150b	Caramelo II – caramelo al sulfito	150 mg/kg
150c	Caramelo III – caramelo al amoníaco	2 000 mg/kg
150d	Caramelo IV – caramelo al sulfito amónico	2 000 mg/kg
151	Negro brillante (negro PN)	150 mg/kg
155	Marrón HT	150 mg/kg
160a(i)	Carotenos, <i>beta</i> -, sintéticos	} 100 mg/kg
160e	Carotenal, <i>beta</i> -apo-8'-	
160f	Éster etílico del ácido <i>beta</i> -apo-8'-carotenoico	
160a(iii)	Carotenos, <i>beta</i> -, <i>Blakeslea trispora</i>	} 600 mg/kg
160a(ii)	Carotenos, <i>beta</i> -, vegetales	
160b(i)	Extractos de annato – base de bixina	20 mg/kg como bixina
160b(ii)	Extractos de annato – base de norbixina	20 mg/kg como norbixina
160d	Licopenos	30 mg/kg como licopeno puro
161b(i)	Luteína de <i>Tagetes erecta</i>	150 mg/kg
161h(i)	Zeaxantina, sintética	150 mg/kg
163(ii)	Extracto de piel de uva	100 mg/kg
172(i)	Óxido de hierro, negro	} 100 mg/kg
172(ii)	Óxido de hierro, rojo	
172(iii)	Óxido de hierro, amarillo	

Tabla 20. Colorantes permitidos según la FAO. (Normas oficiales Codex Alimentarius).

Los yogures que pretendemos en nuestra industria son una línea de yogur probiótico sabor natural y una línea de yogur probiótico de sabor vainilla.

El yogur natural no necesita colorante y para el yogur de vainilla vamos a emplear una combinación de caroteno y riboflavina permitiendo ajustar el tono de amarillo-naranja para lograr un color más equilibrado y ajustado al perfil visual deseado.

El caroteno es un pigmento natural que se extrae mayormente de fuentes vegetales, como zanahorias y calabazas, y es el encargado de conferir el color amarillo-naranja característico de diversos alimentos.

La riboflavina, otro colorante natural, se obtiene principalmente de alimentos como la leche, la carne y los huevos. En la industria alimentaria, la riboflavina se utiliza habitualmente para aportar tonos amarillos-naranjas a productos lácteos.

La cantidad máxima permitida de caroteno es de 100 mg/kg, mientras que para la riboflavina es de 300 mg/kg. Por esta razón, se ha decidido usar 50 mg/kg de caroteno y 150 mg/kg de riboflavina.



Figura 48. Colorante natural caroteno y riboflavina. (Moreno Rua, 2024).

- Emulsionantes

Un emulsionante es un compuesto utilizado en la industria alimentaria para facilitar la formación y estabilidad de una emulsión. Una emulsión es una mezcla de dos líquidos que no se combinan de forma natural, como el aceite y el agua. El emulsionante funciona reduciendo la tensión superficial entre ambos líquidos, lo que facilita su mezcla de manera homogénea y estable.

Nº de SIN	Nombre del aditivo	Nivel máximo
Emulsionantes		
432	Polioxietileno (20), monolaurato de sorbitán	3 000 mg/kg
433	Polioxietileno (20), monooleato de sorbitán	
434	Polioxietileno (20), monopalmitato de sorbitán	
435	Polioxietileno (20), monoestearato de sorbitán	
436	Polioxietileno (20), tristearato de sorbitán	10 000 mg/kg
472e	Ésteres diacetiltartáricos y de los ácidos grasos del glicerol	
473	Ésteres de ácidos grasos y sacarosa	5 000 mg/kg
474	Sucroglicéridos	5 000 mg/kg
475	Ésteres poliglicéridos de ácidos grasos	2 000 mg/kg
477	Ésteres de propilenglicol de ácidos grasos	5 000 mg/kg
481(i)	Estearoil lactilato de sodio	10 000 mg/kg
482(i)	Estearoil lactilato de calcio	10 000 mg/kg
491	Monoestearato de sorbitán	5 000 mg/kg
492	Tristearato de sorbitán	
493	Monolaurato de sorbitán	
494	Sorbitán monooleate	
495	Monopalmitato de sorbitán	50 mg/kg
900a	Polidimetilsiloxano	

Tabla 21. Emulsionantes permitidos según la FAO. (Normas oficiales Codex Alimentarius).

- Acentuadores del sabor

Un acentuador del sabor, o potenciador del sabor, es un ingrediente o sustancia química empleada para intensificar o resaltar el sabor natural de los alimentos y bebidas. Estos compuestos no poseen un sabor propio notable, pero actúan en conjunto con otros sabores presentes en los alimentos, mejorando su percepción gustativa. Los acentuadores del sabor son utilizados en la industria alimentaria para optimizar la calidad sensorial de los productos y cumplir con las expectativas de los consumidores.

Nº de SIN	Nombre del aditivo	Nivel máximo
Acentuadores del sabor		
580	Gluconato de magnesio	BPF
620	Ácido glutámico, L(+)-	BPF
621	Glutamato monosódico, L-	BPF
622	Glutamato monopotassium, L-	BPF
623	Glutamato de calcio, di-L-	BPF
624	Glutamato monoamónico, L-	BPF
625	Glutamato de magnesio, di-L-	BPF
626	Ácido guanílico, 5'-	BPF
627	Guanilato disódico, 5'-	BPF
628	Guanilato dipotásico, 5'-	BPF
629	Guanilato de calcio, 5'-	BPF
630	Ácido inosínico, 5'-	BPF
631	Inosinato disódico, 5'-	BPF
632	Inosinato de potasio, 5'-	BPF
633	Inosinato de calcio, 5'-	BPF
634	Ribonucleótidos de calcio, 5'-	BPF
635	Ribonucleótidos disódicos, 5'-	BPF
636	Maltol	BPF
637	Etilmaltol	BPF

Tabla 22. Acentuadores del sabor permitidos según la FAO. (Normas oficiales Codex Alimentarius).

- Sustancias conservadoras

Un conservante, también denominado sustancia conservadora o aditivo conservante, es un compuesto químico utilizado en la industria alimentaria para evitar o retardar el deterioro, la descomposición y la contaminación de los alimentos. De este modo, se ayuda a extender su vida útil y mantener tanto su calidad como su seguridad. Los conservantes se incorporan a los alimentos y bebidas para protegerlos contra la proliferación de microorganismos (como bacterias, levaduras y mohos), la oxidación y otras reacciones químicas que podrían alterar la textura, el sabor y la seguridad de los productos.

Nº de SIN	Nombre del aditivo	Nivel máximo
Sustancias conservadoras		
200	Ácido sórbico	1 000 mg/kg como ácido benzoico
201	Sorbato de sodio	
202	Sorbato de potasio	
203	Sorbato de calcio	
210	Ácido benzoico	300 mg/kg como ácido benzoico
211	Benzoato de sodio	
212	Benzoato de potasio	
213	Benzoato de calcio	500 mg/kg
234	Nisina	

Tabla 23. Conservantes permitidos según la FAO. (Normas oficiales Codex Alimentarius).

- Estabilizadores y espesantes

Los estabilizantes son ingredientes empleados para preservar la consistencia y estabilidad de los alimentos y bebidas, evitando que los componentes se separen o se sedimenten con el tiempo. Además, ayudan a prevenir la formación de cristales de hielo en productos congelados y mejoran la capacidad de retención de agua en los alimentos.

Por otro lado, los espesantes se utilizan para incrementar la viscosidad o densidad de una mezcla líquida, logrando una textura más espesa. Esto no solo mejora la apariencia y el sabor de los alimentos y bebidas, sino también su capacidad para mantenerse homogéneos.

Nº de SIN	Nombre del aditivo	Nivel máximo
Estabilizadores y espesantes		
170(i)	Carbonato de calcio	BPF
331(iii)	Citrato trisódico	BPF
338	Ácido fosfórico	1 000 mg/kg, solo o en combinación como fósforo
339(i)	Fosfato diácido de sodio	
339(ii)	Hidrogenofosfato disódico	
339(iii)	Fosfato trisódico	
340(i)	Fosfato diácido de potasio	
340(ii)	Hidrogenofosfato dipotásico	
340(iii)	Fosfato tripotásico	
341(i)	Fosfato diácido de calcio	
341(ii)	Hydrogenofosfato de calcio	
341(iii)	Fosfato tricálcico	
342(i)	Fosfato diácido de amonio	
342(ii)	Hydrogeno fosfato diamónico	
343(i)	Fosfato monomagnésico	
343(ii)	Hydrogenofosfato de magnesio	
343(iii)	Fosfato trimagnésico	
450(i)	Difosfato disódico	
450(ii)	Difosfato trisódico	
450(iii)	Difosfato tetrasódico	
450(v)	Difosfato tetrapotásico	
450(vi)	Difosfato dicálcico	
450(vii)	Difosfato diácido cálcico	
451(i)	Trifosfato pentasódico	
451(ii)	Trifosfato pentapotásico	
452(i)	Polifosfato de sodio	
452(ii)	Polifosfato de potasio	
452(iii)	Polifosfato de sodio y calcio	
452(iv)	Polifosfato de calcio	
452(v)	Polifosfato de amonio	
542	Fosfato de huesos	
400	Ácido algínico	BPF
401	Alginato de sodio	BPF
402	Alginato de potasio	BPF
403	Alginato de amonio	BPF
404	Alginato de calcio	BPF
405	Alginato de propilenglicol	BPF
406	Agar	BPF
407	Carragenina	BPF
407a	Alga euchema elaborada	BPF
410	Goma de semillas de algarrobo	BPF
412	Goma guar	BPF
413	Goma de tragacanto	BPF
414	Goma arábica (Goma de acacia)	BPF
415	Goma xantán	BPF
416	Goma karaya	BPF

417	Goma tara	BPF
418	Goma gelán	BPF
425	Harina konjac	BPF
440	Pectinas	BPF
459	Ciclodextrina, beta-	5 mg/kg
460(i)	Celulosa microcristalina (gel de celulosa)	BPF
460(ii)	Celulosa en polvo	BPF
461	Metilcelulosa	BPF
463	Hidroxipropilcelulosa	BPF
464	Hidroxipropilmetilcelulosa	BPF
465	Metiletilcelulosa	BPF
466	Carboximetilcelulosa sódica (goma de celulosa)	BPF
467	Etilhidroxietilcelulosa	BPF
468	Carboximetilcelulosa sódica reticulada (goma de celulosa reticulada)	BPF
469	Carboximetilcelulosa sódica, hidrolizada mediante enzimas (goma de celulosa, hidrolizada mediante enzimas)	BPF
470(i)	Sal mirística, palmítica y ácidos esteáricos con amonio, calcio, potasio y sodio	BPF
470(ii)	Sal de ácido oleico con calcio, potasio y sodio	BPF
471	Mono- y di-glicéridos de ácidos grasos	BPF
472a	Ésteres acéticos y de ácidos grasos del glicerol	BPF
472b	Ésteres lácticos y de ácidos grasos del glicerol	BPF
472c	Ésteres cítricos y de ácidos grasos del glicerol	BPF
508	Cloruro de potasio	BPF
509	Cloruro de calcio	BPF
511	Cloruro de magnesio	BPF
1200	Polidextrosas	BPF
1400	Dextrinas, almidón tostado	BPF
1401	Almidones tratados con ácido	BPF
1402	Almidones tratados con alcalis	BPF
1403	Almidón blanqueado	BPF
1404	Almidón oxidado	BPF
1405	Almidones tratados con enzimas	BPF
1410	Fosfato de monoalmidón	BPF
1412	Fosfato de dialmidón	BPF
1413	Fosfato de almidón fosfatado	BPF
1414	Fosfato de dialmidón acetilado	BPF
1420	Acetato de almidón	BPF
1422	Adipato de dialmidón acetilado	BPF
1440	Almidón hidroxipropilado	BPF
1442	Fosfato de dialmidón hidroxipropilado	BPF
1450	Almidón octenil succinado sódico	BPF
1451	Almidón oxidado de acetilato	BPF

Tabla 24. Estabilizadores y espesantes permitidos según la FAO. (Normas oficiales Codex Alimentarius).

- Edulcorantes

Un edulcorante es una sustancia empleada para dar un sabor dulce a los alimentos y bebidas sin la necesidad de añadir azúcar. Estos compuestos son muy comunes en la

industria alimentaria, ya que permiten satisfacer el gusto por lo dulce sin incrementar de manera considerable las calorías o los carbohidratos en los productos.

Nº de SIN	Nombre del aditivo	Nivel máximo
Edulcorantes^(a)		
420	Sorbitols	BPF
421	Manitol	BPF
950	Acesulfame potásico	350 mg/kg
951	Aspartamo	1 000 mg/kg
952	Ciclamatos	250 mg/kg
953	Isomaltol (isomaltulosa hidrogenada)	BPF
954	Sacarinas	100 mg/kg
955	Sucralosa (Triclorogalactosacarosa)	400 mg/kg
956	Alitame	100 mg/kg
961	Neotamo	100 mg/kg
962	Acesulfamo aspartame, sal de	350 mg/kg en base al equivalente de acesulfamo de potasio
964	Jarabe de poliglicitol	BPF
965	Maltitoles	BPF
966	Lactitolo	BPF
967	Xilitolo	BPF
968	Eritritolo	BPF

(a) El uso de edulcorantes se limita a la leche y los productos en base a derivados de la leche de energía reducida o sin el agregado de azúcar.

Tabla 25. Edulcorantes permitidos según la FAO. (Normas oficiales Codex Alimentarius).

En la fase de incorporación de ingredientes menores en la industria, se añadirá el edulcorante acesulfamo potásico, con una cantidad de 200 mg/kg. Este valor está por debajo del límite máximo permitido de 400 mg/kg, según lo estipulado por el Codex Alimentarius.

6.3. Materiales auxiliares

6.3.1. Palés de tipo europeo

En la industria se empleará un palé europeo estandarizado, cuyas dimensiones son 0,8 x 1,2 metros, con un peso de 25 kg y una capacidad de carga de hasta 1.500 kg. Servirán para el almacenamiento del producto terminado y listo para refrigerar y comercializar.

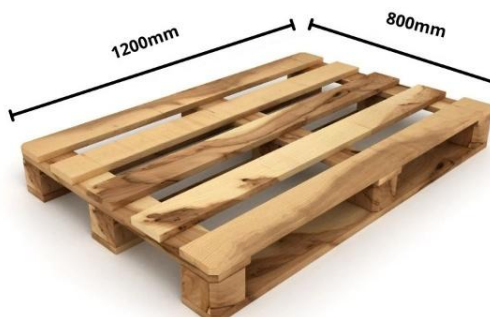


Figura 49. Palé europeo con sus medidas. (Solenutro).

6.3.2. Tarrinas

Los yogures se envasarán en tarrinas de capacidad 125 gramos hechas de plástico polipropileno (PP) e irán en packs de 6 unidades. Este tipo de material es muy utilizado en la industria alimentaria debido a sus propiedades:

- Es seguro para el contacto con alimentos, ya que no libera sustancias tóxicas ni altera el sabor o la calidad del yogur.
- Es un material muy versátil que se puede moldear fácilmente en diferentes formas y tamaños, lo que permite crear tarrinas de yogur con diseños atractivos y funcionales.
- Es resistente a golpes y deformaciones, lo que protege al yogur durante el transporte o almacenamiento.
- Es un material ligero, lo que facilita el manejo y transporte de las tarrinas de yogur.
- Es un plástico reciclable, lo que contribuye a la sostenibilidad y a la reducción de residuos.
- Es un material relativamente económico, lo que lo hace una opción adecuada para producir yogur a gran escala.



Figura 50. Formato del tipo de envase. (Alcampo).

6.3.3. Cajas

Los paquetes de yogur se introducirán dentro de una caja de cartón para su mejor distribución con dimensiones (600 x 400 x 200 mm).



Figura 51. Caja de cartón. (Kartox).

6.3.4. Etiquetas

Llegarán a la fábrica en grandes rollos etiquetas impresas con la información pertinente, es decir, nombre del producto, ingredientes, composición nutricional, peso neto, etc.

6.3.5. Tapas de yogur

Serán de aluminio en su interior y llegarán en grandes rollos.

6.3.6. Cartones para envasado y almacenamiento

Para evitar que los yogures se deformen al colocarlos unos encima de otros, se envolverán en un cartón del estilo de los de la figura 50.

7. PROCESO PRODUCTIVO

En este punto se pretende describir el proceso productivo que se va a seguir en fábrica. Para ello, además de describir las etapas del proceso, se va a establecer el plan y programa productivos y se van a calcular las necesidades de materias primas que se requieren para un correcto procesado.

7.1. Plan productivo

Se elaborarán 2 líneas de yogur probiótico desnatado y edulcorado. Una de ellas de yogur probiótico sabor natural y la otra, yogur probiótico sabor vainilla. La industria contará con un procesamiento de 20.000 litros de leche ya estandarizada.

7.2. Programa productivo

Para cumplir los objetivos establecidos se precisa de la elaboración de un programa productivo que sincronice todas las actividades realizadas en la industria y que a la vez prevea posibles fallos en la realización de estas.

El proceso de producción de la planta se lleva a cabo de lunes a sábado durante todo el año, reservándose los domingos para la recepción de la leche cruda y la limpieza de las instalaciones.

La planta funcionará durante 16 horas al día, dividiendo la jornada en dos turnos:

- Turno de Mañana: La producción inicia a las 6:00 y finaliza a las 14:00.
- Turno de Tarde: Comienza a las 14:00 y termina a las 20:00. Las dos últimas horas, hasta las 22:00, se dedicarán exclusivamente a la limpieza de los equipos, preparando todo para el inicio del proceso productivo al día siguiente.

Cada turno incluirá un descanso de 30 minutos para los trabajadores.

Todos los días, entre las 6:00 y las 7:00, se realiza la recepción de la leche cruda, a excepción del lunes. Los lunes se reciben las demás materias primas necesarias para la producción del producto, como leche en polvo, edulcorante, colorantes, cultivos lácteos y aroma. Los martes se llevará a cabo la distribución de los productos elaborados durante la semana, los cuales se transportarán en camiones entre las 6:30 y las 8:30.

En la siguiente tabla, se recogen las existencias de leche a lo largo de una semana. Se pretende que cada día se recepcionen 25.000 L de leche, a excepción de los sábados, que se recogen aproximadamente unos 20.000 L con el objeto de que el sábado al terminar la producción no quede stock y el domingo se pueda realizar una limpieza íntegra para empezar el lunes de nuevo a producir.

	L	M	X	J	V	S	D
Stock	25.000	853,66	1.707,32	2.560,98	3.414,64	4.268,3	0
Recepción	0	25.000	25.000	25.000	25.000	19.878,04	25.000
Producción	24.146,34	24.146,34	24.146,34	24.146,34	24.146,34	24.146,34	0
Remanente	853,66	1.707,32	2.560,98	3.414,64	4.268,3	0	25.000

Tabla 26. Gestión del stock semanal de leche cruda en litros. (Elaboración propia).

No obstante, se pretende también tener 2 tanques de almacenamiento de leche cruda en fábrica con el objeto de que se pueda hacer frente a una causa sobrevenida que haga que un día no se recepcione leche y no afecte eso a la planificación de la producción diaria.

Dado que en la planta se producirán 2 tipos de sabores de yogur y que se trabajan 6 días por semana, se ha determinado que de cada tipo de yogur se van a dedicar 3 días de procesado.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Natural	x	x	x			
Vainilla				x	x	x

Tabla 27. Distribución semanal de los 2 tipos de yogur. (Elaboración propia).

Una vez que los yogures han sido envasados, se procede a etiquetarlos, siguiendo lo establecido en el Reglamento 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, el cual establece la información obligatoria que debe incluirse en el etiquetado del producto. Esta información incluye:

- La denominación del producto.
- La lista de ingredientes.
- Los alérgenos presentes.
- La cantidad neta.
- La fecha de caducidad o consumo preferente.
- Las condiciones específicas de conservación.
- El nombre o razón social de la empresa.
- El país de origen o lugar de procedencia.
- Las instrucciones de uso.
- Información nutricional.

El producto final se empacará en bandejas de cartón que se organizarán adecuadamente en palés. Estas cajas serán transportadas en camiones refrigerados para asegurar la conservación de la cadena de frío, evitando que se alteren las propiedades nutricionales, organolépticas y la calidad del producto.

7.3. Diagrama de flujo básico del proceso

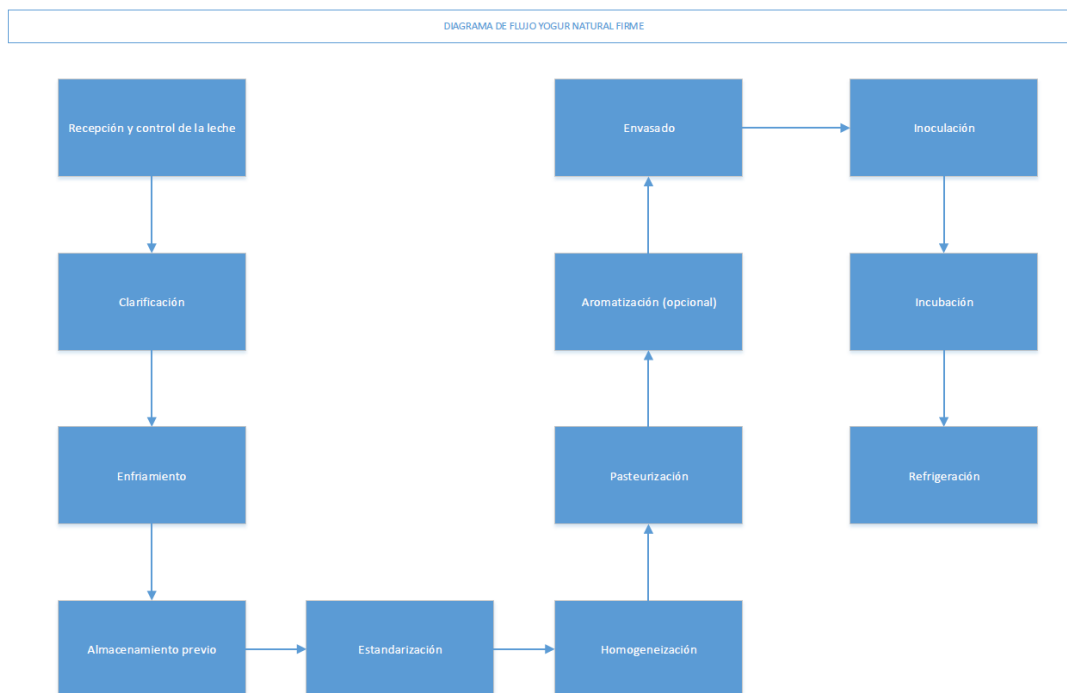


Figura 52. Diagrama de flujo básico del proceso de elaboración del yogur firme. (Elaboración propia).

7.4. Descripción del proceso productivo

7.4.1. Recepción de la leche

La leche es transportada desde las granjas cercanas hasta la planta industrial. Para garantizar su adecuada conservación, las granjas mantienen la leche en tanques refrigerados, a temperaturas inferiores a 4°C, hasta que llegue el camión cisterna.

Una vez allí, los tanques de almacenamiento se transfieren a camiones cisterna de acero inoxidable, los cuales cuentan con aislamiento térmico para asegurar que la leche se mantenga a una temperatura constante de 4°C durante el trayecto.

Al llegar a la industria, se realiza una inspección para verificar la cantidad de leche recibida mediante un caudalímetro. Además, se llevan a cabo controles de calidad físicos, químicos y sanitarios, evaluando también las características organolépticas (como sabor y olor). Es fundamental que la leche esté libre de antibióticos, ya que su presencia puede interferir con el crecimiento de microorganismos en la etapa de fermentación.

Entre los controles realizados se incluyen la medición de la acidez, la densidad, el pH, la prueba de resazurina, el contenido de proteínas, el recuento de células somáticas, el número de bacterias, el contenido de grasa, el punto crioscópico y la detección de residuos de antibióticos.

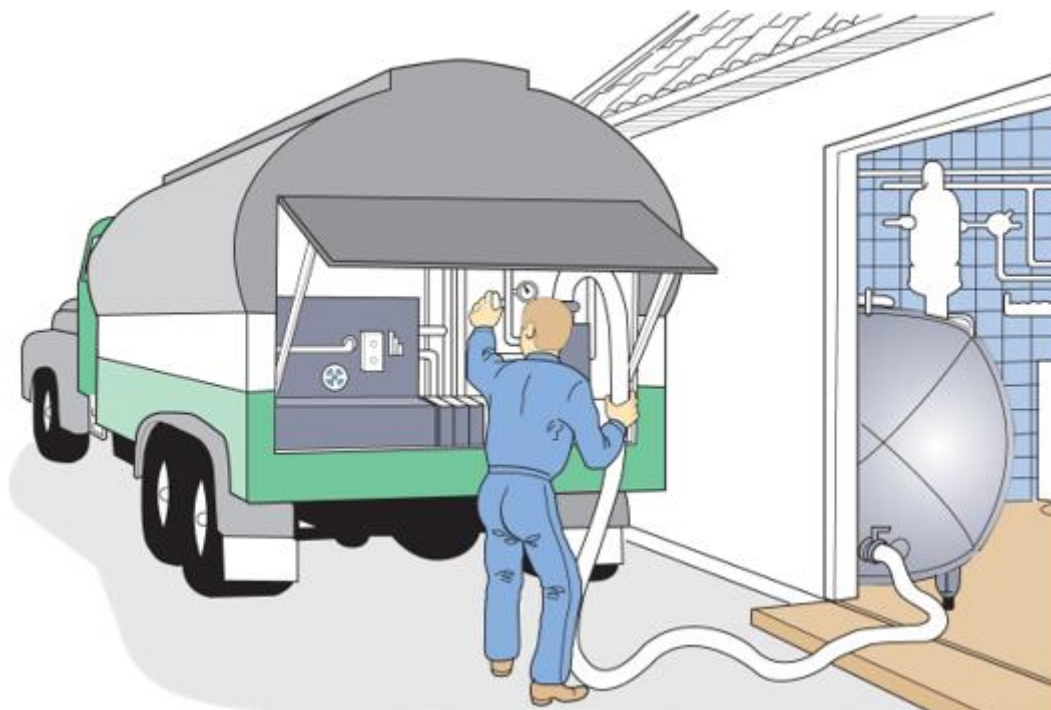


Figura 53. Recogida de la leche en fábrica. (Madrid Vicente, 1996).

- Sabor y olor

Cuando un camión cisterna recoge la leche en una granja, el conductor toma una muestra que posteriormente se envía a la planta para su análisis. Si la leche presenta olores o sabores anormales, se le asigna una puntuación de calidad inferior, lo que implica que el productor recibirá un pago menor. En caso de que se detecten diferencias significativas en el sabor y olor, la industria procederá a rechazarla completamente.

- Acidez

Para medir la acidez de la leche, se sigue un proceso detallado. En primer lugar, se extrae una muestra representativa de la leche, generalmente de unos 10 ml. A continuación, se añaden unas gotas de un indicador de pH, como la fenolftaleína, que cambiará de color durante el proceso de titulación. La bureta se llena con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) de concentración conocida.

La titulación comienza al añadir lentamente la solución de NaOH a la muestra de leche mientras se agita. El NaOH reacciona con los ácidos presentes en la leche. El punto final de la titulación se identifica cuando el indicador de pH cambia de color, como por ejemplo de incoloro a rosa en el caso de la fenolftaleína.

Los resultados se registran anotando la cantidad de NaOH utilizada hasta alcanzar el punto final. Este valor se emplea para calcular la acidez de la leche, la cual generalmente se expresa en grados Dornic (°D), que indican los gramos de ácido láctico por litro de leche. Para realizar este cálculo, se aplica una fórmula específica.

$$\text{Acidez (}^{\circ}\text{D)} = \frac{V * N * 90}{m}$$

Donde:

- V : volumen de la solución de NaOH en ml utilizado.
- N : normalidad de la solución de NaOH.
- 90: factor de corrección (debido al peso molecular del ácido láctico).
- m : masa de la muestra de leche en gramos.

La leche de oveja cruda puede tener una acidez natural que oscila entre 18 y 25°D.

Por ejemplo, una acidez inferior a 18°D en la leche de oveja podría señalar problemas de salud en las ovejas, una posible dilución de la leche o la adición de sustancias alcalinizantes. En cambio, una acidez superior a 25°D podría indicar que la leche proviene de un proceso de ordeño no adecuado en cuanto a higiene o que ha permanecido sin refrigeración durante un tiempo prolongado. Esto puede provocar la formación de ácido láctico debido a la descomposición de la lactosa.

- pH

La medición del pH de la leche en una planta láctea se lleva a cabo utilizando un medidor de pH, un dispositivo diseñado para medir la acidez o alcalinidad de una solución. El procedimiento se realiza de la siguiente manera:

Primero, se calibra el medidor de pH. Esto implica limpiar y preparar el electrodo de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Luego, se sumerge el electrodo en una solución de calibración con pH 7.0 y se ajusta el medidor para que registre un valor de 7.0. Posteriormente, se coloca en una solución con pH 4.0 (u otro valor de referencia) y se ajusta nuevamente para que refleje correctamente ese valor. Este proceso de calibración asegura que las mediciones sean precisas.

Después, se prepara la muestra. Se toma una muestra representativa de leche y se asegura que esté a temperatura ambiente o a la temperatura recomendada para el análisis, generalmente alrededor de 20°C.

El siguiente paso consiste en medir el pH. Se introduce el electrodo en la muestra de leche y se espera a que la lectura se estabilice, lo cual suele ocurrir en unos pocos segundos. Una vez estabilizado, se registra el valor de pH mostrado en el medidor.

Finalmente, se limpia y mantiene el electrodo. Después de cada uso, el electrodo se enjuaga con agua desionizada o destilada y se guarda siguiendo las indicaciones del fabricante.

El pH de la leche suele ser ligeramente ácido, con un rango habitual de pH entre 6.4 y 6.8.

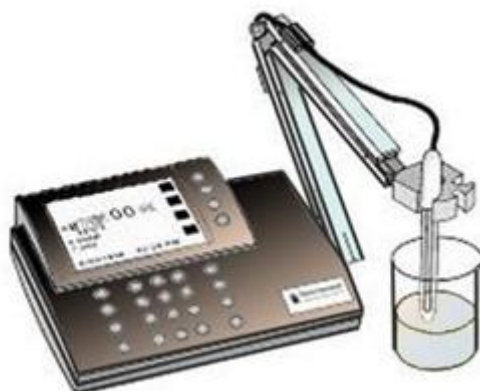


Figura 54. pH-metro. (Junta de Andalucía, 2015).

- Antibióticos

En España, el Real Decreto 1728/2017 establece las normativas que regulan los requisitos específicos para controlar la presencia de antibióticos en la leche. Antes de descargar la leche en la planta láctea, se realiza una prueba para detectar residuos de antibióticos del grupo de los beta-lactámicos en cada camión cisterna de transporte. Además, se lleva a cabo una prueba de detección de residuos de tetraciclinas en uno de cada cinco camiones cisterna.

El procedimiento para la detección de residuos de antibióticos se lleva a cabo de la siguiente manera:

1. Toma de la muestra: Se extrae una muestra de leche que se analizará para detectar posibles residuos de antibióticos como los beta-lactámicos y las tetraciclinas.
2. Mezcla con reactivos: En un pequeño tubo, se combina la muestra de leche con productos químicos específicos diseñados para captar los beta-lactámicos y las tetraciclinas si están presentes.
3. Tira detectora: Luego, se introduce una tira reactiva en el tubo que contiene la mezcla de leche y productos químicos. Esta tira contiene sustancias químicas o enzimas que reaccionan cambiando de color o emitiendo una señal cuando se unen a los antibióticos presentes.
4. Espera y observación: Se deja la tira en el tubo durante un periodo de tiempo para que se produzcan las reacciones químicas. Luego, se retira la tira y se observa.
5. Resultado visual: La tira tiene una ventana o área visible. Si la tira cambia de color o muestra una señal en esta área, se considera un resultado positivo, lo que indica que se han detectado beta-lactámicos o tetraciclinas en la muestra de leche. Si no hay ningún cambio, el resultado es negativo, lo que significa que no se han encontrado estos antibióticos en la muestra.



Figura 55. Test para la detección de antibióticos. (Junta de Andalucía, 2015).

- Estabilidad al alcohol

Antes de que la leche se someta a un tratamiento térmico, es necesario comprobar si la leche será estable durante dicho proceso. Al agregar una cantidad determinada de alcohol etílico a soluciones coloidales, como la leche, se produce un proceso en el cual algunos componentes que normalmente mantienen la estabilidad de la mezcla pueden deshidratarse parcial o completamente. Esto provoca cambios en su estructura y, como resultado, los coloides pueden volverse inestables, lo que genera la formación de grumos o floculación.

Este fenómeno solo ocurre cuando la concentración de alcohol en la mezcla alcanza un nivel específico. Si la concentración es inferior a este umbral, las leches termoestables no formarán grumos al entrar en contacto con el alcohol, mientras que las leches térmicamente inestables sí lo harán. Esto sugiere que existe una relación entre la capacidad de la leche para resistir el calentamiento y su estabilidad en presencia de alcohol. Es decir, las leches que son estables al alcohol también podrán resistir el tratamiento térmico sin volverse inestables.

La concentración de la solución alcohólica que se debe añadir a la muestra es del 68% cuando se analizan leches para pasteurización, y debe elevarse al 72% en el caso de la esterilización. El procedimiento es el siguiente:

1. Toma de la muestra: Se extrae una muestra representativa de la leche que se desea analizar.
2. Adición de alcohol: Se agrega una cantidad específica de alcohol a la muestra de leche.
3. Mezcla uniforme: Se mezcla la leche y el alcohol de manera uniforme, asegurándose de que estén completamente integrados. La mezcla debe realizarse suavemente para evitar la formación de burbujas de aire.

4. Observación de cambios: Se observa la muestra visualmente durante un tiempo determinado. Se presta atención a cualquier alteración en la apariencia o textura de la leche tras añadir el alcohol.
5. Resultados: Los resultados se interpretan según los cambios observados. Si la leche muestra signos de coagulación, separación o cualquier otro cambio en su apariencia, esto puede indicar una falta de estabilidad al alcohol. En cambio, si la leche mantiene su integridad sin mostrar cambios significativos, se considera estable al alcohol.

Algunos ejemplos de leches que pueden flocular en la prueba de alcohol son:

- Leche cruda o no pasteurizada: La leche fresca sin pasteurizar puede ser inestable y susceptible a la floculación debido a la presencia de bacterias y microorganismos.
- Leche sobrecalentada: El calentamiento excesivo puede alterar la estructura de las proteínas de la leche, lo que la hace más propensa a la floculación.
- Leche con variaciones en la composición química: Las leches con un desequilibrio salino, como aquellas ricas en calcio, pueden ser inestables.
- Leche con exceso de albúmina: Esto puede ser causado por factores fisiológicos (como el calostro) o patológicos (como la mastitis).
- Leche mal manipulada o mal almacenada: La exposición a condiciones insalubres o temperaturas inadecuadas puede favorecer el crecimiento bacteriano, lo que contribuye a la inestabilidad de la leche.



Figura 56. Leche inestable (izquierda) y estable (derecha). (Junta de Andalucía, 2015).

- Densidad

La densidad de la leche se puede medir utilizando lactodensímetros. La leche de oveja tiene una densidad aproximada de 1.034-1,035 g/l. Los valores de densidad pueden variar

según la temperatura, por lo que las mediciones realizadas a temperaturas distintas de 15 °C (temperatura para la que el densímetro está calibrado) deben corregirse.

El procedimiento para medir la densidad en la industria láctea es el siguiente: El lactodensímetro se sumerge en la leche, y según cómo flote, proporciona una lectura directa de la densidad.

En la industria láctea, los grados Quevenne son una medida utilizada específicamente para evaluar la densidad de la leche. Se definen como la diferencia entre el peso específico de la leche y el agua (1.000), y el resultado se multiplica por 1.000.

$$^{\circ}Q = (\text{densidad leche} - \text{densidad agua}) * 1000$$

O lo que es lo mismo:

$$\text{Densidad} = \frac{^{\circ}Q + 1000}{1000}$$

- Prueba de la resazurina

La prueba de resazurina es un método utilizado en la industria láctea para evaluar la calidad y frescura de la leche. La resazurina es un indicador químico que cambia de color en respuesta a la presencia de oxígeno y la actividad microbiana. El principio detrás de esta prueba es que cuando la leche se contamina con microorganismos o se expone al oxígeno durante un tiempo prolongado, el indicador cambia de color, lo que sugiere la posible presencia de bacterias u otros contaminantes.

El procedimiento básico para realizar la prueba de resazurina en la leche es el siguiente: Se toma una muestra representativa de la leche a analizar y se le agrega una pequeña cantidad de resazurina, que es de color azul.

La muestra se observa durante un periodo determinado. Si la leche es fresca y no ha sido contaminada, la resazurina mantendrá su color azul. En cambio, si la leche ha sido contaminada con microorganismos o ha estado expuesta al oxígeno, la resazurina cambiará de color a rosa o se volverá incolora.

- Recuento de células somáticas

Cuando la leche presenta más de 400.000 células somáticas por mililitro (de acuerdo con el Reglamento (CE) n° 853/2004, que establece normas específicas de higiene para los alimentos de origen animal y regula los requisitos para la comercialización de leche cruda), esto indica que las ovejas pueden padecer alguna enfermedad en las ubres. El contenido de células somáticas se mide mediante un dispositivo especializado en el recuento de partículas, conocido como contador Coulter.

- Recuento de bacterias

Para determinar el número de bacterias presentes en la leche, se emplea el método de Leesment, que consiste en incubar las bacterias a 30 °C durante 72 horas en una muestra

de leche de 0.001 ml con un sustrato nutritivo. Después de la incubación, se cuentan las colonias que han crecido en las placas.

Para realizar un conteo preciso de las colonias, se utilizan herramientas como un estereomicroscopio o un contador de colonias. El estereomicroscopio permite observar de manera ampliada las colonias en la placa, lo que facilita su conteo. Algunos laboratorios también emplean sistemas de imagen y software de análisis de imágenes para obtener un conteo más exacto.

Los umbrales máximos permitidos para las colonias de gérmenes a 30 °C son de 100.000 por mililitro, según lo establecido en el Reglamento (CE) nº 853/2004.

- Contenido en proteínas

Las industrias lácteas suelen pagar a los granjeros en función del contenido de proteínas en la leche. El método más comúnmente utilizado para medir la concentración de proteínas en la leche es la espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR).

- Contenido en grasa

El método Gerber es una técnica tradicional empleada para medir el contenido de grasa en la leche.

1. Preparación de la muestra: se toma una muestra representativa de leche y se calienta a una temperatura específica (generalmente entre 60-70 °C) para que la grasa se derrita y se separe de otros componentes.
2. Adición de reactivos: a la muestra de leche caliente se le añaden reactivos químicos, como ácido sulfúrico y amilato de sodio, que ayudan a separar la grasa de los otros componentes y forman una capa de grasa separada.
3. Centrifugación: la muestra se coloca en un tubo especial llamado "butirómetro" y se somete a centrifugación. La fuerza centrífuga provoca que la grasa se separe y suba hacia la parte superior del tubo.
4. Lectura del menisco: después de la centrifugación, se observa el tubo y se mide la altura del "menisco", la fase grasa que se ha formado, en milímetros. Esta medición indica el contenido de grasa de la muestra.
5. Cálculo de la grasa: la altura del menisco en el tubo de butirómetro proporciona una lectura directa del porcentaje de grasa en la muestra de leche.

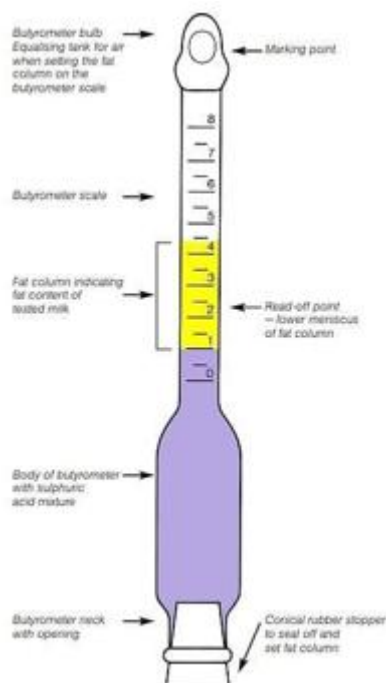


Figura 57. Método Gerber. (Moreno Rua, 2024).

- Punto de congelación

Las industrias verifican el punto de congelación de la leche para determinar si ha sido diluida con agua. El punto de congelación de la leche suele estar entre -0.54°C y -0.59°C . Si se le añade agua a la leche, este punto de congelación aumenta.

7.4.2. Operaciones previas

- Desaireación

La leche proveniente del camión es transportada a través de un sistema de tuberías hasta llegar a un desgasificador. Mediante el proceso de desaireación, se elimina el aire ocluido en la leche. Al llegar a la industria, la leche puede contener hasta un 10% de aire, lo cual genera varios problemas, como la imprecisión en la medición del volumen de leche, incrustaciones en las superficies de intercambio térmico de los pasteurizadores, menor eficiencia en el desnatado y reacciones de oxidación durante los tratamientos térmicos.

Es recomendable realizar la desaireación antes del caudalímetro para evitar mediciones incorrectas del volumen de leche.

- Filtración

A continuación, la leche se filtra a través de un tamiz perforado de acero inoxidable, con un diámetro de entre 0.2 y 1 mm, que se encuentra dentro de la tubería por la que circula. El propósito de esta operación es eliminar los contaminantes que puedan estar presentes en la leche cruda recibida, como paja, estiércol o arena.

- Caudalímetro

Una vez desgasificada y filtrada, la leche se dirige a un caudalímetro, un dispositivo que registra tanto el flujo de leche como la cantidad de aire que contiene.

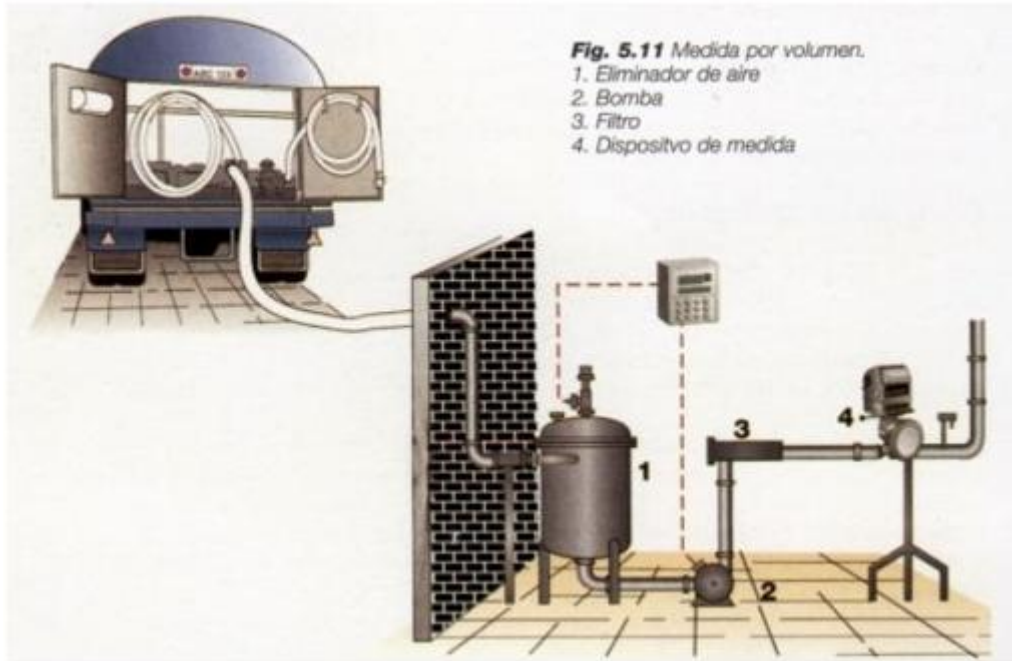


Figura 58. Esquema de operaciones previas. (Madrid Vicente, 1996).

- Termización

Para garantizar la calidad de la leche durante su almacenamiento temporal de un día, se utiliza un proceso térmico denominado termización. Este proceso consiste en pasar la leche a través de un intercambiador de placas, donde se somete a un calentamiento suave con el objetivo de reducir la presencia de bacterias psicotróficas (microorganismos que pueden desarrollarse a bajas temperaturas, como las de la nevera) y de inactivar enzimas que puedan provocar reacciones químicas indeseadas. A diferencia de métodos más intensivos, como la pasteurización o esterilización, la termización no asegura la eliminación completa de microorganismos patógenos. Este proceso se emplea comúnmente para prolongar la vida útil de la leche antes de que se someta a tratamientos adicionales.

Durante la termización, la leche se calienta a temperaturas que varían entre 63 y 65°C durante 15 a 20 segundos.

Existen dos métodos para realizar la termización: directo e indirecto. En este caso, se opta por el método indirecto, utilizando un intercambiador de placas.

El método de calentamiento indirecto tiene la ventaja de lograr una recuperación de calor eficiente, alcanzando entre un 80% y un 90% de eficiencia. Sin embargo, también presenta algunos inconvenientes. Uno de ellos es el riesgo de dañar el producto debido a

sobrecalentamientos, por lo que se debe gestionar cuidadosamente la temperatura para evitar impactos negativos en la calidad de la leche. Además, el sistema de calentamiento indirecto puede presentar dificultades en términos de limpieza, ya que las sustancias pueden acumularse en los intercambiadores de calor.

- Clarificación

A continuación, se realiza el proceso de clarificación, cuyo objetivo es eliminar las partículas orgánicas e inorgánicas presentes en la leche. También se eliminan los aglomerados de proteínas, como los leucocitos (células del sistema inmunológico) o células somáticas, así como los coágulos que pueden formarse en la leche cruda debido a la acción de ciertos microorganismos. Para ello, se emplean centrífugas clarificadoras.

La leche se somete a una rápida rotación dentro de la bactofugadora. Gracias a la fuerza centrífuga generada por la rotación, las partículas más pesadas, como las bacterias, esporas resistentes al calor y otras partículas sólidas, se desplazan hacia las paredes del equipo, mientras que la leche limpia y clarificada permanece en el centro. Este tratamiento se utiliza como complemento de otros procesos térmicos, como la termización, pasteurización y esterilización, en la industria láctea. Aunque no elimina todos los microorganismos, es muy efectivo para eliminar esporas que son resistentes a los tratamientos térmicos convencionales.

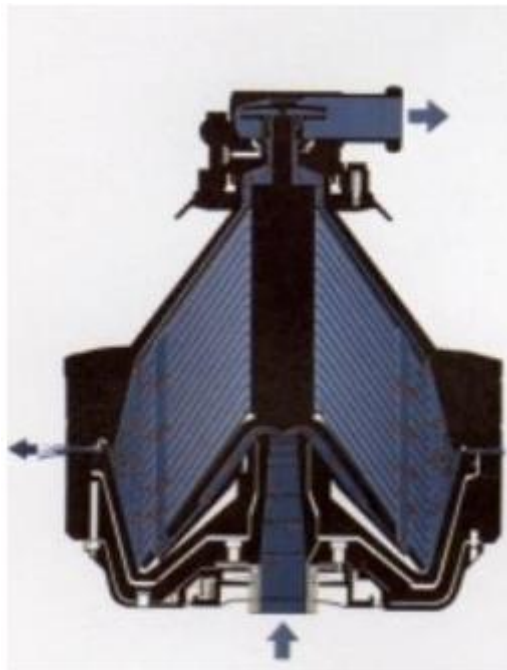


Figura 59. Bactofugadora de una fase. (Madrid Vicente, 1996).

- Enfriamiento

Finalmente, debido al aumento de temperatura durante la etapa de termización, es necesario enfriar la leche para poder almacenarla de manera segura a una temperatura

inferior a 4°C. Para llevar a cabo este descenso de temperatura, se utiliza un intercambiador de placas.

- Almacenamiento de la leche

Posteriormente, la leche se almacena en depósitos isotérmicos de acero inoxidable, lo que permite mantenerla a una temperatura constante de 4°C. Además, se realiza una agitación lenta para asegurar que la grasa se distribuya de manera uniforme. La industria cuenta con dos tanques verticales, cada uno con una capacidad máxima de 25.000 litros.



Figura 60. Tanque isoterma. (Madrid Vicente, 1996).

7.4.3. Proceso de elaboración de yogur

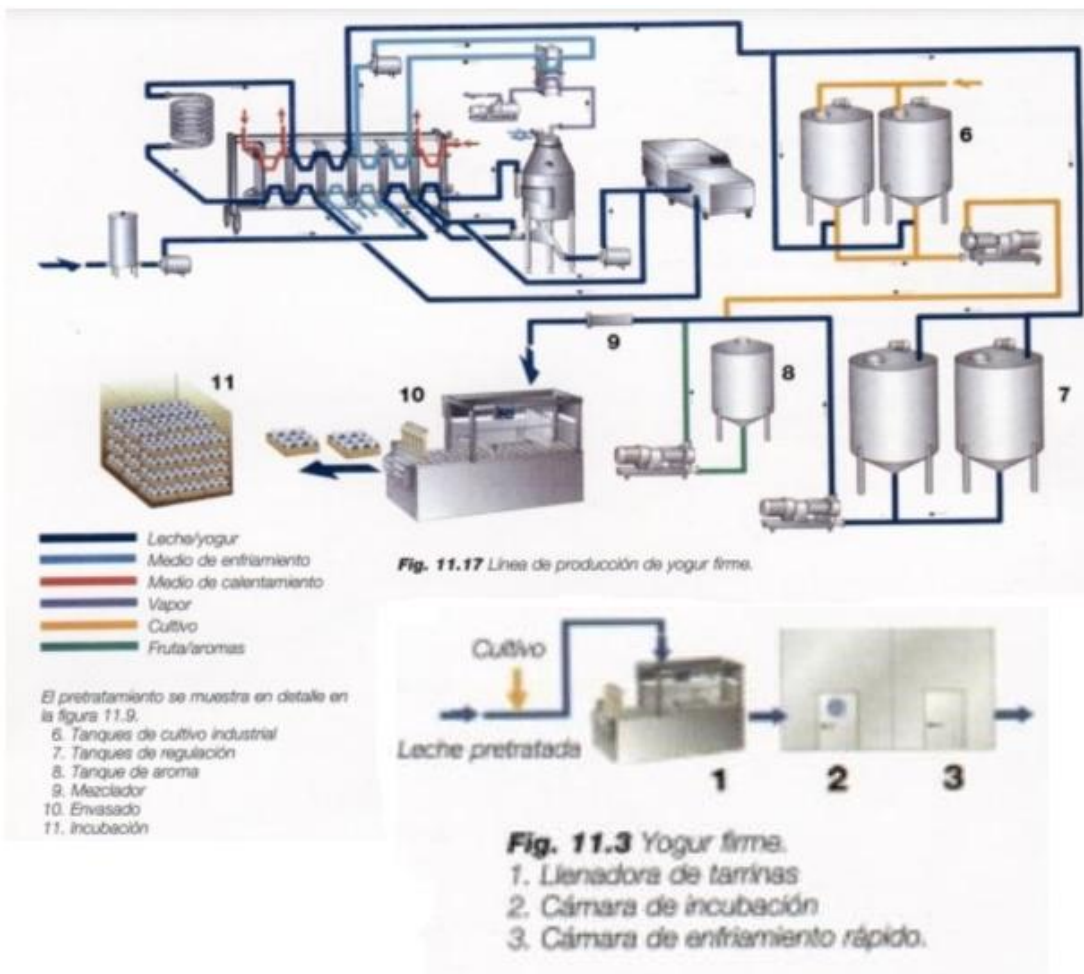


Figura 61. Esquema general del proceso de elaboración de yogur. (Madrid Vicente, 1996).

- Termización

Antes de proceder al acondicionamiento de la leche para llevar a cabo el proceso productivo, se vuelve a someter la leche a un proceso de termización con el objeto ya no sólo de evitar la proliferación de bacterias psicotróficas y de inactivar ciertas enzimas sino para aumentar el rendimiento en el proceso de desnatado y estandarización y que estos sean más efectivos. Las condiciones de termización siguen siendo como las descritas anteriormente, es decir, entre 63-65°C durante 15-20 segundos y se empleará el mismo intercambiador de placas.

- Acondicionamiento de la leche

El acondicionamiento de la leche implica la estandarización de la grasa y el extracto seco magro. Este proceso es crucial en la industria láctea, ya que permite ajustar la composición de la leche para alcanzar niveles específicos de grasa y sólidos no grasos.

En cuanto a las especificaciones para la estandarización, hay que referirse a los artículos del RD 271/2014 vistos en el punto 5 “*Presentación y caracterización del producto*”.

○ Desnatado

El proceso de desnatado de la leche consiste en separar la nata (grasa) de la leche, con el objetivo de eliminar la grasa de la leche cruda para obtener leche desnatada. Este paso es esencial para luego, durante el proceso de estandarización, añadir la cantidad deseada de grasa dependiendo del tipo de leche que se quiera producir (entera, semidesnatada o desnatada).

Para realizar esta operación, se utiliza una centrífuga desnatadora, que gira a alta velocidad y genera una fuerza centrífuga. Dado que la grasa de la leche es menos densa que la leche misma, al girar la máquina, la grasa se desplaza hacia el centro del tambor, formando una capa de crema. Mientras tanto, la leche desnatada queda en la parte exterior del tambor.

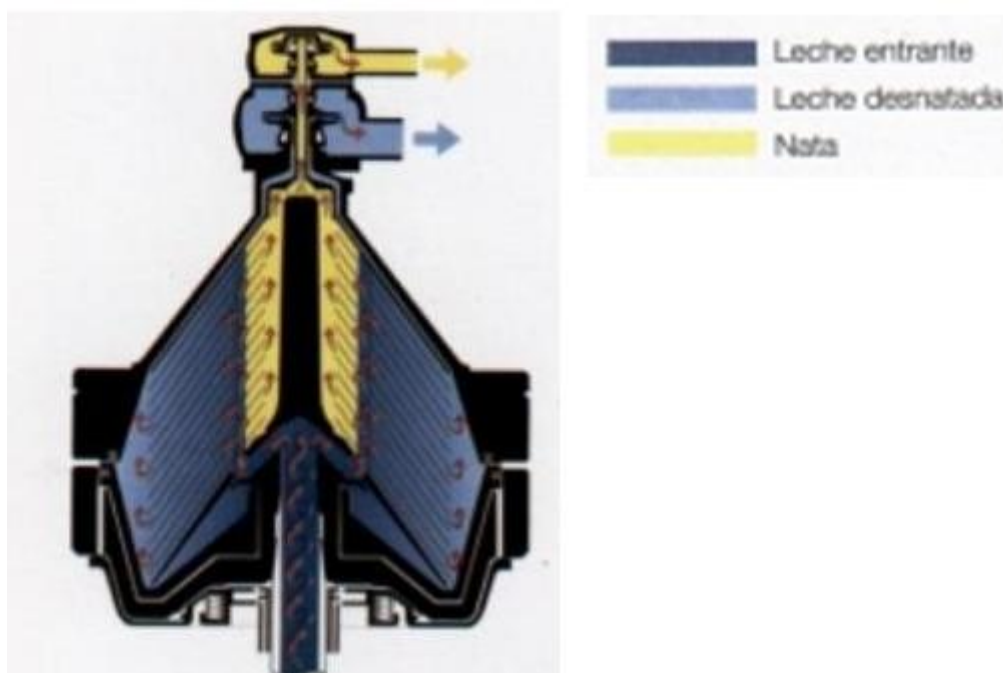


Figura 62. Centrífuga desnatadora. (Madrid Vicente, 1996).

○ Estandarización de la grasa

Una vez completado el proceso de desnatado dentro de la centrífuga, tanto la leche desnatada como la nata siguen un flujo continuo en el sistema:

1. Leche desnatada: La leche desnatada se dirige hacia un panel de control mediante una tubería independiente. En este punto, se mide el contenido de grasa de la leche recién obtenida, permitiendo monitorear la cantidad de grasa que ha quedado en la leche desnatada.

2. Nata: La nata separada sale a través de otra tubería independiente. Un dispositivo de medición de caudal evalúa la cantidad de nata que fluye y se verifica su contenido de grasa. Antes de ser mezclada nuevamente con la leche, una válvula de modulación ajusta la cantidad de nata necesaria para obtener el contenido graso deseado en el producto final. La nata sobrante que no se requiere en ese momento se redirige hacia su almacenamiento o procesamiento como un subproducto.

En este sistema continuo, la leche desnatada y la nata siguen rutas separadas. Se ajusta la cantidad de nata que se reincorpora a la leche para conseguir el contenido graso deseado. La nata sobrante se recoge para otros fines. En este trabajo, la leche desnatada tendrá un contenido de grasa del 0.4% después del desnatado. Como la leche cruda ya tiene un contenido bajo de grasa, no será necesario realizar una estandarización adicional para ajustarlo.

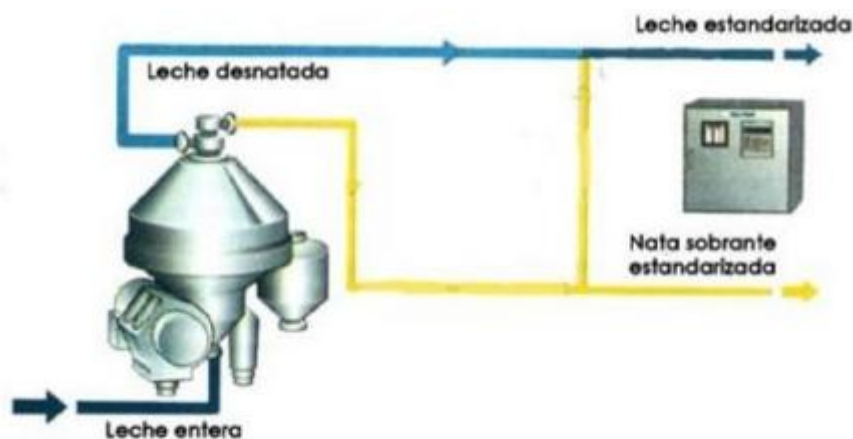


Figura 63. Líneas de flujo en la estandarización de grasa. (Madrid Vicente, 1996).

○ Estandarización del extracto seco magro (ESM)

La estandarización del extracto seco magro en la leche es esencial para ajustar la concentración de los sólidos no grasos (lactosa, proteínas y sales minerales) y garantizar que la leche cumpla con los estándares de calidad, especialmente para la elaboración de yogur. Como la leche que ingresa a la industria puede tener una variabilidad en su composición debido a factores como la genética de la vaca, su dieta, su estado de salud y su etapa de lactancia, se realiza este proceso para asegurar un contenido constante y cumplir con la normativa de calidad del yogur. Según la norma, todos los yogures deben tener un contenido mínimo de 8.5% de extracto seco magro en su parte láctea, aunque para garantizar una mayor consistencia, este contenido puede ser hasta un 10% superior.

Métodos para la estandarización del extracto seco magro:

1. Evaporación al vacío: Este método consiste en eliminar entre el 10-20% del volumen de la leche mediante ebullición en condiciones de presión reducida, lo que permite la evaporación del agua a temperaturas más bajas. Esto resulta en un aumento de 1 a 2,3% en el contenido de extracto seco magro, sin causar la degradación térmica de la leche.

2. Adición de leche en polvo o proteína en polvo: Se puede aumentar el contenido de extracto seco magro añadiendo leche en polvo o proteína en polvo, generalmente entre el 1 y 3%. En este caso, se prefiere la leche en polvo desnatada, y las regulaciones permiten agregar hasta un 5% de leche en polvo en yogur natural y hasta un 10% en otros tipos de yogur.
3. Concentración por filtración mediante membranas: Mediante el uso de sistemas de microfiltración o ultrafiltración, se separan los componentes más pequeños, como el agua, de los sólidos más grandes, lo que resulta en un concentrado que puede mezclarse con leche fresca para alcanzar el contenido deseado de extracto seco magro.

En este trabajo, se ha optado por la adición de leche en polvo desnatada, ya que este método es el más económico y adecuado para un proceso continuo en la elaboración de leche y yogur. Al agregar leche en polvo desnatada, se aumenta el contenido de sólidos no grasos en la leche desnatada para ajustarse a los requisitos de la estandarización del extracto seco magro.

- Adición de aditivos y otros ingredientes

A los yogures se le pueden añadir sustancias en diferentes etapas de su proceso de fabricación. Sin embargo, se recomienda agregar estas sustancias al principio para garantizar que se sometan al mismo tratamiento térmico que la leche, lo que asegura su calidad higiénica y una mezcla adecuada. Estas sustancias, permitidas según las normas de calidad, pueden incluir:

1. Azúcar y/o azúcares comestibles.
2. Edulcorantes autorizados por el Real Decreto 2002/1995 (edulcorante E-950, acesulfamo potásico).
3. Ingredientes naturales tales como frutas y hortalizas (frescas, congeladas, en conserva, liofilizadas o en polvo), puré de frutas, pulpa de frutas, compota, mermelada, confitura, jarabes, zumos, miel, chocolate, cacao, frutos secos, coco, café, especias y otros ingredientes naturales.
4. Agentes aromatizantes autorizados únicamente para el yogur aromatizado.
5. Gelatina para yogures con fruta o zumo o aromatizados con una dosis máxima de 3 g/kg de yogur. Cuando además de gelatina se utilicen estabilizantes, la cantidad máxima total será de 3 g/kg de producto terminado.
6. Almidones comestibles para yogures con fruta o zumo o aromatizados. Con una dosis máxima de 3 g/kg de producto terminado.
7. Colorantes, podrán utilizarse en las dosis establecidas, los colorantes autorizados para los yogures por Real Decreto 2001/1995.

8. Aditivos distintos de colorantes y edulcorantes. Podrán utilizarse los aditivos autorizados para los yogures por Real Decreto 142/2002.

Para este trabajo, se va a utilizar un mezclador de alto corte para añadir los componentes minoritarios como el edulcorante E-950 (acesulfamo potásico) y los colorantes ya que son termoestables y no se van a ver afectados por los tratamientos térmicos que van a venir a continuación. Mientras que los aromatizantes se añadirán después del proceso de pasteurización, ya que no son resistentes al calor.

- Desaireación

Debido a que en la etapa anterior se ha introducido algunos aditivos, existe la posibilidad de que haya entrado algo de aire, por lo que antes de que se realice la etapa de homogenización es conveniente que se realice otra etapa de desaireación mediante un desgasificador. Este proceso de desaireación permite eliminar el aire ocluido en la mezcla de leche y aditivos, lo cual es crucial para asegurar la calidad y consistencia del producto final. Además, reduce los posibles problemas que podrían surgir durante la homogenización, como la formación de burbujas no deseadas o la alteración de la textura del yogur.

- Homogeneización

La homogeneización en la elaboración de yogur industrial consiste en forzar la leche o la mezcla base del yogur a través de pequeñas aberturas a alta presión. Este proceso rompe los glóbulos de grasa en partículas más pequeñas (un diámetro de 1 μm) y uniformes, lo que mejora la textura y la consistencia del yogur al evitar que la grasa se separe y flote en la superficie del producto final.

La máquina utilizada para la homogeneización se llama homogeneizadora. Este equipo aplica una presión considerable para forzar la leche a través de las pequeñas aberturas, lo que da como resultado la reducción del tamaño de las partículas de grasa. Las temperaturas que se suelen aplicar son de 55 – 80 °C con unas presiones de 10 y 25 MPa (100- 250 bar).

Durante el proceso de homogeneización de la leche, se generan diversas modificaciones físico-químicas que afectan sus propiedades.

En primer lugar, se observa una reducción en el tamaño de los glóbulos grasos, acompañada de un aumento en su número. Este fenómeno conlleva a una disminución de la aglutinación de la grasa, lo que resulta en un color más blanco de la leche. Este cambio se debe al mayor número de glóbulos grasos, que contribuyen a aumentar la dispersión y reflexión de la luz. Además, esta alteración en la estructura de los glóbulos grasos puede propiciar un incremento en la lipólisis, ya que la grasa se encuentra menos protegida.

En segundo lugar, la homogeneización conlleva un aumento en el contenido de fosfolípidos en la fase acuosa de la leche. Este incremento se debe a la incorporación de

material de membrana, lo que podría dar lugar a la formación de espuma en los tanques de incubación debido a la agitación generada durante el proceso de bombeo de la leche.

Otra modificación relevante es la producción de compuestos con grupos sulfhidrilo como resultado de la desnaturalización de las proteínas del suero, la cual es ocasionada tanto por tratamientos térmicos como por la homogeneización.

Por último, la homogeneización contribuye al aumento de la estabilidad del coágulo, la capacidad de retención de agua y la viscosidad. Estas mejoras se atribuyen a las interacciones resultantes entre las proteínas y entre las proteínas y la grasa.

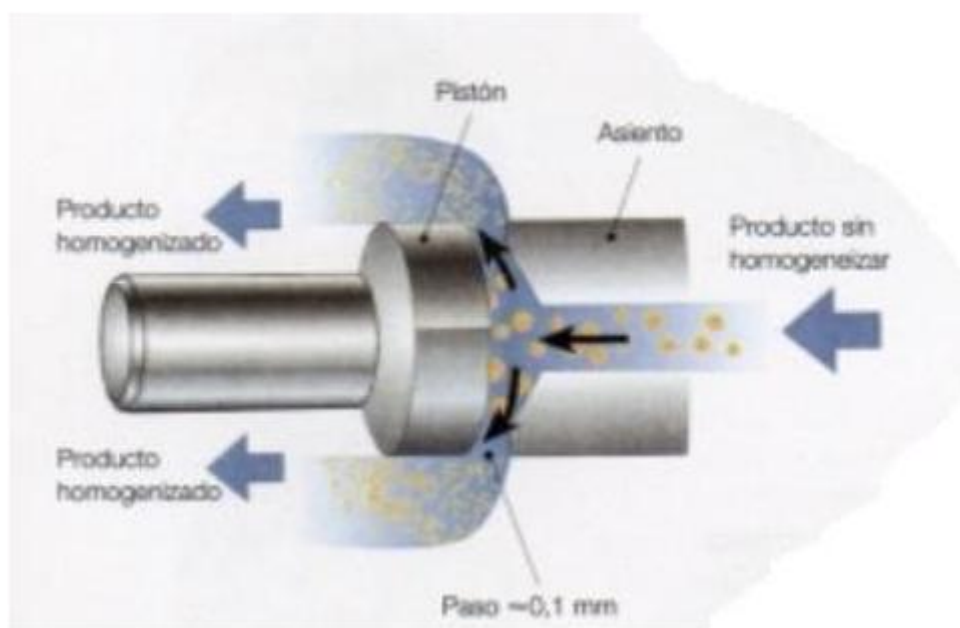


Figura 64. Homogeneizador. (Madrid Vicente, 1996).

- Pasteurización

El proceso de pasteurización es una etapa crucial en la producción de yogur, ya que elimina la mayoría de la flora bacteriana presente en la leche e inactiva enzimas que podrían afectar las características organolépticas del yogur. A través de la desnaturalización de las proteínas, libera péptidos que promueven el crecimiento de los microorganismos inoculados, en este caso, *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium lactis*.

El tipo de pasteurización más adecuado para la producción de yogur a nivel industrial generalmente es la pasteurización HTST (High-Temperature Short-Time) o la pasteurización UHT (Ultra High Temperature), dependiendo de los requerimientos de la planta y del producto final.

- Si se prefiere un yogur con una vida útil más corta que requiera refrigeración y se desea mantener el sabor y la textura tradicionales, la pasteurización HTST es la elección recomendada.

- Si se busca una vida útil más larga sin necesidad de refrigeración y se puede tolerar una ligera alteración del sabor y la textura, la pasteurización UHT podría ser la elección adecuada.

En este trabajo se opta por la pasteurización intermedia (HTST), que implica calentar la leche a una temperatura entre 72-75 °C durante 15-20 segundos. Este proceso rápido ofrece una alta capacidad de producción y es energéticamente eficiente en comparación con otros métodos de pasteurización.

En adición a su característica de calentamiento rápido y duración breve, este enfoque consigue una eliminación efectiva de patógenos. Asimismo, contribuye a minimizar las alteraciones en el sabor y la estructura de la leche, estableciendo así un equilibrio óptimo entre la seguridad microbiológica y la calidad del producto.

La pasteurización tiene varios beneficios en la producción de yogur:

1. Destrucción de microorganismos patógenos: la elevada temperatura durante la pasteurización garantiza la eliminación de microorganismos dañinos, lo que hace que la leche sea segura para su consumo.
2. Aumento de la estabilidad del coágulo: la aplicación de calor a las proteínas lácteas mejora la estabilidad de la matriz proteica, lo que contribuye a una textura y consistencia adecuadas del yogur.
3. Reducción de la sinéresis: la sinéresis es la separación de suero en el producto final. La pasteurización contribuye a reducir este fenómeno, lo que resulta en un yogur más espeso y de mejor calidad.
4. Mayor vida útil del producto: la pasteurización disminuye el riesgo de contaminación microbiana durante el almacenamiento, lo que prolonga la vida útil del yogur.

Proceso	Temperatura (°C)	Tiempo
Termización	63-65	15 s
Pasteurización LTLT	63	30 min
Pasteurización HTST	72-75	15-20 s
Ultrapasteurización	125-138	2-4 s
Tratamiento UHT	135-140	1-2 s
Esterilización	115-120	20-30 min

*Tabla 28. Principales tratamientos térmicos utilizados en la industria láctea.
(Elaboración propia).*

La pasteurización se llevará a cabo utilizando intercambiadores de calor cuando la producción sea continua, o mediante tanques multiuso en caso de ser un proceso discontinuo. En este proyecto, se han empleado intercambiadores de calor, ya que se está trabajando en un sistema de producción continua.

En el ámbito industrial, se utilizan tres variedades de intercambiadores de calor:

- Intercambiador de calor de placas

El intercambiador de placas consta de una serie de placas delgadas dispuestas de manera alterna, a través de las cuales fluyen la leche cruda y un medio de calentamiento, por lo general agua caliente o vapor. Estas placas crean canales a través de los cuales los dos fluidos pasan, pero sin mezclarse directamente.

Cuando la leche y el agua caliente entran en contacto a través de las placas, se produce una transferencia de calor desde el agua caliente hacia la leche. Este proceso eleva gradualmente la temperatura de la leche a los niveles deseados para la pasteurización.

La velocidad y la temperatura del agua caliente se controlan para garantizar que la leche alcance y mantenga la temperatura de pasteurización durante el tiempo necesario para lograr la reducción de los microorganismos dañinos.



Figura 65. Intercambiador de calor de placas. (Madrid Vicente, 1996).

- Intercambiador de calor tubular

El intercambiador de calor tubular se utiliza comúnmente en la industria para llevar a cabo procesos como la pasteurización y la esterilización UHT de productos lácteos. Sin embargo, en términos de transferencia de calor, se considera que los intercambiadores de calor tubulares son menos eficientes en comparación con los de placas.

En un intercambiador de calor tubular destinado a calentar leche, el proceso se lleva a cabo mediante la circulación simultánea de dos fluidos: la leche, que fluye a través de los tubos, y un fluido caliente (agua caliente o vapor), que circula alrededor de los tubos. La transferencia de calor se produce a través de las paredes de los tubos, permitiendo que el calor del fluido caliente se transmita eficientemente a la leche.

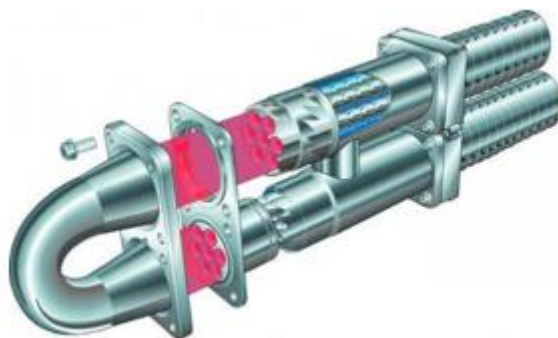


Figura 66. Intercambiador tubular. (Madrid Vicente, 1996).

- Intercambiador de calor de superficie rascada

Un intercambiador de superficie rascada está diseñado para el calentamiento o enfriamiento de productos viscosos, grumosos o pegajosos. Este tipo de intercambiador incorpora un mecanismo interno que utiliza cuchillas adosadas a un vástago para raspar periódicamente el producto de la superficie de transferencia de calor. Las cuchillas, hechas de material plástico rígido, evitan daños a la superficie rascada mientras despejan cualquier acumulación. Esta característica ayuda a prevenir la acumulación de productos en la superficie, mejorando así la eficiencia de la transferencia de calor y asegurando que el proceso continúe de manera eficiente y sin obstrucciones.

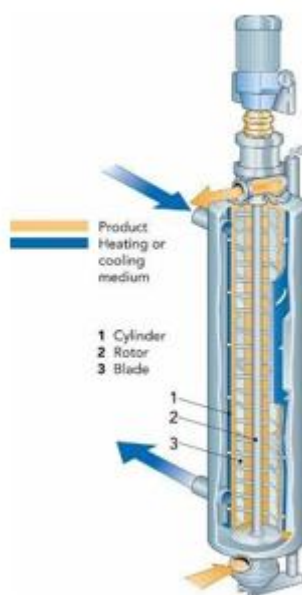


Figura 67. Intercambiador de calor de superficie rascada. (Madrid Vicente, 1996).

En la industria, la pasteurización se lleva a cabo utilizando intercambiadores de placas debido a su mayor eficiencia en comparación con los intercambiadores tubulares. Los intercambiadores de placas permiten una transferencia de calor más efectiva y rápida, lo que ayuda a lograr una pasteurización más homogénea y controlada. Esto es fundamental para garantizar que la leche alcance y mantenga la temperatura de pasteurización necesaria durante el tiempo adecuado, eliminando microorganismos patógenos sin afectar

demasiado las propiedades sensoriales del producto final. Además, los intercambiadores de placas suelen ser más compactos y fáciles de limpiar, lo que aumenta la eficiencia operativa y reduce los costos de mantenimiento en las plantas de producción.

- Enfriamiento

La mezcla base se enfría a la temperatura adecuada para la fermentación mediante un intercambiador de placas. Este equipo permite reducir rápidamente la temperatura de la mezcla hasta el rango ideal de 43-46°C, que es la temperatura óptima para la actividad de las bacterias lácticas como *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. El control preciso de la temperatura es crucial, ya que cualquier variación fuera de este rango podría afectar negativamente el desarrollo de las bacterias y, por ende, la calidad del producto final.

- Adición de fermentos y aromatizantes

En esta etapa, se agregan los cultivos bacterianos específicos utilizados para la fermentación del yogur, así como los aromatizantes deseados. Los cultivos bacterianos *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* son esenciales, ya que son los responsables de fermentar la lactosa de la leche, produciendo ácido láctico que acidifica la mezcla y provoca la coagulación, dando lugar al yogur. Se añadirán a la vez cepas probióticas de *Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium lactis*

En la industria, los cultivos bacterianos están disponibles en varias formas, como líquidos, congelados o liofilizados. Para este trabajo, se han seleccionado cultivos liofilizados concentrados suministrados por la empresa Hansen. Los cultivos liofilizados tienen la ventaja de ser fáciles de almacenar y manejar, conservando su viabilidad hasta el momento de la inoculación en la mezcla. Una vez incorporados, los cultivos comienzan a multiplicarse en la leche, dando inicio al proceso de fermentación que será seguido por la incubación a la temperatura adecuada para asegurar una fermentación completa.



Figura 68. Sobre de cultivos liofilizados. (Insumilk).

Los cultivos liofilizados se encuentran en sobres de material laminado blanco, cada uno con una cantidad exacta de unidades de actividad. Aunque pueden mantenerse a temperatura ambiente durante un máximo de 10 días, es esencial que se almacenen a una temperatura constante de -18 °C.

Se recomienda conservar los cultivos cerca del área de producción y retirarlos del congelador justo antes de su uso. Es fundamental no descongelarlos con antelación; deben ser inoculados directamente en el flujo de leche o en el tanque.

Cantidad de leche a inocular	250L	1000L	2500L	5000L	10.000L
Cantidad de cultivo láctico	50U	200U	500U	1000U	2000U

Tabla 29. Tasa de inoculación recomendada por Chr. Hansen. (Elaboración propia).

Tras completar el proceso de enfriamiento, una pequeña cantidad de leche se transfiere a un tanque de cultivo, donde se incorporan los cultivos iniciadores en polvo, logrando así una dilución adecuada de los microorganismos en el medio lácteo.

Posteriormente, la mezcla de leche y cultivos se recircula hacia un tanque de mezcla que contiene toda la leche enfriada. De manera similar, los aromas, previamente almacenados en un depósito, se dosifican e introducen en el tanque de mezcla mediante una bomba dosificadora.

- Envasado

En la fabricación de yogur firme, la fermentación se realiza directamente en el envase final. En esta etapa, la mezcla base con los cultivos se vierte directamente en los envases individuales, que serán los que contengan el yogur firme para su venta. Los envases se llenan con la cantidad necesaria de producto.

Los envases deben contar con las etiquetas correspondientes según los requisitos de calidad del yogur establecidos por la normativa vigente. Según lo dispuesto en el Real Decreto 179/2003, en su cláusula 8.3, se estipulaba que la comercialización del yogur debía realizarse en un plazo máximo de veintiocho días desde su fabricación. Este requerimiento se complementaba en el punto 11.2, donde se indicaba que la fecha de duración mínima debía ser especificada siguiendo las normas del punto 8.3, con la leyenda "Fecha de caducidad", seguida del día, mes y, cuando corresponda, el año, en este orden. Además, se debía incluir una indicación clara del lugar en la etiqueta donde aparecía esta información. No obstante, esta obligación no aplicaba a los yogures pasteurizados después de la fermentación, para los cuales se debía indicar la fecha de consumo preferente.

Es importante señalar que recientemente se han eliminado los apartados 8 y 11 del mencionado Real Decreto. Como resultado de esta modificación, el etiquetado de fechas

en yogures y otros productos alimenticios ahora se ajusta a la normativa horizontal europea sobre higiene de los alimentos. En consecuencia, la industria alimentaria será responsable de determinar el límite temporal de consumo de cada producto.

La industria utilizará envases de plástico en forma de tarrinas con un contenido neto de 125 gramos. Estas tarrinas se agruparán en lotes de seis unidades dentro de cajas de cartón, facilitando así su manejo y almacenamiento.

Los envases de yogur se fabrican principalmente con plásticos, siendo los termoplásticos como el polipropileno (PP), poliestireno (PS) y polietileno de alta densidad (HDPE) los más utilizados. En el caso específico del yogur, los envases deben ser resistentes a los ácidos, prevenir la pérdida de sustancias volátiles que afectan el aroma del producto e impermeables al oxígeno, ya que este puede favorecer el crecimiento de mohos y levaduras.

En el punto 6 del presente trabajo “*Caracterización de materias primas y productos auxiliares*”, establecemos que nuestros yogures van a ir envasados en envases de polipropileno (PP) con sus características y propiedades allí mencionadas.

El sellado de los envases se realiza generalmente utilizando láminas de aluminio, que ofrecen un sello hermético y efectivo. El proceso de envasado empleado en la industria se conoce como "formación/llenado y sellado". En este procedimiento, se utilizan rollos de láminas de aluminio y plástico de diferentes anchos, según el tamaño de los envases y la cantidad de boquillas de llenado disponibles en la máquina.

La lámina de plástico se introduce en una máquina de termoformado, donde se somete a calor y presión, adaptándose a un molde con la forma exacta de la tarrina de yogur. Este proceso permite que el plástico tome la forma del molde, creando así el envase adecuado.

Una vez formados los envases, se procede a llenarlos con yogur y luego se sellan. Después del sellado, los envases se agrupan en lotes de seis unidades, listos para su posterior envasado y distribución. Todo el proceso de formación, llenado y sellado se realiza de manera eficiente en una única máquina, lo que reduce costos y asegura la calidad del producto.

- Encajadora, paletizadora y enfardadora

Tras finalizar la fase de envasado, los packs individuales de yogur se transfieren a una encajadora, que organiza con precisión los productos dentro de las cajas de embalaje. Las cajas utilizadas son de cartón con dimensiones estándar de 600 x 400 x 200 mm.

Una vez que los packs de yogur están organizados correctamente en las cajas por la encajadora, el siguiente paso es el transporte de estas cajas hacia la paletizadora. La paletizadora desempeña un papel crucial al organizar las cajas en una disposición ordenada sobre los palés, siguiendo las medidas estandarizadas europeas de 800 x 1200 x 144 mm. La estructura en columnas creada por la paletizadora facilita el manejo, transporte y almacenamiento eficiente de los productos envasados.

Los palés resultantes del proceso de paletización se dirigen luego a la enfardadora, que realiza la fase de filmado. Esta máquina está equipada con un sistema giratorio en la parte superior y un rollo de film. Cuando el palé llega a su posición, el sistema giratorio de la enfardadora entra en acción, aplicando el film de manera precisa alrededor del palé. Este proceso garantiza que las cajas se mantengan firmemente en su lugar durante el transporte y almacenamiento.



Figura 69. Logística del producto acabado. (Moreno Rua, 2024).

- Fermentación

Una vez que los yogures han sido correctamente paletizados, se trasladan a la sala de incubación, donde se realiza el proceso de fermentación. Este proceso para el yogur firme puede llevarse a cabo mediante diferentes métodos:

- Baño de agua a temperatura controlada: El nivel del agua se mantiene por debajo de la tapa del recipiente. Tras la coagulación, el agua caliente se reemplaza por agua fría para enfriar rápidamente el coágulo.
- Estufa o cabina de incubación: Donde circula aire caliente, algunos modelos incluyen circulación de aire frío para enfriar los envases tras la fermentación. Una vez que el coágulo se ha formado, el yogur se traslada a cámaras de refrigeración y almacenamiento.
- Túneles de fermentación: Los yogures son transportados a través de una cinta transportadora. Este sistema puede incluir circulación de aire caliente, y al finalizar la coagulación, los contenedores se trasladan a la cámara de refrigeración y almacenamiento. Algunos túneles tienen dos secciones: una con circulación de aire caliente y otra con aire frío.

La coagulación del yogur firme comienza cuando las bacterias lácticas se añaden a la leche. Estas bacterias se multiplican y consumen la lactosa presente, produciendo ácido láctico como parte de su metabolismo.

La producción de ácido láctico provoca una disminución gradual del pH de la leche. Inicialmente, el pH de la leche es neutro o ligeramente ácido (alrededor de 6.6 a 6.7) y

disminuye a un rango más ácido, generalmente entre 4.6 y 4.8, a medida que avanza la fermentación.

A medida que el pH disminuye, el ambiente se vuelve más ácido, lo que provoca que el calcio y el fósforo se disuelvan de las micelas de caseína en la leche. Las micelas de caseína son grupos de proteínas cargadas negativamente que, en condiciones más ácidas, pierden su carga y permiten que los minerales se liberen.

Cuando el pH alcanza el punto isoeléctrico de las micelas de caseína, alrededor de 4.6 a 4.8, las proteínas tienen una carga neta cercana a cero. Esto hace que las micelas pierdan su repulsión electrostática, lo que les permite agruparse y coagularse en una estructura gelatinosa, dando como resultado la textura firme del yogur.

Por lo tanto, la coagulación del yogur es el resultado de dos procesos interrelacionados en la leche: la pérdida de calcio y fósforo de las micelas de caseína y la disminución del pH.

La fermentación en la industria se llevará a cabo en cabinas de incubación con circulación de aire caliente, y el proceso durará entre 2 y 6 horas hasta que se alcance el pH deseado (entre 4.1 y 4.6).

- Enfriamiento

En la industria, existen diversos métodos para refrigerar los envases de yogur firme. Algunos de los métodos más comunes incluyen:

- Enfriamiento en cámaras de refrigeración: Después de que el yogur firme ha sido coagulado, se coloca en cámaras de refrigeración donde la temperatura se reduce gradualmente. Este proceso ayuda a estabilizar y preservar tanto la textura como el sabor del yogur.
- Enfriamiento en túneles de enfriamiento: En este sistema, los envases de yogur firme se transportan a través de un túnel donde se les aplica aire refrigerado. Esto acelera el proceso de enfriamiento, lo que contribuye a una producción más eficiente.
- Enfriamiento por inmersión en agua fría: Algunas instalaciones utilizan tanques de agua fría en los que los envases de yogur firme se sumergen para enfriarse rápidamente. Este método también es eficaz para reducir la temperatura de manera uniforme en todos los envases.

Tras la fermentación, el coágulo debe ser enfriado (entre 4-5 °C) para detener la actividad de los microorganismos y evitar la sobreacidificación. El enfriamiento puede realizarse mediante cualquiera de los tres métodos mencionados, aunque en la industria se lleva a cabo principalmente en cámaras de refrigeración.

- Almacenamiento

Los yogures se mantendrán en almacenamiento a una temperatura de 4 °C en la cámara de refrigeración hasta el momento de su distribución.

7.5. Balance de materias primas

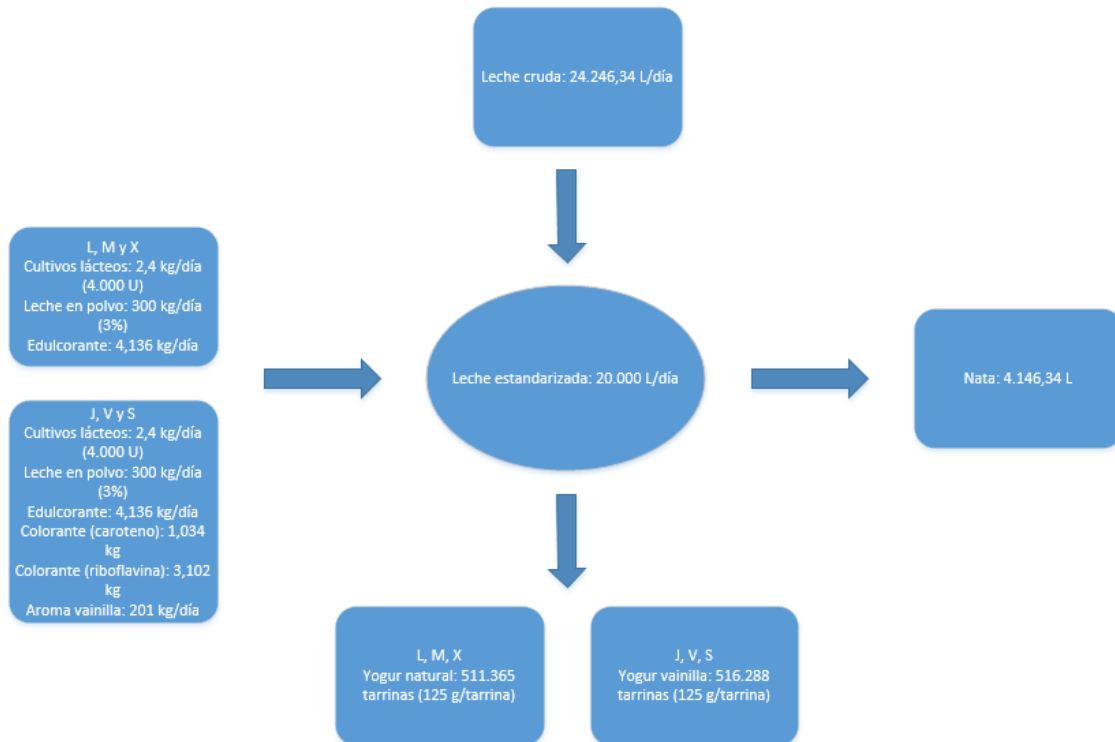


Figura 70. Balance de materias primas. (Elaboración propia).

7.5.1. Cálculo de leche cruda

En la planta de producción, se procesan diariamente 20.000 litros de leche estandarizada, la cual tiene un porcentaje de grasa específico. No obstante, la leche que llega a la fábrica puede presentar variaciones en su contenido graso, influenciado por factores como la raza de las ovejas y su dieta. Se estima que, de manera promedio, la leche de oveja contiene alrededor de un 7,2% de grasa.

Según la Norma de Calidad del yogur, se establece que el contenido mínimo de grasa láctea en los yogures debe ser de 2% en peso, a excepción de los yogures «semidesnatados», en los cuales debe ser inferior a 2% y superior a 0.5%, mientras que en los yogures «desnatados» el contenido de grasa no debe superar el 0.5%. Por lo tanto, se ha determinado que el contenido graso de los yogures desnatados será de 0.4%.

De forma general, un producto se clasifica como nata cuando su contenido graso está entre el 30% y el 50%. En este caso específico, la nata tiene un 40% de grasa.

$$VL = VLD + VN$$

$$VL * \%MGL = VLD * \%MGLD + VN * \%MGN$$

Donde:

VL : volumen de leche cruda

VLD : volumen de leche desnatada obtenido $\rightarrow 20.000\text{ L}$

VN : volumen de nata obtenido

$\%MGL$: porcentaje de materia grasa de la leche cruda $\rightarrow 7,2\%$

$\%MGLD$: porcentaje de materia grasa de leche desnatada $\rightarrow 0,4\%$

$\%MGN$: porcentaje de materia grasa de la nata $\rightarrow 40\%$

Sustituimos los datos anteriores y calculamos:

$$VL = 20.000\text{ L} + VN$$

$$(20.000 + VN) * 0,072 = 20.000\text{ L} * 0,004 + VN * 0,4$$

$$VN = 4.146,34\text{ L de nata}$$

$$VL = 20.000\text{ L} + 4.146,34\text{ L} = 24.146,34\text{ L de leche cruda}$$

La planta debe recibir 24.146,34 litros de leche cruda diariamente para producir 20.000 litros de leche desnatada, con un contenido de grasa del 0,4%. A continuación, se presenta una tabla resumen de las cantidades de leche requeridas por la industria:

Necesidades de leche			
	Litros/día	Litros/semana	Litros/año
Leche cruda de oveja	24.146,34	144.878,04	7.533.658,08
Leche estandarizada	20.000	120.000	624.000

Tabla 30. Necesidades de leche. (Elaboración propia).

7.5.2. Cálculo de producción de nata semanal

Como resultado del proceso de desnatado de la leche cruda, de lunes a sábado, la planta producirá 4.146,34 litros de nata diariamente. Esto significa que, a lo largo de la semana, la industria almacenará un total de 24.878,04 litros de nata.

La cantidad de nata obtenida en el proceso de desnatado pasará a enfriarse y después almacenarse en un tanque de almacenamiento isoterma para su posterior comercialización.

Los tanques de refrigeración para la nata tienen una capacidad de 5.000 litros cada uno, y la industria cuenta con una sala equipada con 5 tanques de almacenamiento para gestionar dicha cantidad.

7.5.3. Resumen de la materia prima necesaria

Para realizar los cálculos sobre la cantidad de materia prima necesaria, sería útil contar con una tabla resumen que detalle los ingredientes de cada tipo de yogur.

Yogur natural	Yogur vainilla
Cultivos lácticos	Cultivos lácticos
Edulcorante (acesulfamo potásico)	Edulcorante (acesulfamo potásico)
Leche en polvo desnatada	Leche en polvo desnatada
	Colorantes (carotenos y riboflavina)
	Aroma a vainilla

Tabla 31. Resumen de los ingredientes de cada yogur. (Elaboración propia).

7.5.3.1. Cantidad de leche en polvo

Como se ha indicado previamente, se recomienda usar un rango de 3 a 4 % de leche en polvo. En la industria, se utilizará un 3% de leche en polvo desnatada en relación con el volumen de leche estandarizada. De acuerdo con la legislación, la cantidad máxima permitida para agregar en el yogur natural es del 5% m/m, mientras que en otros tipos de yogur se puede llegar hasta el 10% m/m. Considerando que la densidad de la leche de oveja es de 1,034 g/ml:

$$1,034 \frac{g}{ml} = 1,034 \frac{kg}{L}$$

$$1,034 \frac{kg}{L} * 20.000 L = 20.680 kg \text{ de leche desnatada}$$

$$20.680 kg * 0,03 = 620,4 kg \text{ de leche en polvo}$$

Necesidades de leche en polvo			
	Kg/día	Kg/semana	Kg/año
Leche en polvo	620,4	3.722,4	193.564,8

Tabla 32. Necesidades de leche en polvo. (Elaboración propia).

7.5.3.2. Cantidad de aroma de vainilla

El aroma a vainilla es suministrado por la casa comercial Neroliane en frascos de 125 ml, y, siguiendo sus indicaciones para darle sabor a los yogures, se recomienda usar alrededor de 7,5 ml para aromatizar 1 L de leche. Es relevante señalar que la densidad del aroma de vainilla es de 1.340 g/ml.

$$7,5 \frac{ml}{L} * 20.000 L = 150.000 ml = 150 L \text{ de aroma de vainilla.}$$

$$1,34 \frac{g}{ml} = 1,34 \frac{kg}{L}$$

$$1,34 \frac{kg}{L} * 150 L = 201 kg/día$$

Necesidades de aroma			
	Kg/día	Kg/semana	Kg/año
Vainilla	201	603	31.356

Tabla 33. Necesidades de aroma a vainilla. (Elaboración propia).

7.5.3.3. Cantidad de fermentos lácticos

La industria adquiere los cultivos lácteos de la empresa Hansen. Estos fermentos lácticos son termófilos liofilizados, específicamente destinados a la producción de yogur. Las cepas utilizadas permiten obtener yogures de textura suave y cremosa. Según la dosis sugerida por el fabricante, para inocular 20.000 litros de leche se requieren 4.000 unidades por día. Los cultivos se venden en paquetes de 50 unidades, y cada paquete de 50 unidades es suficiente para inocular 250 litros de leche. Cada paquete contiene 30 gramos.

$$\frac{20.000 \text{ L}}{250 \text{ L/paquete}} = 80 \text{ paquetes se necesitan para sembrar } 20.000 \text{ L.}$$

$$80 \text{ paquetes} * 30 \frac{\text{g}}{\text{paquete}} = 2.400 \text{ g} = 2,4 \text{ kg/día de fermentos lácticos.}$$

Necesidades de fermentos lácticos			
	Kg/día	Kg/semana	Kg/año
Necesidades de fermentos lácticos	2,4	14,4	748,8

Tabla 34. Necesidades de fermentos lácticos. (Elaboración propia).

7.5.3.4. Cantidad de colorantes

El colorante que se utilizará para dar los colores característicos de la vainilla será el caroteno y la riboflavina. En términos generales, el caroteno aporta un tono amarillo o naranja, mientras que la riboflavina también puede generar un color amarillo-anaranjado. El límite máximo permitido para el caroteno es de 100 mg/kg, mientras que para la riboflavina es de 300 mg/kg. Por lo tanto, se ha decidido emplear 50 mg/kg de caroteno y 150 mg/kg de riboflavina. Considerando que la densidad de la leche de oveja es de 1,034 g/ml:

$$1,034 \frac{\text{g}}{\text{ml}} = 1,034 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$$

$$1,034 \frac{\text{kg}}{\text{L}} * 20.000 \text{ L} = 20.680 \text{ kg de leche desnatada.}$$

$$20.680 \text{ kg} * 50 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} = 1.034.000 \text{ mg} = 1,034 \text{ kg/día de caroteno.}$$

$$20.680 \text{ kg} * 150 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} = 3.102.000 \text{ mg} = 3,102 \text{ kg/día de riboflavina.}$$

Necesidades de colorantes			
	Kg/día	Kg/semana	Kg/año
Caroteno	1,034	3,102	161,304
Riboflavina	3.102	9,306	483,912

Tabla 35. Necesidades de colorantes. (Elaboración propia).

7.5.3.5. Cantidad de edulcorante

Se incorporará el edulcorante acesulfamo potásico, con una cantidad de 200 mg/kg, siendo el límite máximo permitido de 400 mg/kg según lo estipulado por el Codex Alimentarius. Considerando que la densidad de la leche de oveja es de 1,034 g/ml:

$$1,034 \frac{g}{ml} = 1,034 \frac{kg}{L}$$

$$1,034 \frac{kg}{L} * 20.000 L = 20.680 \text{ kg de leche desnatada.}$$

$$20.680 \text{ kg} * 200 \frac{mg}{kg} = 4.136.000 \text{ mg} = 4,136 \text{ kg/día de edulcorante.}$$

Necesidades de edulcorante			
	Kg/día	Kg/semana	Kg/año
Acesulfamo potásico	4,136	24,816	1.290,432

Tabla 36. Necesidades de edulcorante. (Elaboración propia).

7.5.4. Resumen de las necesidades diarias de la industria

A continuación, se presenta una tabla a modo de resumen con las necesidades diarias de la industria para cada tipo de yogur.

Los lunes, martes y miércoles, se elabora yogur natural

Materia prima	Necesidades diarias
Leche cruda (L)	24.146,34 L/día
Leche estandarizada (L)	20.000 L/día
Leche estandarizada (kg)	20.680 kg/día
Leche en polvo desnatada	620,4 kg/día
Cultivos lácticos	2,4 kg/día
Edulcorante (acesulfamo potásico)	4,136 kg/día
TOTAL	21.306,936 kg/día

Tabla 37. Resumen de las necesidades diarias del yogur natural. (Elaboración propia).

Los jueves, viernes y sábados, se elabora yogur de vainilla

Materia prima	Necesidades diarias
Leche cruda (L)	24.146,34 L/día
Leche estandarizada (L)	20.000 L/día
Leche estandarizada (kg)	20.680 kg/día
Leche en polvo desnatada	620,4 kg/día
Cultivos lácticos	2,4 kg/día
Edulcorante (acesulfamo potásico)	4,136 kg/día
Colorantes (caroteno y riboflavina)	1,034 kg/día (caroteno) y 3,102 kg/día (riboflavina)
Aroma a vainilla	201 kg/día
TOTAL	21.512,072 kg/día

Tabla 38. Resumen de las necesidades diarias del yogur de vainilla. (Elaboración propia).

7.6. Balance de productos auxiliares

7.6.1. Cálculo del número de tarrinas y packs

Los yogures serán envasados en tarrinas de 125 g, y cada tarrina se incluirá en un pack de 6. A continuación, se presentan los cálculos y la tabla resumen con el número total de tarrinas y packs.



Figura 71. Formato del tipo de envase. (Alcampo).

Material	Polipropileno
Peso (g)	6,8
Dimensiones (mm)	(65x65x80 mm) Largo x Ancho x Alto
Capacidad (g)	125
Dimensiones del pack de 6 (mm)	(195x130x80 mm) Largo x Ancho x Alto

Tabla 39. Características del envase. (Elaboración propia).

- Yogur natural

$$\frac{21.306,936 \text{ kg}}{0,125 \text{ kg /envase}} = 170.455 \text{ envases}$$

$$\frac{170455 \text{ envases}}{6 \text{ envases/pack}} = 28.409 \text{ packs}$$

- Yogur de vainilla

$$\frac{21.512,072 \text{ kg}}{0,125 \text{ kg /envase}} = 172.096 \text{ envases}$$

$$\frac{172096 \text{ envases}}{6 \text{ envases/pack}} = 28.682 \text{ packs}$$

	Producción diaria		Producción semanal	
Tipo de yogur	Envases	Packs de 6	Envases	Packs de 6
Natural	170.455	28.409	511.365	85.227
Vainilla	172.096	28.682	516.288	86.046
TOTAL			1.027.653	171.273

Tabla 40. Resumen de la producción diaria y semanal de la industria. (Elaboración propia).

7.6.2. Cálculo de cajas

Los paquetes de yogur se colocarán dentro de una caja de cartón, que facilita su distribución, con dimensiones de 600 x 400 x 200 mm.



Figura 72. Caja de cartón. (Kartox).

Material	Cartón
Peso que soporta (kg)	25
Dimensiones (mm)	(600 x 400 x 200 mm) Largo x Ancho x Alto

Tabla 41. Características de las cajas. (Elaboración propia).

Para determinar el número de cajas necesarias, se ha establecido previamente que las dimensiones del pack de 6 tarrinas son de 195 x 130 x 80 mm. Con el fin de optimizar la distribución de los yogures dentro de la caja, se ha llegado a la siguiente distribución:

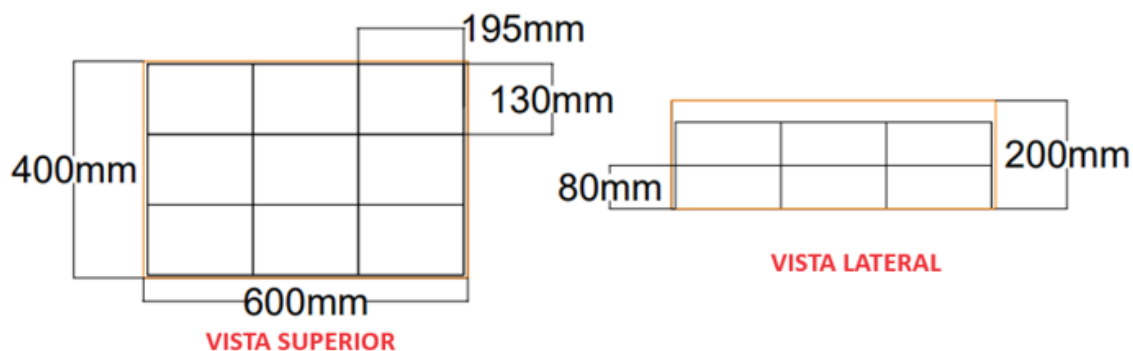


Figura 73. Distribución de los yogures en cajas. (Moreno Rua, 2024).

Con lo cual, en cada caja caben 18 packs.

Tipo de yogur	Necesidad diaria de cajas	Necesidad semanal de cajas
Natural	1579	4737
Vainilla	1594	4782
TOTAL		9519

Tabla 42. Resumen de la necesidad diaria y semanal de cajas. (Elaboración propia).

7.6.3. Cálculo de palés

El palé que se empleará en la industria es un palé europeo normalizado, con dimensiones de 0,8 x 1,2 x 0,144 metros, un peso de 25 kg y una capacidad de carga de hasta 1.500 kg.

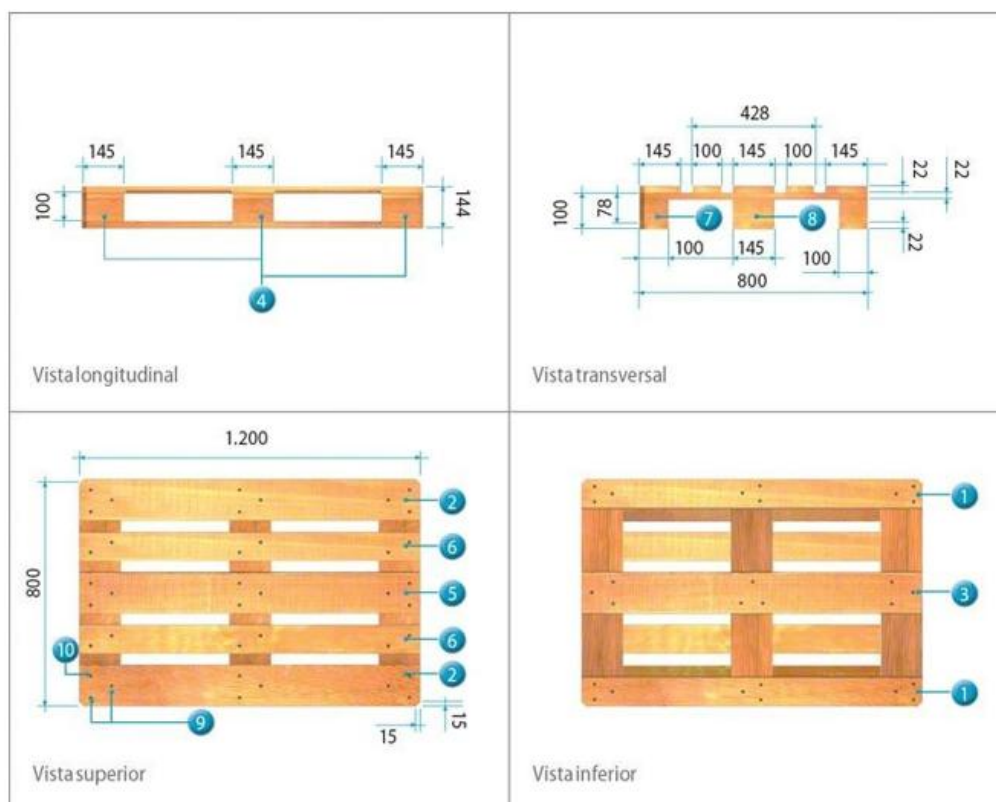


Figura 74. Palé europeo: medidas y características. (Mecalux).

Considerando que las cajas tienen dimensiones de 600 x 400 x 200 mm, se debe organizar la distribución de manera que se maximice el número de cajas en el palé. De esta forma, se puede colocar 4 cajas por fila.

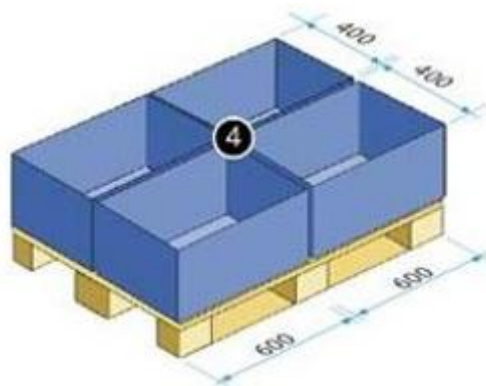


Figura 75. Distribución de cajas en palés. (Moreno Rua, 2024).

Según la Asociación Española de Codificación Comercial, la altura máxima permitida para un palé con cajas de cartón es de 1,80 metros. Dado que la altura del palé es de 0,144 metros, la altura restante para apilar las cajas sería:

$$1,80 - 0,144 = 1,656 \text{ metros.}$$

Como las cajas tienen una altura de 0,2 metros, la cantidad máxima de filas de cajas que se pueden apilar es:

$$1,656 / 0,2 = 8,28, \text{ lo que significa que se pueden apilar 8 alturas de cajas sobre el palé.}$$

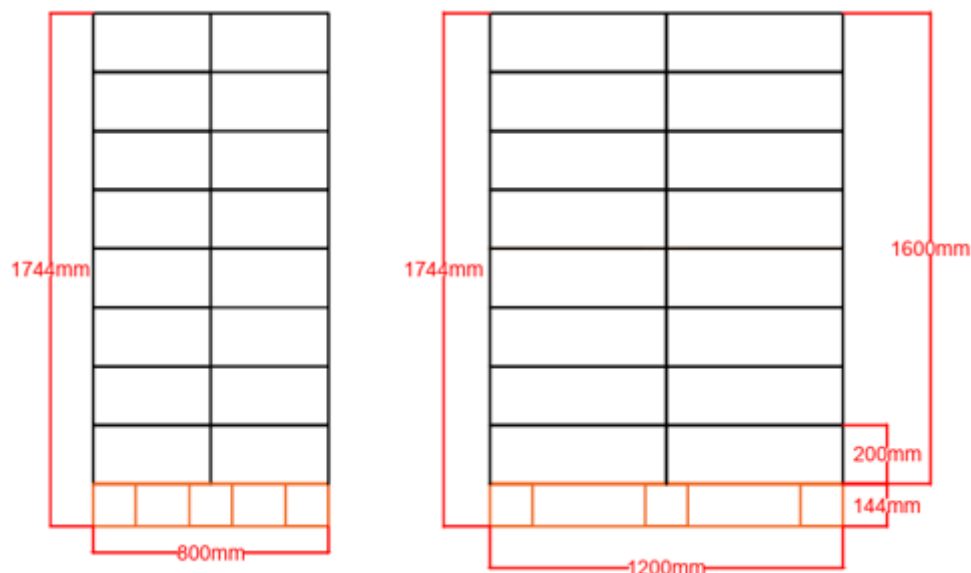


Figura 76. Altura de logística. (Moreno Rua, 2024).

Dado que caben 4 cajas por fila y se pueden apilar 8 alturas, en cada palé se pueden colocar un total de:

$$4 \text{ cajas por fila} \times 8 \text{ alturas} = 32 \text{ cajas por palé.}$$

Tipo de yogur	Necesidad diaria de palés	Necesidad semanal de palés
Natural	50	150
Vainilla	50	150
TOTAL		300

Tabla 43. Resumen de necesidad diaria y semanal de palés. (Elaboración propia).

Por lo tanto, cada semana hay que almacenar en la cámara de refrigeración 300 palés.

7.6.4. Cálculo de las dimensiones de las estanterías

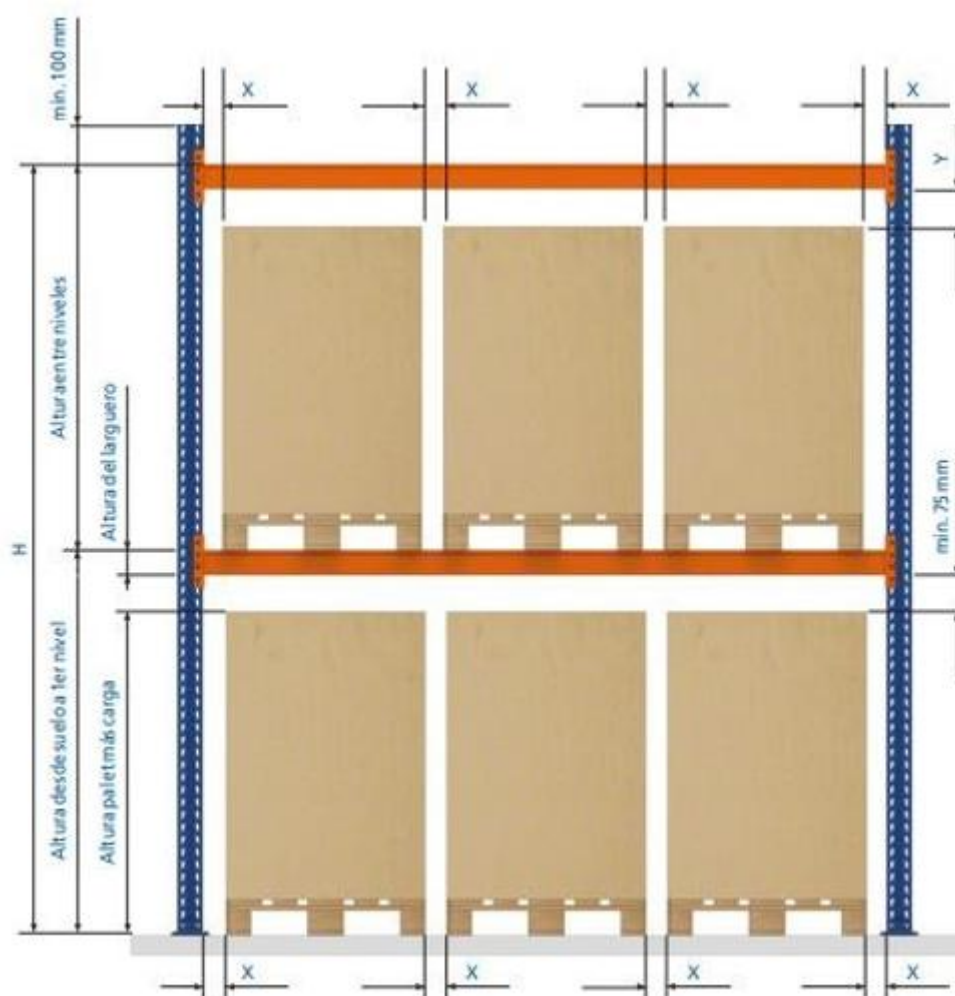


Figura 77. Dimensiones de estantería. (Mecalux).

Para el almacenamiento de los palés con el producto terminado, se utilizarán estanterías con 4 niveles que se adquirirán en MECALUX. Las dimensiones de la estantería se calculan de la siguiente manera:

La altura entre niveles se obtiene sumando tres variables:

- La altura del palé con la carga incluida: 1744 mm.
- La altura del larguero: 130 mm.

- La holgura mínima: 75 mm.

La altura total entre niveles sería:

$$1744 \text{ mm} + 130 \text{ mm} + 75 \text{ mm} = 1949 \text{ mm}.$$

Este número se redondea al alza al múltiplo de 50 mm más cercano, por lo que la altura entre niveles será de 1950 mm.

El larguero que se utilizará es el modelo 2C-S 1315, ya que está diseñado para soportar grandes cargas. Sus dimensiones son 130 x 50 mm (altura x anchura).



Figura 78. Características del larguero. (Mecalux).

Dado que la estantería que se desea utilizar tiene 4 niveles, la altura total de la estantería será:

$$1950 \text{ mm} \times 4 = 7800 \text{ mm}.$$

Para calcular el ancho de la estantería, se deben considerar tres variables:

- El ancho del bastidor: 122 mm.
- El ancho del palé: 800 mm.
- El espacio entre palés: $X = 75 \text{ mm}$.

Hay que tener en cuenta que en cada estantería caben como máximo 3 palés.

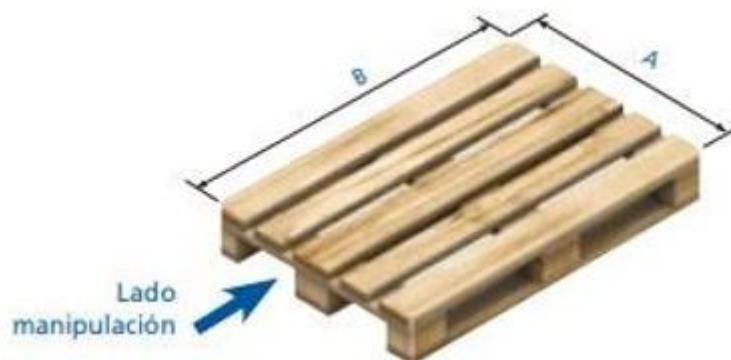


Figura 79. Manipulación del palé. (Mecalux).

Dado que el palé utilizado en la industria tiene dimensiones de 800 x 1200 x 144 mm, y considerando que el ancho del bastidor es de 122 mm



Figura 80. Dimensiones del bastidor. (Mecalux).

Por lo tanto, el cálculo de la anchura de cada nivel de la estantería es el siguiente:

$$(122 \text{ mm} \times 2) + (800 \text{ mm} \times 3) + (75 \text{ mm} \times 4) = 2950 \text{ mm}.$$

La largura de las estanterías se calcula sumando el largo del palé (1200 mm) más 200 mm a cada lado:

$$1200 \text{ mm} + (200 \text{ mm} \times 2) = 1600 \text{ mm}.$$

En resumen, las dimensiones de las estanterías son 1600 x 2950 x 7800 mm (Largo x Ancho x Alto).

7.6.5. Cálculo de estanterías para el almacenamiento de palés con el producto terminado

Si en cada estantería caben 12 palés (3 palés por nivel x 4 alturas), para almacenar los 300 palés, se necesitan:

$$300 \text{ palés} / 12 \text{ palés por estantería} = 25 \text{ estanterías}.$$

Por lo tanto, se requerirán 25 estanterías para almacenar los 300 palés.

7.7. Necesidades de personal

- Gerente de producción: la planta tiene un gerente de producción por turno, cuya responsabilidad principal es supervisar el área de producción y gestionar al personal encargado de las operaciones productivas.
- Personal en el área de recepción: en este sector, trabajan dos operarios. Uno se encarga de recibir, gestionar y verificar los materiales, ingredientes y productos que llegan a la planta. El otro supervisa las primeras fases del tratamiento de la leche cruda, como la desaireación (eliminación de aire), filtrado, medición, clarificación y otros procedimientos previos antes de que la leche se utilice en la producción de yogur.

- Personal de producción: el equipo de producción es responsable de llevar a cabo todas las actividades dentro del proceso de producción, envasado e incubación del yogur. La planta cuenta con un equipo de dos operarios por turno para cubrir estas funciones.
- Personal en almacenamiento y expedición: este grupo se encarga de recibir los yogures provenientes de la línea de producción y almacenarlos correctamente en el área designada. Esto incluye organizar los productos de manera ordenada y segura. Además, llevan un control exhaustivo del inventario, registrando detalles como las fechas de producción y de caducidad, lo que permite utilizar primero los productos más antiguos y reducir el desperdicio. También se encargan de garantizar el funcionamiento adecuado del sistema de refrigeración. Finalmente, el equipo es responsable de cargar los productos en los vehículos de entrega. En esta área, trabajan dos personas por turno.
- Director general: la figura principal en la toma de decisiones estratégicas para la empresa, supervisando todas las operaciones y asegurándose de que la empresa sea eficiente y rentable.
- Director financiero: este puesto tiene la responsabilidad de gestionar las finanzas de la empresa, lo que incluye supervisar el presupuesto, la contabilidad, los costos, la elaboración de informes financieros y tomar decisiones clave relacionadas con las inversiones y financiamiento.
- Administrativos: el personal administrativo se encarga de diversas funciones como la gestión de documentos, coordinación de reuniones, elaboración de informes, contabilidad básica, atención al cliente y administración de agendas. En la planta trabajan tres administrativos.
- Secretario: el secretario brinda apoyo adicional a la dirección, encargándose de tareas como atención telefónica, organización de documentos y gestión de la oficina.
- Operadores de maquinaria: este equipo tiene la responsabilidad de operar y mantener las máquinas utilizadas en la producción de yogur, asegurándose de su correcto funcionamiento.
- Técnicos de laboratorio: son responsables de realizar las pruebas de calidad tanto de las materias primas como del producto final. La planta cuenta con un jefe de laboratorio y dos técnicos.
- Personal de limpieza y mantenimiento: su tarea es mantener las instalaciones en óptimas condiciones de limpieza y funcionamiento. Hay dos operarios de limpieza, uno a cargo de las áreas de recepción y producción inicial, y otro para la zona de envasado, incubación y almacenamiento.
- Personal de seguridad: en la planta, dos vigilantes por turno son los encargados de velar por la seguridad de las instalaciones, garantizando un entorno seguro para todos.

Zona	Función	Número de trabajadores
Área de producción	Gerente de producción	2
	Personal de producción	4
Área de recepción	Personal de recepción	2
Área de almacenamiento y expedición	Personal de almacenamiento y expedición	2
Oficinas	Director general	1
	Director financiero	1
	Administrativos	3
	Secretario	1
Laboratorio	Jefe de laboratorio	1
	Técnicos de laboratorio	1
Limpieza y mantenimiento	Personal de limpieza	2
	Operadores de maquinaria	1
Seguridad	Vigilante	2
TOTAL		23

Tabla 44. Necesidades de personal. (Elaboración propia).

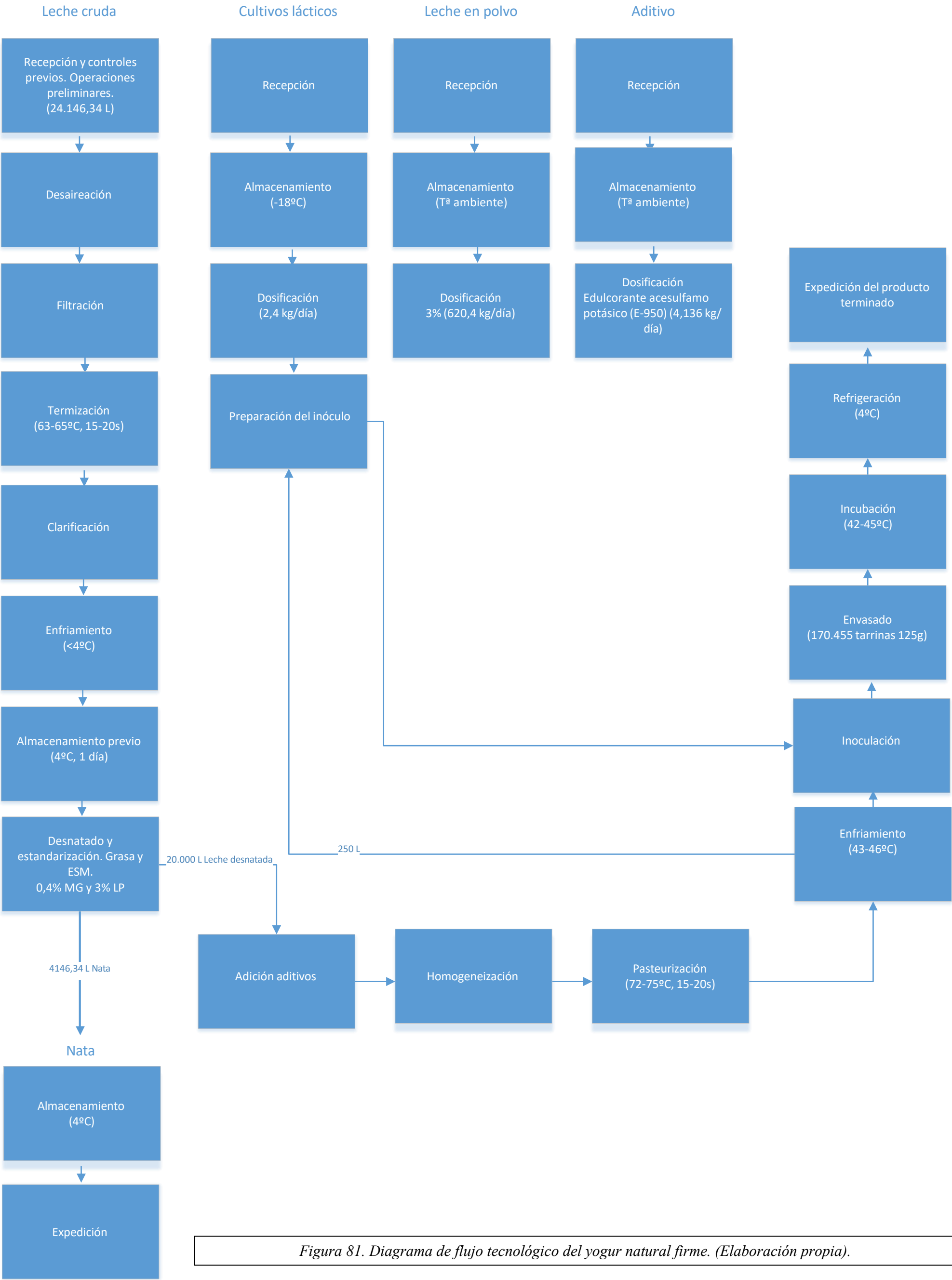


Figura 81. Diagrama de flujo tecnológico del yogur natural firme. (Elaboración propia).

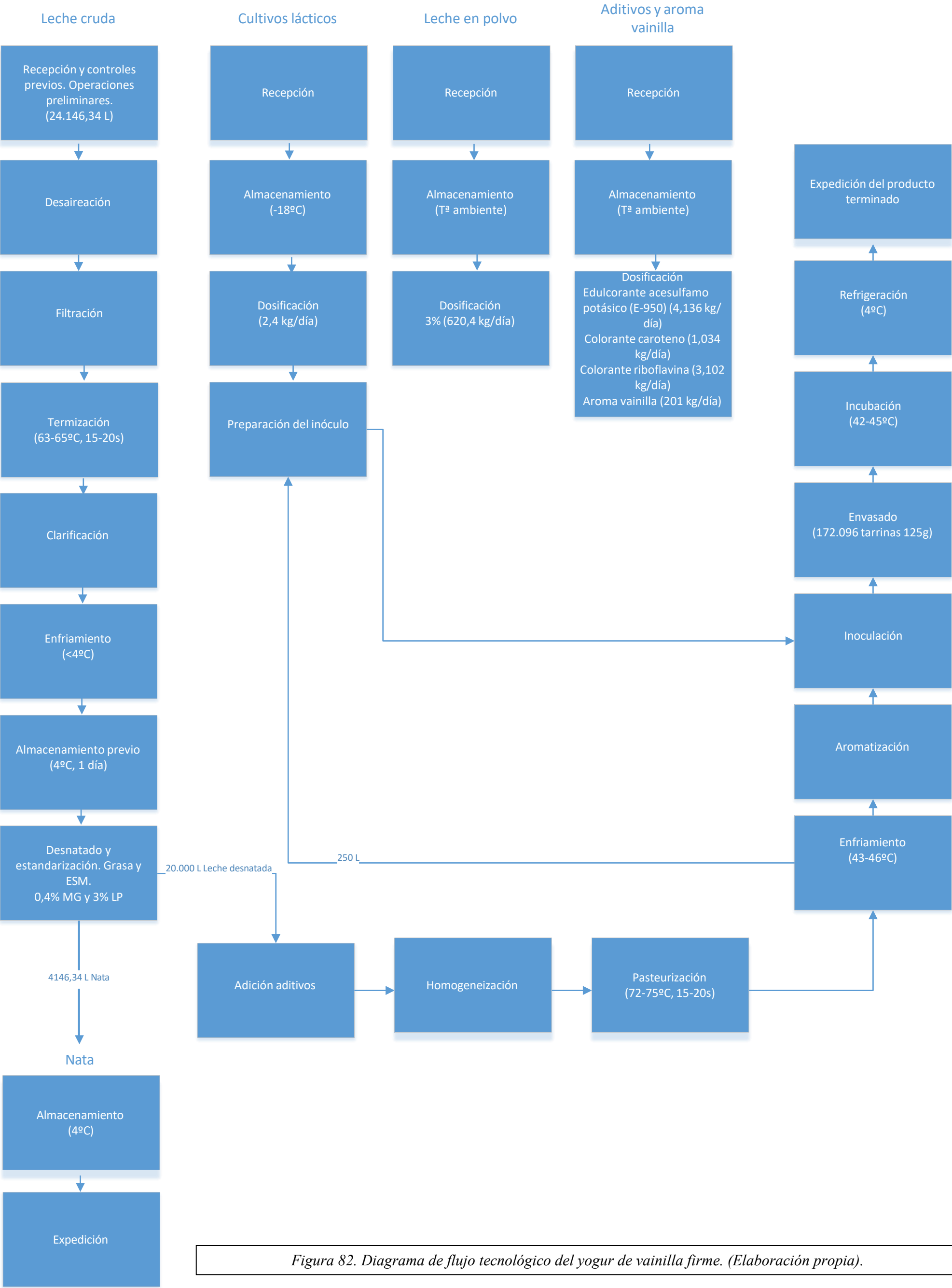


Figura 82. Diagrama de flujo tecnológico del yogur de vainilla firme. (Elaboración propia).

8. MAQUINARIA

En este punto del presente trabajo se pretende realizar una revisión de la maquinaria necesaria para llevar a cabo nuestro proceso productivo en función de la etapa en la que nos encontremos. Previamente a esa selección de equipos, habrá que estudiar el tiempo que se tiene que dedicar a cada etapa del proceso productivo teniendo en cuenta que, como se ha mencionado en el punto anterior, la industria trabaja 16h/día, de las cuales 5h se emplean en la fermentación del producto acabado y las 2 últimas se emplean para el transporte a la cámara de refrigeración y la limpieza de las instalaciones por lo que habrá que adaptar la maquinaria al tiempo efectivo que nos queda.

8.1. Rendimiento exigido

El rendimiento exigido en cada actividad del proceso viene determinado por la etapa de fermentación, en la cual se ha estimado que se requerirán unas 5h y que lógicamente marcarán el resto de la jornada productiva.

Por tanto, quitando las últimas 2h de limpieza de las instalaciones, y sabiendo que la industria trabaja 16h/día, nos quedarían 9h restantes para realizar el resto de actividades, las cuales están distribuidas de la siguiente manera.

Operaciones	Horario															
	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
Recepción																
Operaciones preliminares																
Desnatado																
Estandarización																
Mezclador de corte alto																
Homogeneización																
Pasteurización																
Enfriamiento																
Envasadora																
Encajadora																
Paletizador																
Enfardadora																
Incubación																
Refrigeración																
Limpieza																

Tabla 45. Diagrama de tiempos del proceso productivo. (Elaboración propia).

8.1.1. Rendimiento de la recepción

Cada día, entre las 6:00 y las 7:00, se realiza la recepción de leche cruda. Los lunes, esta actividad se extiende para incluir la recepción de materias primas, garantizando de este modo el abastecimiento adecuado para el desarrollo continuo del proceso.

8.1.2. Rendimiento de la maquinaria de las operaciones preliminares

Las operaciones preliminares comprenden la recepción de la leche, las verificaciones de calidad, filtrado, eliminación de aire, clarificación, termización, enfriamiento y almacenamiento. Todos estos procedimientos se llevan a cabo en un lapso de 2 horas.

8.1.3. Rendimiento de la maquinaria para el desnatado y estandarización

Necesitamos que el desnatado y la estandarización se realicen en un tiempo máximo de 1h, luego hay que procesar 24.146,34 L de leche cruda.

$$Tiempo (h) = \frac{Volumen (L)}{Capacidad de procesamiento (L/h)}$$

$$Capacidad de procesamiento (L/h) = \frac{Volumen (L)}{Tiempo (h)}$$

$$Capacidad de procesamiento \left(\frac{L}{h} \right) = \frac{24.146,34 L}{1h} = 24.146,34 L/h$$

Luego habrá que buscar un desnatador y estandarizador que igualen o superen ese rendimiento.

8.1.4. Rendimiento de la maquinaria para el mezclador de corte alto

Necesitamos que este proceso se realice en un tiempo máximo de 1h, luego como hay que procesar 20.000 L de leche ya estandarizada.

$$Tiempo (h) = \frac{Volumen (L)}{Capacidad de procesamiento (L/h)}$$

$$Capacidad de procesamiento (L/h) = \frac{Volumen (L)}{Tiempo (h)}$$

$$Capacidad de procesamiento \left(\frac{L}{h} \right) = \frac{20.000 L}{1h} = 20.000 L/h$$

Luego habrá que buscar un mezclador que iguale o supere ese rendimiento.

8.1.5. Rendimiento de la maquinaria para la homogeneización

Necesitamos que este proceso se realice en un tiempo máximo de 1h, luego como hay que procesar 20.000 L de leche ya estandarizada.

$$Tiempo (h) = \frac{Volumen (L)}{Capacidad de procesamiento (L/h)}$$

$$Capacidad de procesamiento (L/h) = \frac{Volumen (L)}{Tiempo (h)}$$

$$Capacidad de procesamiento \left(\frac{L}{h} \right) = \frac{20.000 L}{1h} = 20.000 L/h$$

Luego habrá que buscar un homogeneizador que iguale o supere ese rendimiento.

8.1.6. Rendimiento de la maquinaria para la pasteurización

Necesitamos que este proceso se realice en un tiempo máximo de 1h, luego como hay que procesar 20.000 L de leche ya estandarizada.

$$Tiempo (h) = \frac{Volumen (L)}{Capacidad de procesamiento (L/h)}$$

$$\text{Capacidad de procesamiento (L/h)} = \frac{\text{Volumen (L)}}{\text{Tiempo (h)}}$$

$$\text{Capacidad de procesamiento} \left(\frac{\text{L}}{\text{h}} \right) = \frac{20.000 \text{ L}}{1 \text{ h}} = 20.000 \text{ L/h}$$

Luego habrá que buscar un pasteurizador que iguale o supere ese rendimiento.

8.1.7. Rendimiento de la maquinaria para el enfriamiento a 43°C

Necesitamos que este proceso se realice en un tiempo máximo de 1h, luego como hay que procesar 20.000 L de leche ya estandarizada.

$$\text{Tiempo (h)} = \frac{\text{Volumen (L)}}{\text{Capacidad de procesamiento (L/h)}}$$

$$\text{Capacidad de procesamiento (L/h)} = \frac{\text{Volumen (L)}}{\text{Tiempo (h)}}$$

$$\text{Capacidad de procesamiento} \left(\frac{\text{L}}{\text{h}} \right) = \frac{20.000 \text{ L}}{1 \text{ h}} = 20.000 \text{ L/h}$$

Luego habrá que buscar un intercambiador de placas que iguale o supere ese rendimiento.

8.1.8. Rendimiento de la maquinaria para envasado

Necesitamos que este proceso se realice en un tiempo máximo de 1h, luego como hay que tener en cuenta que de los yogures naturales se utilizan 170.455 tarrinas/día y de los de vainilla se utilizan 172.096 tarrinas/día, se tomará la situación más desfavorable para ser capaces de procesar estas últimas en ese tiempo.

$$\text{Tiempo (h)} = \frac{\text{Volumen (tarrinas)}}{\text{Capacidad de procesamiento (tarrinas/h)}}$$

$$\text{Capacidad de procesamiento (tarrinas/h)} = \frac{\text{Volumen (tarrinas)}}{\text{Tiempo (h)}}$$

$$\begin{aligned} \text{Capacidad de procesamiento} \left(\frac{\text{tarrinas}}{\text{h}} \right) &= \frac{172.096 \text{ tarrinas}}{1 \text{ h}} \\ &= 172.096 \text{ tarrinas/h} \end{aligned}$$

Luego habrá que buscar una envasadora que iguale o supere ese rendimiento.

8.1.9. Rendimiento de la maquinaria para la encajadora

Teniendo en cuenta que hay que empaquetar packs de 6 tarrinas de yogur natural en 1579 cajas y de vainilla en 1594, se tomará la situación más desfavorable para ser capaces de procesar estas últimas en ese tiempo.

$$\text{Tiempo (h)} = \frac{\text{Volumen (cajas)}}{\text{Capacidad de procesamiento (cajas/h)}}$$

$$\text{Capacidad de procesamiento (cajas/h)} = \frac{\text{Volumen (cajas)}}{\text{Tiempo (h)}}$$

$$\text{Capacidad de procesamiento} \left(\frac{\text{cajas}}{h} \right) = \frac{1.594 \text{ cajas}}{1h} = 1.594 \text{ cajas/h}$$

Luego habrá que buscar una encajadora que iguale o supere ese rendimiento.

8.1.10. Rendimiento de la maquinaria para el paletizador

Las 1.594 cajas se organizan en palés, cada palé con 32 cajas apiladas en filas de 4 cajas y 8 alturas, por lo que se tienen que utilizar 50 palés cada día para almacenar toda la producción.

$$\text{Tiempo (h)} = \frac{\text{Volumen (palés)}}{\text{Capacidad de procesamiento (palés/h)}}$$

$$\text{Capacidad de procesamiento (palés/h)} = \frac{\text{Volumen (palés)}}{\text{Tiempo (h)}}$$

$$\text{Capacidad de procesamiento} \left(\frac{\text{palés}}{h} \right) = \frac{50 \text{ palés}}{1h} = 50 \text{ palés/h}$$

Luego habrá que buscar un paletizador que iguale o supere ese rendimiento.

8.1.11. Rendimiento de la máquina para la enfardadora

Los 50 palés llegan a la enfardadora para ser recubiertos con film.

$$\text{Tiempo (h)} = \frac{\text{Volumen (palés)}}{\text{Capacidad de procesamiento (palés/h)}}$$

$$\text{Capacidad de procesamiento (palés/h)} = \frac{\text{Volumen (palés)}}{\text{Tiempo (h)}}$$

$$\text{Capacidad de procesamiento} \left(\frac{\text{palés}}{h} \right) = \frac{50 \text{ palés}}{1h} = 50 \text{ palés/h}$$

Luego habrá que buscar una enfardadora que iguale o supere ese rendimiento.

8.1.12. Rendimiento de la incubación

En la fábrica, la fermentación se realizará en cámaras de incubación equipadas con un sistema de circulación de aire caliente. La duración de este proceso puede variar, tomando entre 2 y 6 horas para lograr el pH deseado, que se encuentra entre 4.1 y 4.6. Se ha tomado como referencia un tiempo de 5h.

8.2. Maquinaria de las operaciones preliminares

8.2.1. Camión cisterna

La leche se transporta diariamente desde las granjas hacia la fábrica mediante un camión cisterna, el cual es de su propiedad. Este vehículo es proporcionado por el fabricante "CSCTRUCK" y tiene las siguientes dimensiones: 10,8 metros de largo, 2,5 metros de alto y 3,15 metros de ancho.



Figura 83. Camión cisterna. (CSCTRUCK).

8.2.2. Bomba centrífuga

El camión cisterna se coloca en una zona específica para la descarga dentro de la fábrica. Se conecta una manguera o tubería entre el camión y la entrada de la bomba centrífuga. Esta bomba genera un flujo de succión que extrae la leche del camión a través de la manguera de entrada. Una vez dentro de la bomba, la leche es acelerada y empujada hacia adelante por la fuerza centrífuga del rotor. Finalmente, la leche es conducida desde la bomba hacia el sistema de recepción de la planta láctea.



Figura 84. Bomba centrífuga. (Verderliquids).

Bomba centrífuga	
Marca y modelo	Pump series MCP2
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable AISI 316 L

Caudal máximo (L/h)	120.000 L/h
Viscosidad máxima (cP)	1.000
Presión máxima diferencial (bar)	10
Temperatura máxima	140 °C
Potencia	22 kW
Dimensiones	(0,205 x 0,186 x 0,361 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 46. Características técnicas de la bomba centrífuga. (Verderliquids).

8.2.3. Depósito desaireador

Antes de la filtración, la leche se dirige al depósito desaireador, donde se elimina el aire presente en la leche cruda.



Figura 85. Depósito desaireador. (KRONEX).

Depósito desaireador	
Marca y modelo	Kronex modelo variospin
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable
Caudal máximo (L/h)	60 m ³ /h
Potencia	37 kW
Dimensiones	(1,8 x 1,2 x 4 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 47. Características técnicas del depósito desaireador. (KRONEX).

8.2.4. Filtro de malla

Antes de que la leche sea incorporada al proceso de producción, generalmente pasa por una filtración inicial para eliminar partículas grandes y cuerpos extraños. Esta filtración se lleva a cabo utilizando una malla, que previene que elementos como piedras o fragmentos de materiales ajenos entren en el proceso.



Figura 86. Filtro de malla. (INOXPA).

8.2.5. Caudalímetro

A continuación, la leche pasa por un caudalímetro, que se encarga de medir y registrar la cantidad de leche que llega a la industria.



Figura 87. Caudalímetro. (CONTATEC).

8.2.6. Bomba centrífuga

La bomba impulsa la leche para que pase desde el caudalímetro hasta el intercambiador de placas en donde será termizada.



Figura 88. Bomba centrífuga. (Verderliquids).

Bomba centrífuga	
Marca y modelo	Pump series MCP2
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable AISI 316 L
Caudal máximo (L/h)	120.000 L/h

Viscosidad máxima (cP)	1.000
Presión máxima diferencial (bar)	10
Temperatura máxima	140 °C
Potencia	22 kW
Dimensiones	(0,205 x 0,186 x 0,361 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 48. Características técnicas de la bomba centrífuga. (Verderliquids).

8.2.7. Termización. Intercambiador de placas

Una vez que se ha medido el caudal de la leche, se somete a un proceso de termización en la industria láctea. El objetivo principal de este paso es reducir la carga microbiana, especialmente cuando la leche se almacena por períodos prolongados, como sucede en la industria, superando las 24 horas.

La termización consiste en aplicar un tratamiento térmico moderado, generalmente entre 63 y 65 °C. Este proceso ayuda a eliminar o disminuir los microorganismos presentes en la leche, proporcionando una mayor seguridad microbiológica antes de que la leche continúe con la siguiente fase de producción. Para realizar la termización, se emplea un intercambiador de placas.

Antes de almacenar la leche en los tanques de almacenamiento, esta debe pasar por el intercambiador de placas para ser enfriada a una temperatura de 4 °C, lo que previene la proliferación de microorganismos.



Figura 89. Intercambiador de placas. (Tetra Pak).

Intercambiador de placas	
Marca y modelo	Alfa Laval Base10.M10-Mbase 81PL 1 SEC
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable
Caudal máximo (L/h)	100.000 L/h
Potencia	96 kW
Dimensiones	(2,5 x 0,52 x 1,42 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 49. Características técnicas del intercambiador de placas. (Tetra Pak).

8.2.8. Bomba centrífuga

La bomba impulsa la leche para que pase desde el intercambiador de placas hasta la centrífuga clarificadora en donde se terminará de depurar.



Figura 90. Bomba centrífuga. (Verderliquids).

Bomba centrífuga	
Marca y modelo	Pump series MCP2
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable AISI 316 L
Caudal máximo (L/h)	120.000 L/h
Viscosidad máxima (cP)	1.000
Presión máxima diferencial (bar)	10
Temperatura máxima	140 °C
Potencia	22 kW
Dimensiones	(0,205 x 0,186 x 0,361 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 50. Características técnicas de la bomba centrífuga. (Verderliquids).

8.2.9. Centrífuga clarificadora

El siguiente paso es la depuración física de la leche, proceso en el cual la leche se somete a una centrífuga clarificadora, cuya función principal es eliminar microorganismos contaminantes.



Figura 91. Centrífuga clarificadora. (Tetra Pak).

Centrífuga clarificadora	
Marca y modelo	Unidad Bactófuga Tetra Pak BB714
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable
Caudal máximo (L/h)	25.000 L/h
Potencia	22 kW
Dimensiones	(1,618 x 1,207 x 1,487 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 51. Características técnicas de la centrífuga clarificadora. (Tetra Pak).

8.2.10. Intercambiador de placas

Una vez ha pasado la leche por la centrífuga clarificadora, tiene que pasar por un proceso de enfriamiento a 4°C antes de ser almacenada en los tanques de almacenamiento con el objeto de evitar la proliferación de microorganismos. Dicho enfriamiento se realiza en un intercambiador de placas.



Figura 92. Intercambiador de placas. (Tetra Pak).

Intercambiador de placas	
Marca y modelo	Alfa Laval Base10.M10-Mbase 81PL 1 SEC
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable
Caudal máximo (L/h)	100.000 L/h
Potencia	96 kW
Dimensiones	(2,5 x 0,52 x 1,42 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 52. Características técnicas del intercambiador de placas. (Tetra Pak).

8.2.11. Bomba centrífuga

Finalmente, la bomba impulsa la leche para al tanque en donde será almacenada antes de iniciar el procesado.



Figura 93. Bomba centrífuga. (Verderliquids).

Bomba centrífuga	
Marca y modelo	Pump series MCP2
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable AISI 316 L
Caudal máximo (L/h)	120.000 L/h
Viscosidad máxima (cP)	1.000
Presión máxima diferencial (bar)	10
Temperatura máxima	140 °C
Potencia	22 kW
Dimensiones	(0,205 x 0,186 x 0,361 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 53. Características técnicas de la bomba centrífuga. (Verderliquids).

8.2.12. Tanque de almacenamiento

El principal propósito de los tanques de almacenamiento es ofrecer un espacio seguro y adecuado para guardar temporalmente la leche cruda antes de que pase a los procesos posteriores.

Estos tanques suelen estar hechos de acero inoxidable de alta calidad, material que es resistente a la corrosión, no reacciona con la leche y facilita su limpieza, lo que lo convierte en una opción ideal para la industria láctea.

Están dotados de un sistema de aislamiento térmico que ayuda a mantener la leche a la temperatura adecuada y a evitar cambios bruscos. Además, cuentan con sistemas de medición y control de temperatura para asegurar que la leche se conserve a la temperatura correcta durante su almacenamiento. También disponen de un sistema de agitación controlada que garantiza la homogeneidad de la leche y previene la sedimentación de sólidos.



Figura 94. Tanque de almacenamiento. (JIMEI).

Tanque de almacenamiento	
Marca y modelo	SSG-15
Número de unidades	2
Material	Acero inoxidable
Capacidad máxima (L)	25.000 L
Potencia	3 kW
Diámetro (m)	2,7
Altura (m)	4,45
Diámetro de entrada y salida (mm)	65

Tabla 54. Características técnicas del tanque de almacenamiento. (JIMEI).

8.3. Maquinaria de las operaciones específicas del proceso productivo

8.3.1. Bomba centrífuga

Se emplea una bomba centrífuga para transferir la leche desde el tanque de almacenamiento hacia el intercambiador de placas para proceder a una nueva termización.



Figura 95. Bomba centrífuga. (Verderliquids).

Bomba centrífuga	
Marca y modelo	Pump series MCP2
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable AISI 316 L
Caudal máximo (L/h)	120.000 L/h
Viscosidad máxima (cP)	1.000
Presión máxima diferencial (bar)	10

Temperatura máxima	140 °C
Potencia	22 kW
Dimensiones	(0,205 x 0,186 x 0,361 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 55. Características técnicas de la bomba centrífuga. (Verderliquids).

8.3.2. Termización. Intercambiador de placas

La leche se somete de nuevo a un proceso de termización en la industria láctea. El objetivo principal de este paso, además de reducir la carga microbiana psicrotrófica y de inactivar ciertas enzimas, es el de aumentar el rendimiento en el proceso de desnatado y estandarización y que estos sean más efectivos. Las condiciones de termización siguen siendo como las descritas anteriormente, es decir, entre 63-65°C durante 15-20 segundos y se empleará el mismo intercambiador de placas.



Figura 96. Intercambiador de placas. (Tetra Pak).

Intercambiador de placas	
Marca y modelo	Alfa Laval Base10.M10-Mbase 81PL 1 SEC
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable
Caudal máximo (L/h)	100.000 L/h
Potencia	96 kW
Dimensiones	(2,5 x 0,52 x 1,42 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 56. Características técnicas del intercambiador de placas. (Tetra Pak).

8.3.3. Bomba centrífuga

Se emplea una bomba centrífuga para transferir la leche desde el intercambiador de placas hacia la máquina desnatadora.



Figura 97. Bomba centrífuga. (Verderliquids).

Bomba centrífuga	
Marca y modelo	Pump series MCP2
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable AISI 316 L
Caudal máximo (L/h)	120.000 L/h
Viscosidad máxima (cP)	1.000
Presión máxima diferencial (bar)	10
Temperatura máxima	140 °C
Potencia	22 kW
Dimensiones	(0,205 x 0,186 x 0,361 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 57. Características técnicas de la bomba centrífuga. (Verderliquids).

8.3.4. Desnatadora

En la industria láctea, la leche desnatada se produce mediante el uso de una desnatadora. El objetivo principal de este proceso es eliminar o reducir considerablemente la cantidad de grasa en la leche, obteniendo así leche desnatada o con bajo contenido graso. Durante el proceso, la grasa se dirige hacia una tubería específica, mientras que la leche con menor cantidad de grasa se recoge a través de otra tubería.



Figura 98. Desnatadora. (GRUPO PHI).

Desnatadora	
Marca y modelo	RE200T
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable

Caudal máximo (L/h)	25.000 L/h
Potencia	30 kW
Dimensiones	(1,7 x 1,05 x 1,78 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 58. Características técnicas de la desnatadora. (GRUPOPHI).

8.3.5. Estandarizadora

Para estandarizar la leche, se utiliza una máquina de estandarización automática. Primero, se mide y analiza la composición de la leche cruda, incluyendo el contenido de grasa, proteínas y sólidos no grasos. Basándose en los resultados de estas mediciones, la máquina ajusta la composición de la leche para cumplir con las especificaciones requeridas.



Figura 99. Estandarizadora. (Tetra Pak).

Estandarizadora	
Marca y modelo	Tetra Pak Standardization unit S2
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable
Caudal máximo (L/h)	50.000 L/h
Volumen	8,7 m ³
Temperatura máxima de estandarización	45-64 °C
Potencia	0,5 kW
Dimensiones	(0,83 x 0,8 x 2 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 59. Características técnicas de la estandarizadora. (Tetra Pak).

8.3.6. Intercambiador de placas para enfriar la nata

El intercambiador de placas se emplea para reducir la temperatura de la nata caliente que se obtiene tras el proceso de desnatado. Este enfriamiento es fundamental para preservar la calidad y la frescura de la nata.



Figura 100. Intercambiador de placas. (Tetra Pak).

Intercambiador de placas	
Marca y modelo	Alfa Laval Base10.M10-Mbase 81PL 1 SEC
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable
Caudal máximo (L/h)	100.000 L/h
Potencia	96 kW
Dimensiones	(2,5 x 0,52 x 1,42 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 60. Características técnicas del intercambiador de placas. (Tetra Pak).

8.3.7. Bomba lobular

La industria utiliza una bomba lobular para trasladar la nata desde el intercambiador de placas hasta el área de almacenamiento.



Figura 101. Bomba lobular. (Verderliquids).

Bomba lobular	
Marca y modelo	PACKO ZL
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable AISI 316 L
Caudal máximo (L/h)	100.000 L/h
Viscosidad máxima (cP)	1.000.000
Presión máxima diferencial (bar)	20
Temperatura máxima	150 °C
Potencia	15 kW

Dimensiones	(0,735 x 0,23 x 0,412 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 61. Características técnicas de la bomba lobular. (Verderliquids).

8.3.8. Depósito de nata

Una vez realizado el desnatado, la grasa restante debe ser almacenada en un depósito de nata. Esta nata puede ser reutilizada en el proceso de estandarización o incluso vendida a otras empresas que la requieran. El traslado de la nata hasta el depósito se realiza mediante una bomba lobular.



Figura 102. Depósito de nata. (Milkplan).

Depósito de nata	
Marca y modelo	Tetra Pak High Shear Mixer R200-800V
Número de unidades	5
Material	Acero inoxidable
Capacidad máxima	5.000 L
Potencia	10 kW
Dimensiones	(1,84 x 2,32 x 2,39 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 62. Características técnicas del depósito de nata. (Milkplan).

8.3.9. Bomba lobular

Para trasladar la leche desde la unidad de estandarización hasta un mezclador de corte alto, se emplea una bomba lobular.



Figura 103. Bomba lobular. (Verderliquids).

Bomba lobular	
Marca y modelo	PACKO ZL
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable AISI 316 L
Caudal máximo (L/h)	100.000 L/h
Viscosidad máxima (cP)	1.000.000
Presión máxima diferencial (bar)	20
Temperatura máxima	150 °C
Potencia	15 kW
Dimensiones	(0,735 x 0,23 x 0,412 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 63. Características técnicas de la bomba lobular. (Verderliquids).

8.3.10. Mezclador de corte alto

El mezclador de corte alto se emplea para combinar ingredientes como azúcar, edulcorantes y colorantes de manera uniforme, garantizando que todos los componentes se distribuyan de forma homogénea en la leche.



Figura 104. Mezclador de corte alto. (Tetra Pak).

Mezclador de corte alto	
Marca y modelo	Tetra Pak High Shear Mixer R200-800V
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable
Capacidad máxima	20.000 L
Potencia	39,8 kW
Dimensiones	(2,85 x 1,5 x 2,8 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 64. Características técnicas del mezclador de corte alto. (Tetra Pak).

8.3.11. Bomba lobular

Una bomba lobular se emplea para trasladar la leche desde el mezclador de corte alto hasta el desaireador.



Figura 105. Bomba lobular. (Verderliquids).

Bomba lobular	
Marca y modelo	PACKO ZL
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable AISI 316 L
Caudal máximo (L/h)	100.000 L/h
Viscosidad máxima (cP)	1.000.000
Presión máxima diferencial (bar)	20
Temperatura máxima	150 °C
Potencia	15 kW
Dimensiones	(0,735 x 0,23 x 0,412 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 65. Características técnicas de la bomba lobular. (Verderliquids).

8.3.12. Depósito desaireador

Dado que se ha incorporado aire en las etapas previas del proceso, es fundamental contar con un sistema de desaireación. Para ello, se puede utilizar el mismo desaireador empleado en la primera fase del proceso para eliminar el aire presente en la leche.



Figura 106. Depósito desaireador. (KRONEX).

Depósito desaireador	
Marca y modelo	Kronex modelo variospin
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable
Caudal máximo (L/h)	60 m ³ /h

Potencia	37 kW
Dimensiones	(1,8 x 1,2 x 4 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 66. Características técnicas del depósito desaireador. (KRONEX).

8.3.13. Bomba centrífuga

Se emplea una bomba centrífuga para el transporte de la leche desde el desaireador hasta la homogeneización, ya que son más eficientes en el manejo de líquidos, evitando la reintroducción de aire en el producto.



Figura 107. Bomba centrífuga. (Verderliquids).

Bomba centrífuga	
Marca y modelo	Pump series MCP2
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable AISI 316 L
Caudal máximo (L/h)	120.000 L/h
Viscosidad máxima (cP)	1.000
Presión máxima diferencial (bar)	10
Temperatura máxima	140 °C
Potencia	22 kW
Dimensiones	(0,205 x 0,186 x 0,361 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 67. Características técnicas de la bomba centrífuga. (Verderliquids).

8.3.14. Homogeneizador

El homogeneizador tiene como función principal descomponer las partículas de grasa en la leche en fragmentos más pequeños y distribuirlos de manera uniforme en el líquido, lo que mejora la calidad del producto final.



Figura 108. Homogeneizador. (Tetra Pak).

Homogeneizador	
Marca y modelo	Tetra Pak Homogenizer 300
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable
Presión de trabajo (bar)	200
Caudal máximo (L/h)	20.000 L/h
Potencia	121,57 kW
Dimensiones	(2,07 x 1,74 x 1,98 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 68. Características técnicas del homogeneizador. (Tetra Pak).

8.3.15. Bomba lobular

El traslado de la leche desde el homogeneizador hasta el pasteurizador se lleva a cabo generalmente mediante bombas lobulares.



Figura 109. Bomba lobular. (Verderliques).

Bomba lobular	
Marca y modelo	PACKO ZL
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable AISI 316 L
Caudal máximo (L/h)	100.000 L/h
Viscosidad máxima (cP)	1.000.000
Presión máxima diferencial (bar)	20
Temperatura máxima	150 °C
Potencia	15 kW

Dimensiones	(0,735 x 0,23 x 0,412 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 69. Características técnicas de la bomba lobular. (Verderliquids).

8.3.16. Pasteurizador

La pasteurización se realiza de forma continua utilizando un intercambiador de calor de placas, que cuenta con un sistema CIP integrado para garantizar la limpieza del pasteurizador. Este equipo compacto asegura un tratamiento térmico adecuado al controlar las temperaturas del producto antes y después del proceso de pasteurización. En caso de que el producto no alcance la temperatura requerida, se redirige al depósito de equilibrio para repetir el proceso.



Figura 110. Pasteurizador. (Tetra Pak).

Pasteurizador	
Marca y modelo	Tetra Pak Pasteurizer D
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable
Caudal máximo (L/h)	20.000 L/h
Potencia	7-15 kW
Temperatura de entrada	4°C
Temperatura de pasteurización	72°C
Temperatura del agua caliente	74°C
Tiempo de retención	15 s
Dimensiones	(2,9 x 1,78 x 1,78 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 70. Características técnicas del pasteurizador. (Tetra Pak).

8.3.17. Bomba centrífuga

En esta fase, se emplea una bomba para hacer circular la leche pasteurizada a través de un intercambiador de calor o un sistema de enfriamiento que disminuye gradualmente su temperatura hasta llegar a los 43 °C. Las bombas centrífugas son frecuentemente utilizadas en este proceso, ya que permiten manejar el flujo constante de líquido y son eficientes para controlar el enfriamiento, asegurando que la leche fluya de manera uniforme y continua a través de los intercambiadores de calor.



Figura 111. Bomba centrífuga. (Verderliquids).

Bomba centrífuga	
Marca y modelo	Pump series MCP2
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable AISI 316 L
Caudal máximo (L/h)	120.000 L/h
Viscosidad máxima (cP)	1.000
Presión máxima diferencial (bar)	10
Temperatura máxima	140 °C
Potencia	22 kW
Dimensiones	(0,205 x 0,186 x 0,361 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 71. Características técnicas de la bomba centrífuga. (Verderliquids).

8.3.18. Intercambiador de placas (enfriador)

El proceso de enfriamiento de la leche a 43 grados, que es la temperatura ideal para la fermentación, se realiza utilizando un intercambiador de placas.



Figura 112. Intercambiador de placas. (Tetra Pak).

Intercambiador de placas	
Marca y modelo	Alfa Laval Base10.M10-Mbase 81PL 1 SEC
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable
Caudal máximo (L/h)	100.000 L/h
Potencia	96 kW

Dimensiones	(2,5 x 0,52 x 1,42 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 72. Características técnicas del intercambiador de placas. (Tetra Pak).

8.3.19. Bomba lobular

Se emplea una bomba lobular para trasladar la leche desde el enfriador hasta el tanque de mezcla, en el cual se incorporan los cultivos lácticos diluidos y los aromatizantes.



Figura 113. Bomba lobular. (Verderliques).

Bomba lobular	
Marca y modelo	PACKO ZL
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable AISI 316 L
Caudal máximo (L/h)	100.000 L/h
Viscosidad máxima (cP)	1.000.000
Presión máxima diferencial (bar)	20
Temperatura máxima	150 °C
Potencia	15 kW
Dimensiones	(0,735 x 0,23 x 0,412 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 73. Características técnicas de la bomba lobular. (Verderliques).

8.3.20. Tanque de cultivo bacteriológico

Para asegurar la correcta adición del cultivo fermentativo, se sigue un procedimiento que incluye realizar una dilución previa en una pequeña cantidad de leche. Para esta fase, se emplea un tanque pequeño destinado específicamente a la preparación del cultivo. Se coloca una válvula en la tubería que transporta la leche desde el intercambiador de placas hasta el tanque principal de mezcla, permitiendo desviar un pequeño volumen de leche hacia el tanque de preparación del cultivo. La dilución se lleva a cabo en este tanque, y posteriormente, la mezcla diluida se bombea con una bomba dosificadora al tanque de mezcla, donde se combina con la leche previamente tratada. Este proceso garantiza que el cultivo se distribuya uniformemente en todo el lote de leche tratada, preparándola para la fermentación.



Figura 114. Tanque de cultivo bacteriológico. (JIMEI).

Tanque de cultivo bacteriológico	
Marca y modelo	SSG-10
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable
Capacidad máxima (L)	10.000 L
Potencia	0,6 kW
Diámetro (m)	2,3
Altura (m)	4,05
Diámetro de entrada y salida (mm)	65

Tabla 74. Características técnicas del tanque de cultivo bacteriológico. (JIMEI).

8.3.21. Depósito de aromas

El tanque de aromas juega un papel clave en la producción de yogures, ya que es crucial para la creación de los sabores característicos del producto final. Este tanque contiene las sustancias aromatizantes necesarias para dar el sabor deseado. Durante el proceso de fabricación, se dosifica el contenido del tanque de aromas y se agrega de manera precisa a la mezcla en otro tanque. Este paso garantiza que los yogures adquieran sus sabores distintivos de forma controlada y consistente, lo que asegura la calidad y la uniformidad del producto.



Figura 115. Depósito de aromas. (Schaffer).

Depósito de aromas	
Marca y modelo	Schafer container systems
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable
Capacidad máxima (L)	1.000
Potencia	0,66 kW
Dimensiones	(1,96 x 0,9 m) Largo x Ancho

Tabla 75. Características técnicas del depósito de aromas. (Schafer).

8.3.22. Bomba dosificadora

Una vez finalizada la pasteurización y enfriada la leche a la temperatura ideal para la inoculación de los cultivos, que ronda los 43°C, se transferirá a los tanques de mezcla. En estos tanques, se realizará la inyección del cultivo diluido y la incorporación de los aromas necesarios. Este paso es crucial para conferir el sabor y permitir la fermentación de la leche.



Figura 116. Bomba dosificadora. (DOSTEC).

Bomba dosificadora	
Marca y modelo	Dostec 50
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable
Caudal máximo (L/h)	1.200
Potencia	0,37 kW
Dimensiones	(0,392 x 0,224 x 0,44 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 76. Características técnicas de la bomba dosificadora. (DOSTEC).

8.3.23. Tanque de mezcla

En esta etapa, se llevará a cabo la mezcla, que incluye la dilución con el cultivo fermentativo y la incorporación del aromatizante. Para evitar interrupciones en el proceso de producción, por si algún día por cualquier circunstancia no hay suministro de leche, se emplearán dos tanques. Mientras el primer tanque se vacía y la mezcla se envía a la sección de envasado, el flujo constante de leche enfriada se dirigirá al segundo tanque. Esta estrategia asegura un flujo continuo y eficiente de la producción.



Figura 117. Tanque de mezcla. (JIMEI).

Tanque de mezcla	
Marca y modelo	SSG-15
Número de unidades	2
Material	Acero inoxidable
Capacidad máxima (L)	25.000 L
Potencia	3 kW
Diámetro (m)	2,7
Altura (m)	4,45
Diámetro de entrada y salida (mm)	65

Tabla 77. Características técnicas del tanque de mezcla. (JIMEI).

8.3.24. Bomba lobular

Se emplearán bombas lobulares para trasladar la leche junto con la mezcla hacia el área de envasado.



Figura 118. Bomba lobular. (Verderliquids).

Bomba lobular	
Marca y modelo	PACKO ZL
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable AISI 316 L
Caudal máximo (L/h)	100.000 L/h
Viscosidad máxima (cP)	1.000.000
Presión máxima diferencial (bar)	20
Temperatura máxima	150 °C
Potencia	15 kW

Dimensiones	(0,735 x 0,23 x 0,412 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 78. Características técnicas de la bomba lobular. (Verderliquids).

8.4. Maquinaria de las operaciones específicas del proceso de envasado

8.4.1. Envasadora

Esta máquina automática para llenar y sellar vasos está pensada para procesar diversos tipos de envases y llenar productos alimenticios como yogur, leche, ensaladas, zumos, entre otros. Es capaz de realizar de manera automática tareas como la carga de tazas, el llenado, el taponado, el sellado, la impresión de la fecha y el embalaje.



Figura 119. Envasadora. (JIMEI).

Envasadora	
Marca y modelo	DGD-600F
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable
Capacidad de procesamiento	180.000 tarrinas/h
Modo de operación	Escalador lineal
Tipo de vaso	Vaso de plástico, vaso de papel
Tapón	Tapa de plástico, film de aluminio
Potencia total	18 kW
Potencia operativa	10 kW
Presión del aire operativa	0,7 MPa
Consumo de aire	25 L/s
Peso	6.000 kg
Dimensiones	(9,3 x 3,75 x 4 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 79. Características técnicas de la envasadora. (JIMEI).

8.4.2. Transportador de rodillos

Una vez envasado el yogur en las tarrinas, debe ser paletizado antes de ser enviado a la cámara de incubación. Para trasladar el producto hasta la encajadora, se requiere un transportador de rodillos.



Figura 120. Transportador de rodillos (CODIMAR).

Transportador de rodillos	
Marca y modelo	R10 Transportadores de rodillos motorizados por bucle de cadena serie ligera
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable
Velocidad de transporte	8-35 m/min
Potencia	2 kW
Dimensiones	(4 x 0,5 x 1 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 80. Características técnicas del transportador de rodillos. (CODIMAR).

8.4.3. Encajadora

La encajadora es una máquina empleada en procesos industriales, como la producción de yogur, para realizar de forma eficiente y automatizada la tarea de colocar los packs de yogur en cajas. Tras el proceso de envasado, la encajadora recoge los packs individuales y los organiza de manera ordenada en las cajas de embalaje. Esta automatización no solo aumenta la velocidad del proceso, sino que también asegura una disposición uniforme y ordenada de los productos, lo que facilita su manipulación, transporte y almacenamiento.

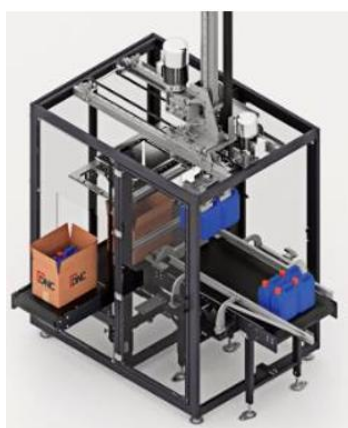


Figura 121. Encajadora (ZENIT).

Encajadora	
Marca y modelo	ZENIT- Encajadora automática
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable
Potencia	4,8 kW
Número de cajas formadoras	27 cajas/min
Dimensiones	(1,75 x 1,3 x 3,8 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 81. Características técnicas de la encajadora. (ZENIT).

8.4.4. Paletizadora

Una vez que los packs de yogur son colocados en cajas por la encajadora, el siguiente paso del proceso es trasladar esas cajas a una paletizadora. La función principal de la paletizadora es organizar las cajas sobre palés de manera ordenada, formando columnas que optimizan el manejo, transporte y almacenamiento de los productos envasados.

Es relevante mencionar que las cajas llevan en su exterior información identificativa de los lotes, como números de lote, fechas de producción y otros datos importantes para el control y seguimiento de la calidad. La identificación por lotes es clave para garantizar la trazabilidad de los productos, lo que facilita la gestión de inventarios, la localización de productos específicos y la resolución de posibles problemas de calidad.



Figura 122. Paletizadora. (CERMEX).

Paletizadora	
Marca y modelo	Palpack 3300 Paletizador de capas monolínea
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable
Potencia	4,8 kW
Velocidad de paletización	1.600 cajas/h
Dimensiones	(3 x 2,5 x 2,5 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 82. Características técnicas de la paletizadora. (CERMEX).

8.4.5. Transportador de palés a ras de suelo

Una vez que las cajas han sido dispuestas sobre los palés por la paletizadora, los palés cargados son transportados hacia la flejadora a través de un transportador de rodillos. Este sistema de transporte permite un desplazamiento fluido y eficiente de los palets a lo largo de la línea de producción.



Figura 123. Transportador de palés a ras de suelo. (Mecalux).

Transportador de palés	
Marca y modelo	R10 Transportadores de rodillos motorizados
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable
Velocidad de transporte	10-20 m/min
Potencia	2,5 kW
Requisitos	Europalé (1,2 x 0,8 x 0,144)
Peso máximo de carga	1.500 kg
Dimensiones	(3 x 1 x 0,1 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 83. Características técnicas del transportador de palés. (Mecalux).

8.4.6. Enfardadora

Los palés provenientes de la paletizadora se dirigen hacia la enfardadora para ser envueltos en film. La enfardadora es una máquina equipada con un sistema giratorio en la parte superior, que incluye un rollo de film. Al llegar un palé a la enfardadora, la máquina se detiene y comienza el proceso de envolver el palé con el film. Este mecanismo giratorio cubre el palé con el film, asegurando las cajas en su lugar durante el transporte y almacenamiento. El film proporciona una capa protectora, otorgando estabilidad al conjunto de cajas y protegiéndolas de factores como el polvo, la humedad y posibles daños.



Figura 124. Enfardadora. (EF-PACK).

Enfardadora	
Marca y modelo	RRM4500
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable
Producción	90 palés/h
Potencia	12 kW
Requisitos	Europalé (1,2 x 0,8 x 0,144)
Peso máximo de carga	1.500 kg
Dimensiones	(3 x 2,5 x 4,2 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 84. Características técnicas de la enfardadora. (EF-PACK).

8.5. Maquinaria de las operaciones específicas del proceso de limpieza

8.5.1. Equipo CIP

Este sistema automatizado facilita la limpieza y desinfección de forma eficiente y controlada, sin necesidad de desmontar los equipos, lo que ahorra tiempo y reduce el esfuerzo en comparación con la limpieza manual. El equipo CIP es esencial para asegurar la seguridad alimentaria y mantener la calidad de los productos.



Figura 125. Equipo CIP. (Tetra Pak).

Equipo CIP	
Marca y modelo	Tetra Pak CIP unit P
Número de unidades	1
Material	Acero inoxidable
Potencia	6-17 kW
Dimensiones	(4,3 x 2 x 2,2 m) Largo x Ancho x Alto

Tabla 85. Características técnicas del equipo CIP. (Tetra Pak).

8.6. Resumen de la maquinaria

Maquinaria	Dimensiones	Potencia	Unidades
Bomba centrífuga	(0,205 x 0,186 x 0,361 m) Largo x Ancho x Alto	22 kW	8
Filtro			1
Depósito desaireador	(1,8 x 1,2 x 4 m) Largo x Ancho x Alto	37 kW	1
Caudalímetro	(0,2 x 0,1 m) Largo x Ancho	1 kW	1
Centrífuga clarificadora	(1,618 x 1,207 x 1,487 m) Largo x Ancho x Alto	22 kW	1
Intercambiador de placas (termización)	(2,5 x 0,52 x 1,42 m) Largo x Ancho x Alto	96 kW	1
Intercambiador de placas (frío)	(2,5 x 0,52 x 1,42 m) Largo x Ancho x Alto	96 kW	3
Depósito almacenamiento	Altura (4,45 m) Diámetro (2,7 m)	3 kW	2
Desnatadora	(1,7 x 1,05 x 1,78 m) Largo x Ancho x Alto	30 kW	1
Estandarizadora	(0,83 x 0,8 x 2 m) Largo x Ancho x Alto	0,5 kW	1
Bomba lobular	(0,735 x 0,23 x 0,412 m) Largo x Ancho x Alto	15 kW	6
Mezclador de corte alto	(2,85 x 1,5 x 2,8 m) Largo x Ancho x Alto	39,8 kW	1
Homogeneizador	(2,07 x 1,74 x 1,98 m) Largo x Ancho x Alto	121,57 kW	1
Pasteurizador	(2,9 x 1,78 x 1,78 m) Largo x Ancho x Alto	7-15 kW	1

Tanque de cultivo	Altura (4,05) Diámetro (2,3)	0,6 kW	1
Depósito de aromas	(1,96 x 0,9 m) Largo x Ancho	0,66 kW	1
Bomba dosificadora	(0,392 x 0,224 x 0,44 m) Largo x Ancho x Alto	0,37 kW	1
Tanque de mezcla	Altura (4,45) Diámetro (2,7)	3 kW	2
Envasadora	(9,3 x 3,75 x 4 m) Largo x Ancho x Alto	18 kW	1
Transportador de rodillos	(4 x 0,5 x 1 m) Largo x Ancho x Alto	2 kW	1
Encajadora	(1,75 x 1,3 x 3,8 m) Largo x Ancho x Alto	4,8 kW	1
Paletizadora	(3 x 2,5 x 2,5 m) Largo x Ancho x Alto	4,8 kW	1
Transportador de palés	(3 x 1 x 0,1 m) Largo x Ancho x Alto	2,5 kW	1
Enfardadora	(3 x 2,5 x 4,2 m) Largo x Ancho x Alto	12 kW	1
Depósito de nata	(1,84 x 2,32 x 2,39 m) Largo x Ancho x Alto	10 kW	5
Equipo CIP	(4,3 x 2 x 2,2 m) Largo x Ancho x Alto	6-17 kW	1

Tabla 86. Resumen de la maquinaria. (Elaboración propia).

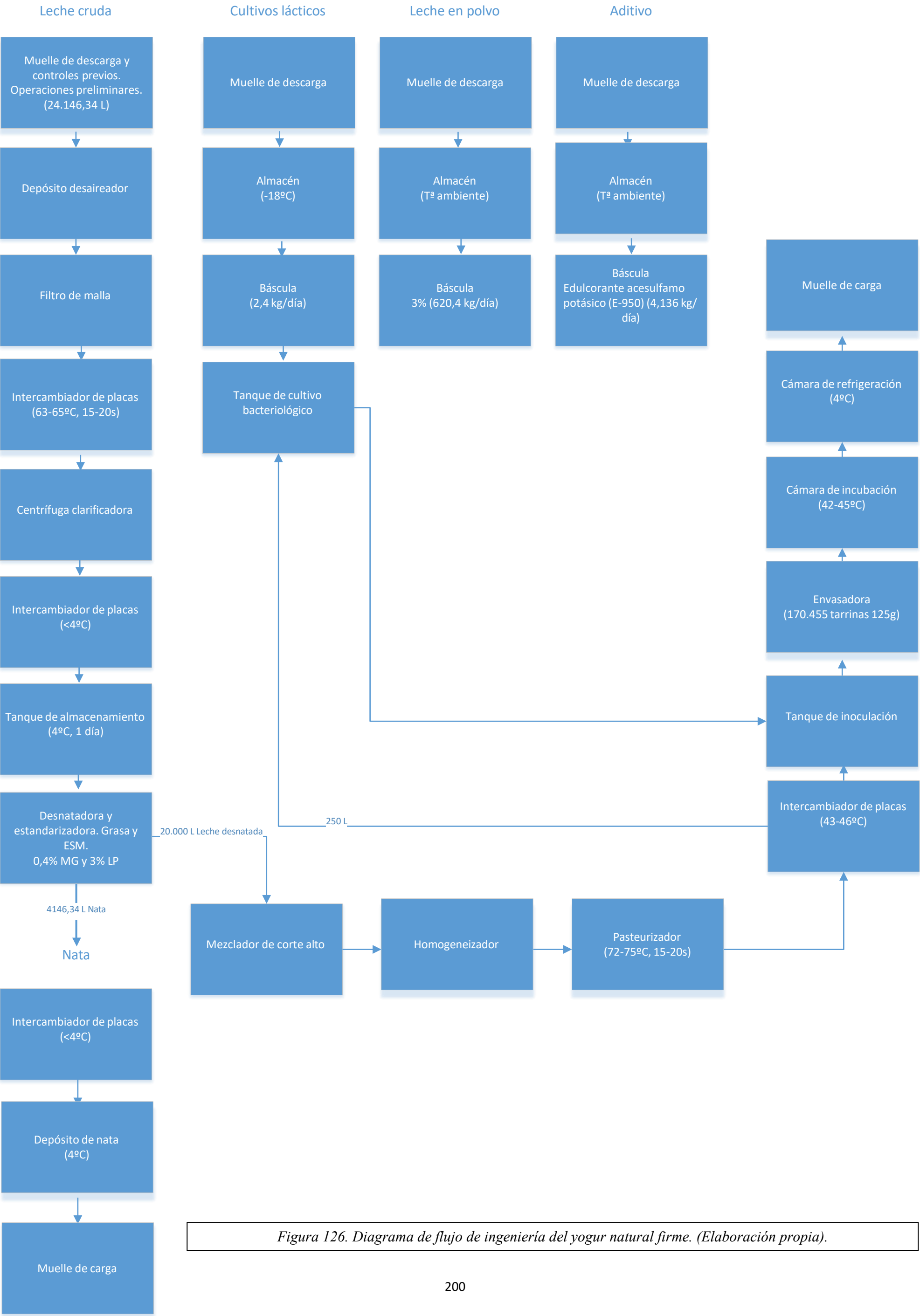


Figura 126. Diagrama de flujo de ingeniería del yogur natural firme. (Elaboración propia).

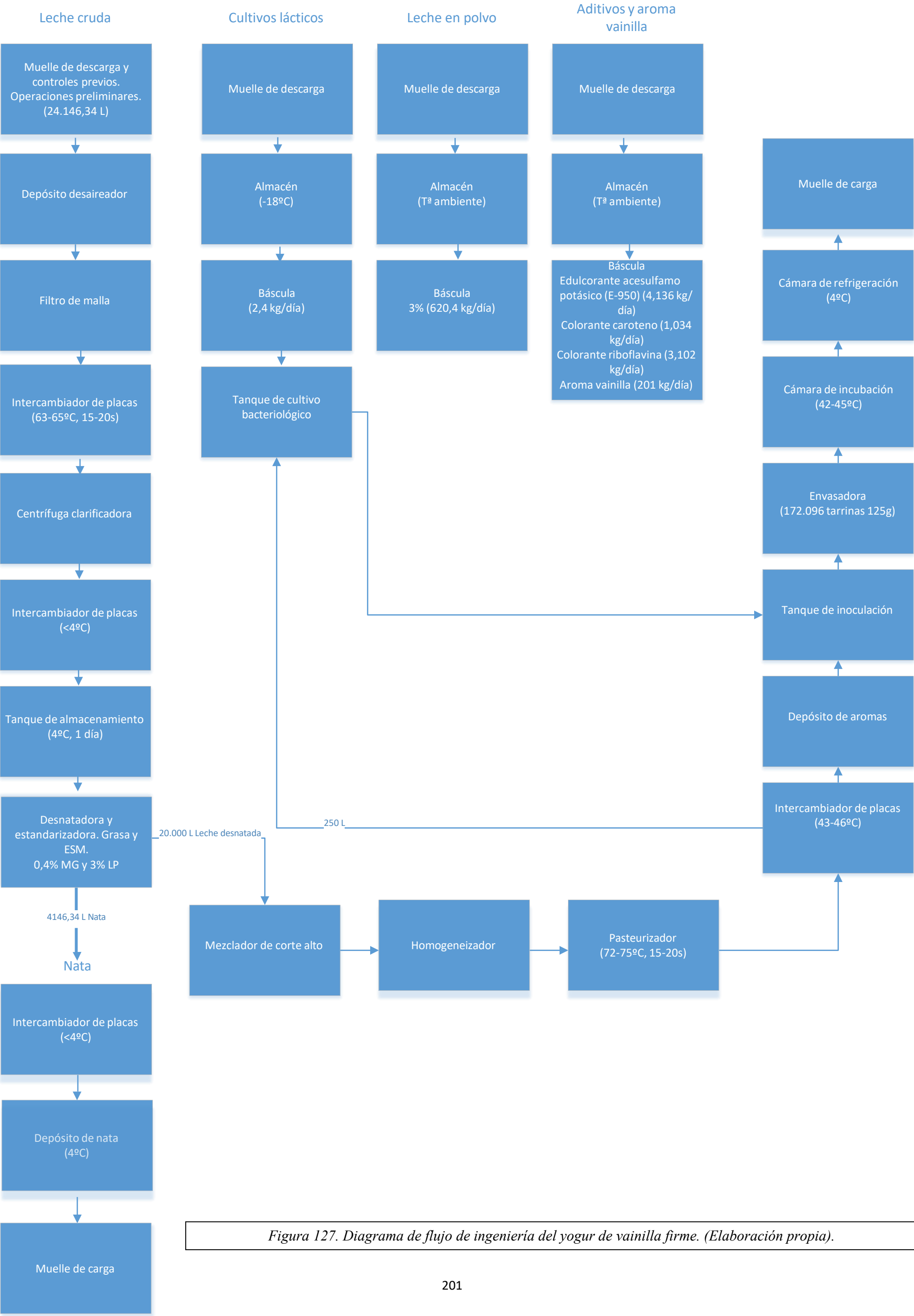


Figura 127. Diagrama de flujo de ingeniería del yogur de vainilla firme. (Elaboración propia).

9. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

El objetivo de este punto es definir con precisión todas las áreas de la industria y determinar la distribución más adecuada de la planta para optimizar el uso del espacio. La intención principal es diseñar una distribución que minimice los costes, reduzca los tiempos entre los procesos e incremente la seguridad en las zonas de trabajo.

Para lograr la distribución óptima de las diferentes áreas, en los departamentos que cuenten con maquinaria se considerará tanto el espacio que ocupa la propia máquina como el espacio adicional necesario alrededor de ella para llevar a cabo tareas de limpieza y manipulación.

Para determinar esta distribución y realizar los cálculos y la delimitación de las áreas funcionales, se requiere una justificación, la cual se logra utilizando el método S.L.P. (Systematic Layout Planning) desarrollado por Richard Muther. En las áreas que no cuenten con maquinaria, se tomará en cuenta la bibliografía específica sobre distribución de plantas, como el libro *El arte de proyectar arquitectura* de Neufert.

El método S.L.P. ofrece un enfoque estructurado para identificar, evaluar y representar todos los elementos involucrados en la distribución, los cuales se utilizarán para diseñar la planta de producción de yogur enriquecido con probióticos, partiendo de 20.000 litros de leche desnatada.

9.1. Objetivos de la distribución en planta

Los objetivos principales de la distribución en planta se pueden resumir en los siguientes puntos:

1. Integración de todos los factores relevantes: La distribución debe ser la más adecuada para integrar de manera eficiente a las personas, materiales, maquinaria, actividades auxiliares y cualquier otro factor involucrado.
2. Reducción de retrasos en la producción: Se busca disminuir los tiempos de retraso, los materiales en proceso, el tiempo de fabricación y el trabajo administrativo.
3. Minimización de distancias en el movimiento de materiales: El objetivo es que las distancias recorridas por los materiales entre las operaciones sean las más cortas posibles.
4. Flujo ordenado de trabajo: Es fundamental organizar el flujo de trabajo dentro de la planta, asegurando que las áreas de trabajo se dispongan de manera que cada operación o proceso siga el mismo orden en que los materiales se transforman, tratan o ensamblan.
5. Uso eficiente del espacio disponible: Se debe aprovechar al máximo el espacio tanto en sentido horizontal como vertical.

6. Satisfacción y seguridad de los empleados: Garantizar la seguridad de los trabajadores mediante la implementación de protocolos de prevención de riesgos laborales.
7. Flexibilidad en la organización: Lograr una disposición que permita ajustes fáciles y económicos, facilitando futuras modificaciones o ampliaciones de los espacios de trabajo.

9.2. Principios básicos de la distribución en planta

De igual manera, deben verificarse los principios que forman parte del método, los cuales se enumeran a continuación:

1. Principio de la integración de conjunto: La distribución más efectiva es la que logra integrar las actividades auxiliares y otros factores de manera que se alcance el mejor equilibrio entre todas las partes involucradas.
2. Principio de la mínima distancia recorrida: Es preferible una distribución que minimice la distancia que deben recorrer los materiales, reduciendo así el tiempo y esfuerzo necesario para su movimiento.
3. Principio de la circulación o flujo de materiales: La distribución ideal es aquella que organiza los espacios según el orden lógico del proceso productivo, facilitando un flujo eficiente de materiales.
4. Principio de espacio cúbico: Este principio enfatiza la necesidad de utilizar de manera eficiente todo el espacio disponible, no solo en términos de superficie, sino también aprovechando la altura o volumen para maximizar la capacidad de almacenamiento.
5. Principio de satisfacción y de seguridad: Una distribución efectiva es aquella que, bajo las mismas condiciones, hace que el trabajo sea más satisfactorio y seguro para los trabajadores.
6. Principio de la flexibilidad: La distribución más eficaz será aquella que pueda ajustarse o reorganizarse con facilidad, reduciendo costes e inconvenientes cuando sea necesario realizar modificaciones.

Lograr una buena distribución en planta ofrece diversas ventajas, entre las que se incluyen: reducción de la distancia entre materiales, herramientas y trabajadores; circulación más eficiente y adecuada del personal, materiales, maquinaria y productos terminados; uso eficiente del espacio asignado a cada actividad; aumento de la seguridad para los trabajadores y reducción de accidentes; disminución del tiempo necesario para la elaboración del producto; etc.

9.3. Tipos de distribución en planta

Existen tres modelos principales de distribución en planta para sistemas de producción:

1. Distribución por posición fija

En este tipo de distribución, el material permanece en un lugar constante, y son los trabajadores y las máquinas los que se desplazan hacia él. Los puestos de trabajo se organizan de manera temporal alrededor del elemento o conjunto que se va a elaborar. Esta modalidad de distribución es comúnmente utilizada en proyectos de construcción o en montajes directos en el sitio de trabajo.

2. Distribución por proceso

En este modelo, las operaciones se agrupan en áreas específicas, según la función que cada una realiza. Es decir, las actividades que forman parte de un mismo proceso se llevan a cabo dentro de un mismo sector. El material se traslada de un punto a otro dentro de una misma zona o entre diferentes zonas, siguiendo una ruta variable, y cada etapa de trabajo es independiente de las demás. Este tipo de distribución se emplea comúnmente en fábricas.

3. Distribución por producto

En este caso, el material se mueve a través de una secuencia continua de operaciones. Los trabajadores y las máquinas se distribuyen a lo largo de la ruta que sigue el material, desde la recepción de las materias primas hasta la producción del producto final. Este tipo de distribución es típico en las líneas de ensamblaje o producción en cadena, siendo el más adecuado para la industria. Es especialmente útil para la producción masiva de unidades similares o con una demanda constante.

A continuación, se describen las principales ventajas y desventajas de implementar este tipo de distribución para la fabricación y tratamiento de productos:

Ventajas: reducción de la manipulación de materiales; disminución del tiempo entre el inicio del proceso y la obtención del producto final, así como las inversiones en equipos y materiales; menor cantidad de material en proceso; uso más eficiente de la mano de obra, ya sea por especialización, mayor facilidad de capacitación o mayor disponibilidad de personal; facilidad para controlar la producción, gestionar a los empleados y resolver problemas interdepartamentales; reducción de la congestión y menor espacio ocupado en el suelo; etc.

Desventajas: mayor necesidad de inversión inicial; menor flexibilidad; el diseño y la implementación pueden ser complejos; el ritmo de producción depende de la máquina más lenta; las averías en equipos pueden afectar todo el proceso; puede haber tiempos muertos en algunos puestos de trabajo; etc.

9.4. Método SLP

El método SLP (Systematic Layout Planning), conocido como "Planificación Sistemática de Distribución en Planta," es una técnica empleada para diseñar y mejorar la disposición física de una instalación industrial o cualquier otro tipo de espacio de trabajo. Este enfoque busca optimizar la ubicación de las áreas de trabajo, maquinaria, equipos, estaciones de trabajo y otros elementos dentro de una planta o espacio, con el fin de mejorar la eficiencia operativa, aumentar la productividad y garantizar la seguridad. En la figura 128 se presentan los pasos a seguir:

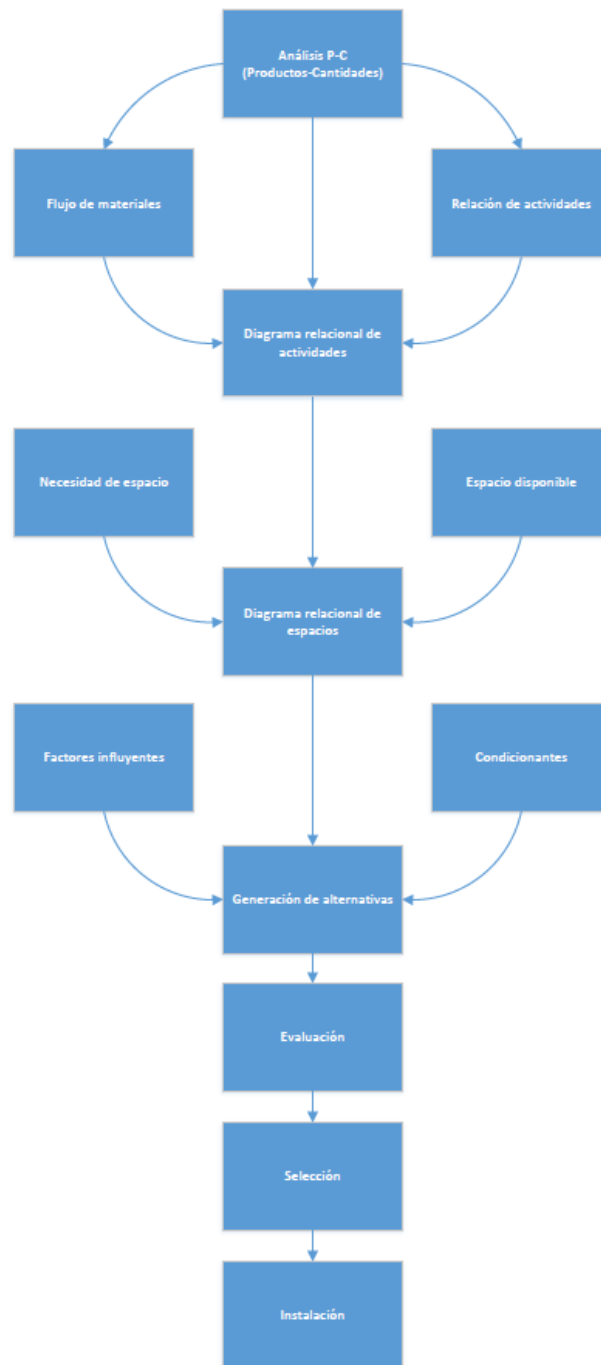


Figura 128. Esquema general del método SLP. (Elaboración propia).

1. Análisis Producto-Cantidad

En esta fase, se analiza cuidadosamente los tipos de productos que se planea fabricar y la cantidad de los mismos. Esto incluye:

- Determinar los tipos de yogur a producir: primero, es necesario definir los diferentes tipos de yogur que se desean elaborar. Esto puede incluir, por ejemplo, yogur natural, yogur con sabores (como el de vainilla en este caso), entre otros.
- Establecer la cantidad total de yogur a producir: en este paso, se decide la cantidad total de yogur que se quiere producir en un período determinado, como puede ser un día, una semana o un mes.
- Calcular la cantidad de ingredientes por lote: para saber cuántos ingredientes se requieren, es importante calcular la cantidad necesaria por cada lote de producción. Esto implica tener en cuenta la fórmula específica para cada tipo de yogur. Por ejemplo, el yogur natural requerirá leche, edulcorantes, conservantes, leche en polvo y cultivos de bacterias lácticas. En el caso del yogur de vainilla, se añadirán, además, aromas y colorantes.
- Determinar la cantidad de lotes necesarios: divide la cantidad total de yogur que deseas producir entre la cantidad de yogur que se obtiene de un solo lote. Esto te indicará cuántos lotes deberás fabricar para alcanzar la producción deseada.
- Controlar el inventario: es fundamental llevar un registro preciso de los niveles de inventario de los ingredientes para asegurarse de contar con suficiente materia prima para la producción planificada.

Toda esta información ya ha sido detallada previamente en el punto 6: "*Caracterización de materias primas y productos auxiliares*".

2. Análisis del recorrido de los productos (Flujo de producción y/o materiales)

En esta etapa, se analiza cómo los ingredientes y productos avanzan a lo largo de las distintas fases del proceso de producción del yogur. Se elabora un diagrama de flujo que muestra cómo la leche y los demás ingredientes se convierten en yogur a medida que pasan por etapas como la pasteurización, el envasado, la fermentación y la refrigeración. Este análisis es útil para identificar posibles inconvenientes en el flujo de producción y para optimizarlo, mejorando así tanto la eficiencia como la calidad del producto.

3. Análisis de las relaciones entre actividades

Este paso se enfoca en comprender las interrelaciones entre las diversas actividades requeridas para la producción de yogur. Se identifican las actividades clave y se determinan las relaciones de precedencia, es decir, cuáles deben completarse antes de que otras puedan iniciarse. Este análisis es crucial para planificar correctamente el orden de trabajo y asegurar que el proceso se desarrolle de manera fluida.

4. Desarrollo del diagrama de las relaciones entre actividades

La información recopilada hasta el momento, que incluye tanto las relaciones entre las actividades como la importancia de la proximidad entre ellas, se presenta en el diagrama relacional de actividades. Este diagrama tiene como objetivo mostrar la ordenación topológica de las actividades basándose en la información disponible. En este gráfico, los departamentos que acogen las actividades no tienen dimensiones específicas ni una forma definida.

El diagrama es un grafo en el que las actividades se representan mediante nodos conectados por líneas. Estas líneas indican la intensidad de la relación entre las actividades (A, E, I, O, U, X). Posteriormente, el diagrama se ajusta mediante un proceso de prueba y error, buscando reducir al máximo el número de cruces entre las líneas que representan las relaciones entre las actividades, especialmente aquellas de mayor intensidad relacional. El objetivo es lograr distribuciones en las que las actividades con un mayor flujo de materiales estén lo más cerca posible, cumpliendo con el principio de mínima distancia recorrida, y en las que la secuencia de actividades siga un orden similar al utilizado en el tratamiento, elaboración o montaje de los materiales (principio de circulación o flujo de materiales).

En este trabajo, para mayor comodidad en la elaboración, en lugar de un diagrama se empleará una tabla.

5. Análisis de necesidades y disponibilidad de espacio

Se determina el espacio físico necesario para realizar las actividades del proceso de producción de yogur. Se revisa si el área disponible en el lugar de producción cumple con los requisitos y normativas pertinentes para asegurar tanto la seguridad como la eficiencia en la producción.

6. Desarrollo del diagrama relacional de espacios

En esta etapa, se elabora un diagrama que ilustra cómo se distribuirán y asignarán las diversas áreas de trabajo y equipos dentro del espacio disponible. El diagrama relacional de espacios es similar al diagrama relacional de actividades, pero en este caso, los símbolos que representan cada actividad se muestran a escala, de manera que el tamaño de cada uno sea proporcional al área requerida para llevar a cabo la actividad.

7. Evaluación de las alternativas de distribución de conjunto e implementación de la más óptima

Se desarrollan varias opciones de diseño para la distribución del espacio, considerando diferentes configuraciones de equipos y áreas de trabajo. Cada opción se evalúa según criterios como la eficiencia operativa, la seguridad, la accesibilidad y el cumplimiento de las normativas. Al final, se elige la alternativa que mejor cumple con los objetivos de producción y calidad.

9.4.1. Análisis Producto-Cantidad

En primer lugar, es necesario definir qué se produce y en qué cantidad, utilizando como herramienta el gráfico Producto-Cantidad. Este gráfico muestra, en el eje vertical, las cantidades de cada producto, y en el eje horizontal, se definen los productos en orden de relevancia para la producción. En este sentido, la leche cruda se recibe de forma diaria (excepto los lunes), procesándose una cantidad de 25.000 litros al día. Por otro lado, los componentes minoritarios como los cultivos lácteos, leche en polvo, edulcorantes, aroma y colorantes se reciben los lunes para cubrir las necesidades semanales.

La intención detrás de este gráfico es no solo categorizar los productos en función de su importancia, sino también visualizar las cantidades necesarias para cumplir con las demandas de producción de la planta.

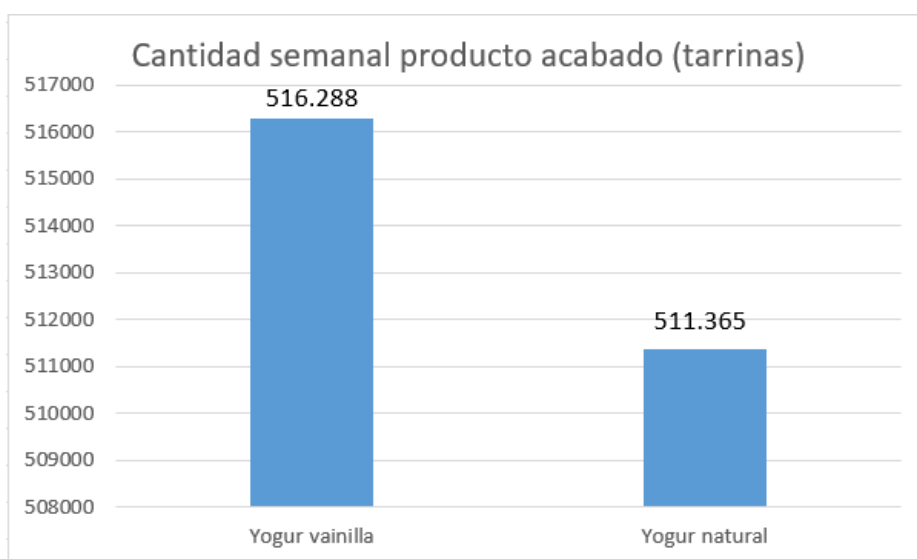


Figura 129. Análisis Producto-Cantidad de las tarrinas de yogures. (Elaboración propia).

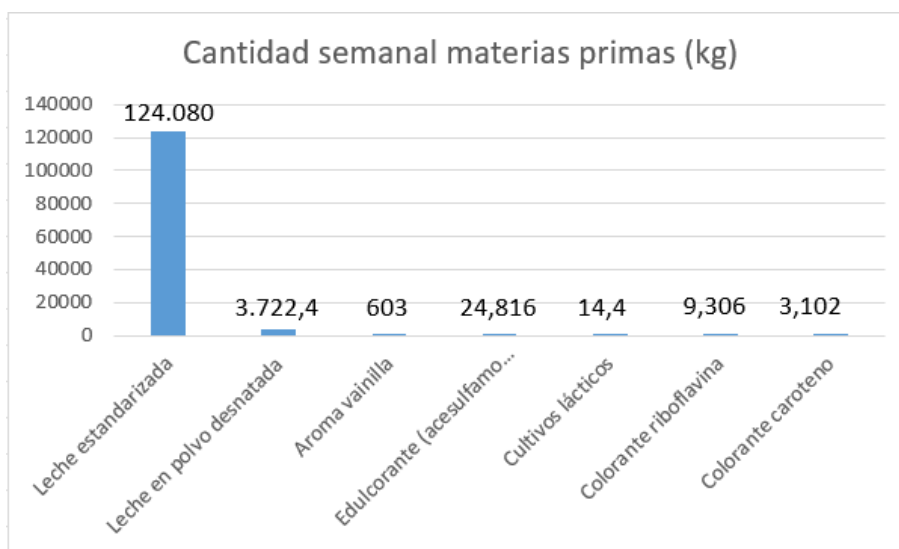


Figura 130. Análisis Producto-Cantidad de las materias primas. (Elaboración propia).

9.4.2. Análisis del recorrido de los productos (Flujo de producción y/o materiales)

Para representar el movimiento de materiales en la industria, se utiliza un diagrama de flujo que refleja las diferentes operaciones involucradas en el proceso de producción.

Dicho diagrama de flujo de elaboración de cada uno de los tipos de yogures, ya se ha mostrado en el punto 7: “*Proceso productivo*”. A pesar de ello, se va a volver a representar utilizando la simbología de la ASME (Asociación Estadounidense de Ingenieros Mecánicos) puesto que es la que más se emplea.

A continuación, se presenta la simbología, que se detalla en la Tabla 87.

	OPERACIÓN Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento
	INSPECCIÓN Indica que se verifica la cantidad y/o calidad de algo
	DESPLAZAMIENTO O TRANSPORTE Indica el movimiento de los empleados, el material y equipo de un lugar a otro
	DEPÓSITO PROVISIONAL O ESPERA Indica demora en el desarrollo del proceso
	ALMACENAMIENTO PERMANENTE Indica el depósito de un documento o información dentro de un archivo o un objeto cualquiera en un almacén

Tabla 87. Simbología ASME. (Elaboración propia).

A continuación, se muestra el diagrama de flujo del proceso de producción de yogur utilizando la simbología mencionada.

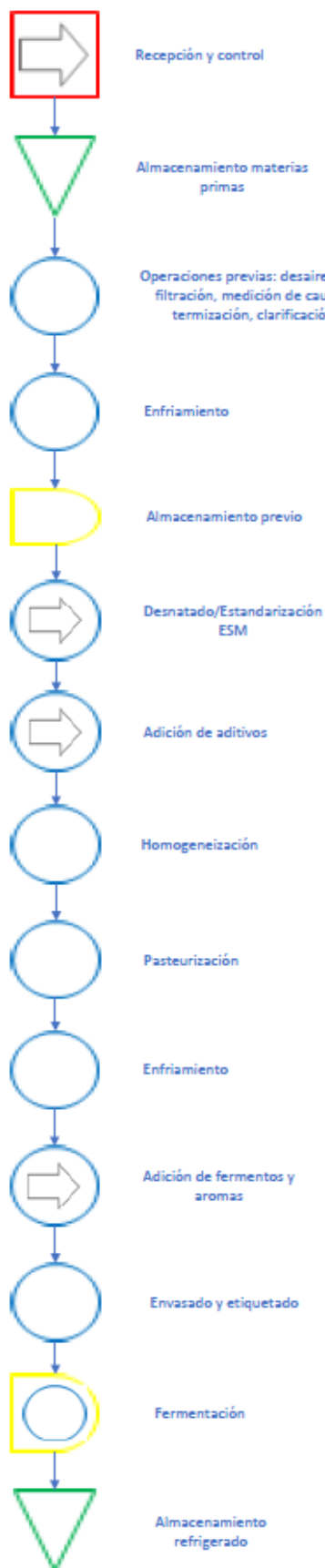


Figura 131. Diagrama del proceso productivo utilizando simbología ASME.
(Elaboración propia).

9.4.3. Identificación de las áreas funcionales

El siguiente paso consiste en reconocer las áreas funcionales para llevar a cabo la producción de yogur, que en las industrias se refieren a divisiones o departamentos especializados en gestionar y ejecutar tareas vinculadas a funciones particulares o actividades clave. De igual manera, se detalla la maquinaria necesaria para cada una de las diferentes áreas.

➤ Área de recepción y operaciones previas

En el área de recepción, se realiza el pesaje del camión frigorífico que transporta la leche, se obtienen las muestras correspondientes para su análisis en el laboratorio, se lleva a cabo el acondicionamiento de la leche (filtración, desaireación, clarificación, termización, enfriamiento) y, finalmente, se almacena la leche.

- Muelle de carga/descarga
- Bomba centrífuga
- Depósito desaireador
- Caudalímetro
- Bomba centrífuga
- Intercambiador de placas
- Bomba centrífuga
- Centrífuga clarificadora
- Intercambiador de placas
- Bomba centrífuga
- 2 depósitos de almacenamiento

➤ Laboratorio (control de calidad)

Las muestras se analizan para determinar las condiciones en las que llega la leche a la industria y verificar que cumpla con las características adecuadas. Se realizan pruebas para medir parámetros como la temperatura, pH, densidad, punto crioscópico, prueba de resazurina, contenido de grasa y proteína, acidez, células somáticas, estabilidad al alcohol, colonias de gérmenes a 30°C, recuento de bacterias y la posible presencia de residuos de antibióticos.

Una vez que el producto está terminado, también se llevan a cabo análisis para evaluar parámetros antes de su comercialización, como la acidez y pruebas microbiológicas, que buscan detectar la presencia de bacterias, hongos y levaduras en el producto.

➤ Área de elaboración de yogur

En este área se lleva a cabo el proceso de transformación de la leche cruda en yogur.

- Bomba centrífuga
- Intercambiador de placas
- Bomba centrífuga

- Desnatadora
- Estandarizadora
- Intercambiador de placas (enfriador de nata)
- Bomba lobular (nata para almacenar)
- Bomba lobular
- Mezclador de corte alto
- Bomba lobular
- Depósito desaireador
- Bomba centrífuga
- Homogeneizador
- Bomba lobular
- Pasteurizador
- Bomba centrífuga
- Intercambiador de placas (enfriador)
- Bomba lobular
- Tanque de cultivo bacteriológico
- Depósito de aromas
- Bomba dosificadora
- 2 tanques de mezcla
- Bomba lobular

➤ Área de envasado

Los yogures se envasan en packs de 6 tarrinas individuales de 125 gramos cada una.

- Envasadora
- Transportador de rodillos
- Encajadora
- Paletizadora
- Transportador de palés
- Enfardadora

➤ Área de incubación

En este área, se almacenan los envases con la mezcla destinada a la producción de yogur firme, los cuales se incuban a una temperatura ideal de 43 °C durante un periodo de 5 horas para permitir su fermentación.

➤ Cámara de refrigeración para el almacenamiento del producto terminado

El producto se almacena en condiciones adecuadas de refrigeración a una temperatura de 4°C antes de su expedición.

➤ Área de expedición

El producto terminado se envía en camiones refrigerados para asegurar que se mantengan las condiciones de refrigeración a lo largo del transporte.

➤ Área de almacenamiento y expedición de nata

El área de almacenamiento cuenta con sistemas de refrigeración adecuados para mantener la nata a temperaturas frías, usualmente entre 2°C y 4°C. Por otro lado, la zona de expedición se encarga de cargar la nata en camiones frigoríficos para su transporte.

- Depósitos de almacenamiento de nata

➤ Área de limpieza CIP

Es un espacio destinado al almacenamiento de un equipo de limpieza, utilizado para la higiene de los equipos de procesamiento en la industria.

- Equipo CIP

➤ Área de oficinas

Zona destinada a realizar las actividades administrativas de la empresa.

➤ Aseos y vestuarios

Zona destinada a que los trabajadores realicen su higiene personal, guarden sus pertenencias y se pongan el uniforme y los zapatos de trabajo.

➤ Área de comedor y zona de descanso

Zona destinada para que los trabajadores puedan comer y descansar durante su jornada laboral.

➤ Área de reuniones

Es un espacio dentro de la empresa u organización destinado a realizar reuniones entre empleados, equipos de trabajo, clientes, proveedores o cualquier grupo que necesite discutir temas relevantes, tomar decisiones o hacer presentaciones.

➤ Almacén de materias primas

En esta zona se guardan las materias primas necesarias para el proceso de producción, como leche en polvo, colorantes, aroma, fermentos lácticos y edulcorante.

➤ Almacén de material de envasado y etiquetado

En esta zona se guardan materiales como envases, cajas y palés.

➤ Almacén de productos de limpieza y desinfección

En esta zona se guardan productos destinados a la limpieza y desinfección.

➤ Sala técnica

La caldera en una industria de yogur se emplea para calentar y esterilizar la leche y otros ingredientes utilizados en la producción del yogur, asegurando la seguridad y calidad del producto final. Además, puede ser utilizada para la calefacción y la limpieza de equipos y envases.

En la sala técnica, los equipos de refrigeración, como el condensador y el compresor, son fundamentales para mantener las condiciones ideales de refrigeración en la cámara de almacenamiento.

Nº	Actividades
1	Área de recepción de materias primas y operaciones previas
2	Área de control de calidad (laboratorio)
3	Área de elaboración de yogur
4	Área de envasado
5	Área de incubación
6	Cámara de refrigeración para el almacenamiento del producto terminado
7	Área de expedición
8	Área de almacenamiento y expedición de nata
9	Área de limpieza CIP
10	Área de oficinas
11	Área de aseos y vestuarios
12	Área de comedor y zona de descanso
13	Área de reuniones
14	Almacén de materias primas
15	Almacén de material de envasado y etiquetado
16	Sala de material de limpieza
17	Sala técnica

Tabla 88. Resumen de las áreas funcionales de la industria. (Elaboración propia).

9.4.4. Desarrollo del diagrama de las relaciones entre actividades

Una vez que identificamos las diversas áreas funcionales dentro de nuestra industria, es importante analizar cuáles de estas mantienen una relación estrecha o dependen significativamente unas de otras. Estas áreas deberán agruparse para mejorar la comunicación y coordinación. Por otro lado, las áreas que no presentan una interacción relevante o una dependencia directa pueden operar de forma más autónoma y, en algunos casos, ubicarse en zonas más distantes. Este enfoque nos permite lograr una distribución más eficiente para la industria. Para llevar a cabo este análisis, utilizamos una tabla relacional que ilustra las conexiones entre las áreas funcionales y la distancia aproximada entre ellas.

En la creación de la tabla relacional, recurrimos a la tabla de proximidad (Tabla 89), donde en lugar de utilizar valores numéricos, se emplean una serie de códigos (como AEIOUX) para representar el grado de proximidad. Además, estos códigos deben ir acompañados de las razones que justifican la aplicación de las relaciones de proximidad, las cuales están detalladas mediante los números que se encuentran en la Tabla 90.

Código	Proximidad
A	Absolutamente necesaria
E	Especialmente necesaria
I	Importante
O	Ordinaria
U	Sin importancia
X	Indeseable

Tabla 89. Código de proximidades. (Elaboración propia).

Relación	Motivo
1	Flujo de materiales
2	Facilidad de supervisión
3	Personal común
4	Conveniencia
5	Molestias, ruidos

Tabla 90. Justificación de las relaciones de proximidad entre áreas. (Elaboración propia).

Existe una fórmula por la cual a partir del número de áreas definidas podemos establecer el número de relaciones existentes. Dicha fórmula es:

$$\text{Relaciones} = \frac{n * (n - 1)}{2}$$

Donde n es el número de áreas, que en nuestro caso son 17, por lo que:

$$\text{Relaciones} = \frac{17 * (17 - 1)}{2} = 136$$

A continuación, se presenta la tabla relacional de actividades de la industria:

ÁREAS	17. Sala técnica	16. Sala de material de limpieza	15. Almacén de material de envasado y etiquetado	14. Almacén de materias primas	13. Área de reuniones	12. Área de comedor y zona de descanso	11. Área de aseos y vestuarios	10. Área de oficinas	9. Área de limpieza CIP	8. Área de almacenamiento y expedición de nata	7. Área de expedición	6. Cámara de refrigeración del producto terminado	5. Área de incubación	4. Área de envasado	3. Área de elaboración de yogur	2. Área de control de calidad	1. Área de recepción de materias primas
1. Área de recepción de materias primas	U	I1	X4	E1	X5	X5	X4	X5	O4	O1	O1	I1	O1	O1	A1	A4	
2. Área de control de calidad	U	I1	U	U	U	U	X4	U	O4	O4	O4	O4	O2	O2	E2		
3. Área de elaboración de yogur	I4	I1	U	E1	U	I3	I4	X5	I4	I1	O1	O4	E4	A1			
4. Área de envasado	U	U	I1	U	U	U	U	U	O4	O1	O1	E1	A1				
5. Área de incubación	I4	U	U	U	U	U	U	U	O4	U	O1	A1					
6. Cámara de refrigeración del producto terminado	I4	U	U	U	U	U	X4	U	U	O1	A1						
7. Área de expedición	U	U	U	U	X5	X5	X4	X5	O4	O1							
8. Área de almacenamiento y expedición de nata	U	U	U	U	X5	X5	X4	X5	U								
9. Área de limpieza CIP	I4	U	U	U	U	U	U	X4	U								
10. Área de oficinas	U	U	U	U	E3	E3	E3										
11. Área de aseos y vestuarios	U	X4	X4	X4	U	E3											
12. Área de comedor y zona de descanso	U	U	U	U													
13. Área de reuniones	U	U	U	U													
14. Almacén de materias primas	U	U	U														
15. Almacén de material de envasado y etiquetado	U	U															
16. Sala de material de limpieza	U																
17. Sala técnica																	

Tabla 91. Tabla relacional de actividades. (Elaboración propia).

El siguiente paso consiste en representar los datos mediante un diagrama. Al crear el diagrama, es importante considerar lo siguiente:

Los distintos símbolos deben conectarse mediante líneas, las cuales variarán en color y en grosor según el código (A, E, I, O, U, X) con el que cada actividad esté asociada.

Código	Proximidad	Tipo de línea
A	Absolutamente necesaria	
E	Especialmente necesaria	
I	Importante	
O	Ordinario	
U	Sin importancia	Sin línea
X	Indeseable	

Tabla 92. Código y tipo de líneas. (Elaboración propia).

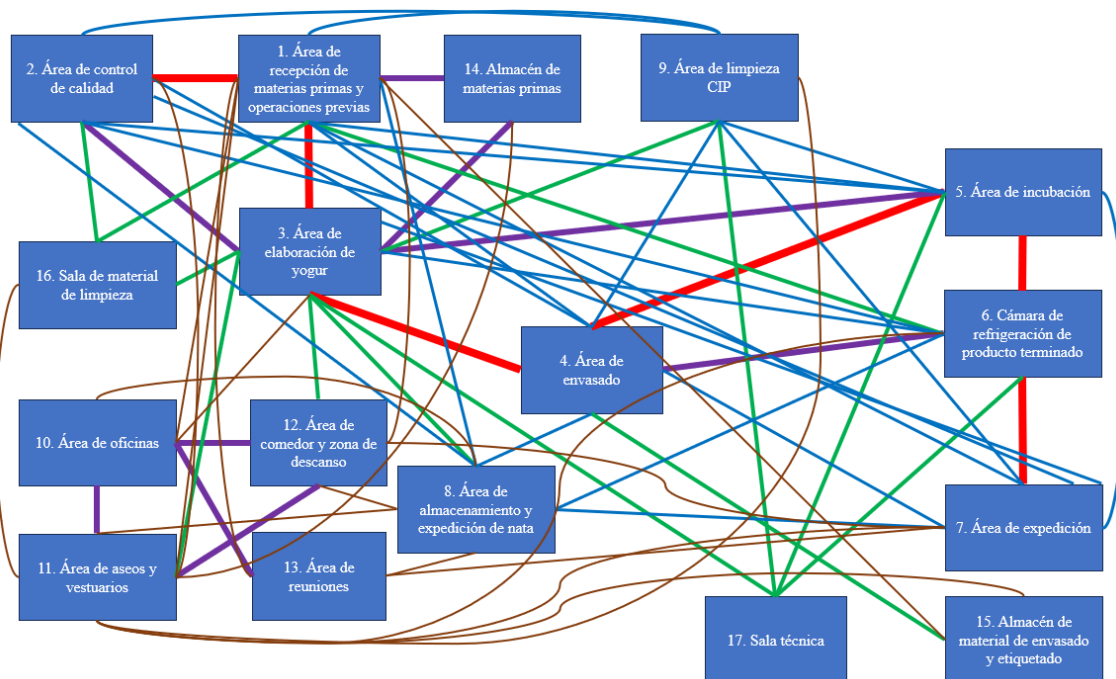


Figura 132. Diagrama relacional de actividades. (Elaboración propia).

9.4.5. Análisis de necesidades y disponibilidad de espacio

Para determinar las áreas requeridas en cada sala de la industria, se utilizará la normativa de distribución espacial para equipos desarrollada por Richard Muther.

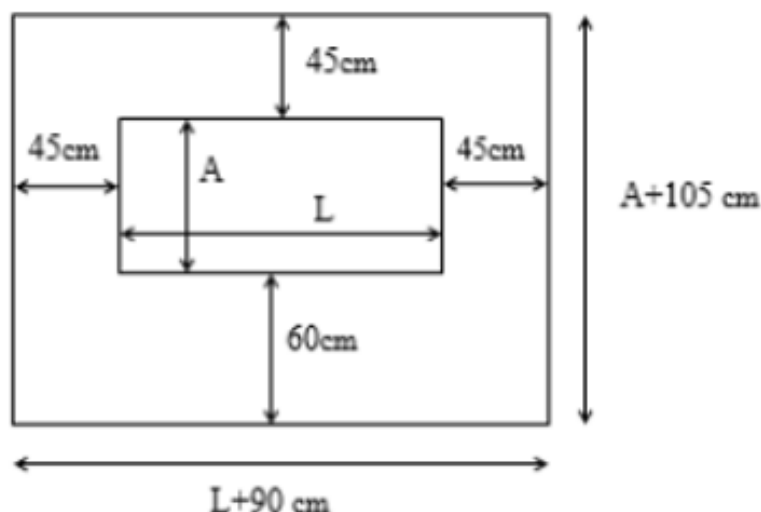


Figura 133. Norma de espacio para la maquinaria de Richard Muther.

Como se observa en la figura 133, la superficie básica corresponde al área mínima ocupada por la maquinaria, y se calcula mediante la fórmula (Largo x Ancho). No obstante, esta área no es suficiente para garantizar un proceso productivo eficiente. Es necesario incorporar un espacio adicional de 45 cm en tres de sus lados para facilitar labores de limpieza y mantenimiento, y agregar 60 cm en el lado destinado al operario. Por lo tanto, el cálculo de la superficie con holgura se realiza con la siguiente fórmula: $(L + 90 \text{ cm}) \times (A + 105 \text{ cm})$.

A continuación, esta superficie se ajusta aplicando un coeficiente de eficiencia. Este coeficiente permite contemplar áreas adicionales que no forman parte directa de las estaciones de trabajo, como pasillos, zonas comunes, salas de reunión, y otros espacios complementarios. Dicho coeficiente representa el grado de eficiencia en el uso del espacio: un valor de 1.0 refleja un aprovechamiento óptimo, sin espacio sobrante; mientras que valores superiores indican la inclusión de áreas adicionales para circulación y servicios compartidos.

- Un coeficiente de 1.8 implica una organización espacial altamente eficiente, donde se privilegian los espacios compartidos y de tránsito en mayor proporción frente a los puestos de trabajo.
- En cambio, un coeficiente de 1.3 sugiere un enfoque menos riguroso, permitiendo un equilibrio entre estaciones de trabajo y espacios comunes, lo que puede derivar en un uso más eficiente del área disponible para los puestos individuales.

La superficie total del área en estudio se obtiene sumando todas las áreas con holgura de cada equipo y multiplicando ese total por el coeficiente (en este caso, 1.3).

Para los sectores que no requieren maquinaria, se toman como referencia los criterios de distribución espacial establecidos en el libro *El arte de proyectar arquitectura*, de Neufert.

9.4.5.1. Superficie necesaria para cada área

1. Zona de recepción y operaciones previas

En el área de recepción, los camiones cisterna descargan leche cruda proveniente de las granjas todos los días, a excepción de los lunes. Esta zona cuenta con un muelle destinado a la carga y descarga.

Adicionalmente, los lunes se reciben allí los pedidos de materias primas requeridas para el proceso de producción. Para permitir una maniobra adecuada de los camiones, es necesario mantener libre una superficie que facilite su estacionamiento.

El camión cisterna utilizado en la industria presenta unas medidas aproximadas de 10,8 metros de largo, 2,5 metros de altura y 3,15 metros de ancho.

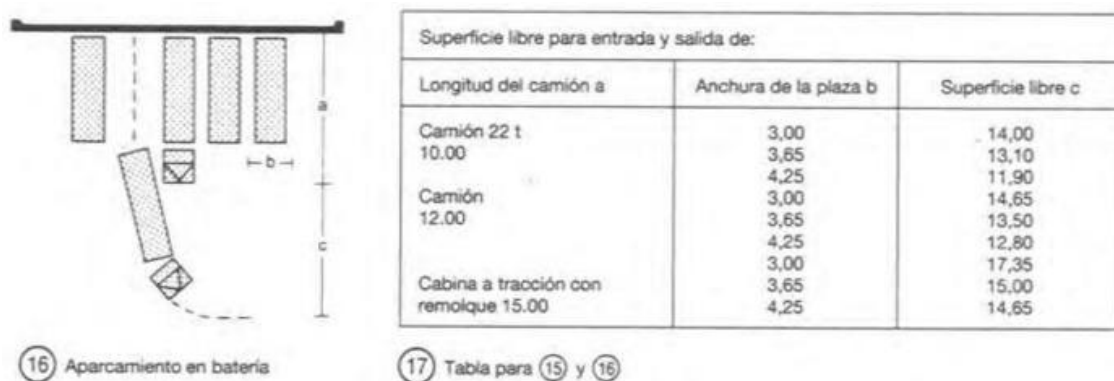


Figura 134. Maniobra de aparcamiento del camión. (Neufert, 1964).

Longitud del camión "a" (m)	Ancho del camión "b" (m)	Espacio libre "c" (m)	Superficie total (m ²)
10,8	3,15	14,65	160,34

Tabla 93. Superficie libre para entrada y salida del camión. (Elaboración propia).

Dado que existe la posibilidad de que ambos camiones coincidan los lunes, se considera el doble del ancho de un camión. Por lo tanto, la superficie estimada es de **160,34 m²**.

Aplicando los criterios establecidos por Richard Muther para la asignación de espacio a la maquinaria.

Unidades (Uds)	Equipos	Dimensiones		S _{Holguera}			σ = 1,3 S _{Total} = Uds* σ* S _{Holguera} (m ²)
		Largo (m)	Ancho (m)	L+0,90 (m)	A+1,05 (m)	S _{Holguera} (m ²)	
4	Bomba centrífuga	0,205	0,186	1,11	1,24	1,38	7,18
1	Depósito desaireador	1,8	1,2	2,7	2,25	6,08	7,9
1	Caudalímetro	0,2	0,1	1,1	1,15	1,27	1,65

1	Centrífuga clarificadora	1,618	1,207	2,52	2,26	5,7	7,41
1	Intercambiador de placas (termización)	2,5	0,52	3,4	1,57	5,34	6,94
1	Intercambiador de placas (frío)	2,5	0,52	3,4	1,57	5,34	6,94
2	Depósito de almacenamiento	2,65	2,65	3,55	3,7	13,14	34,16
TOTAL							72,18

Tabla 94. Superficie requerida por los equipos de operaciones previas. (Elaboración propia).

La zona de recepción y operaciones previas tienen una superficie total de $(160,34 \text{ m}^2 + 72,18 \text{ m}^2) = 232,52 \text{ m}^2$.

2. Laboratorio

El laboratorio cuenta con el equipamiento requerido para llevar a cabo el control de calidad tanto de las materias primas recibidas por la planta como del producto terminado. Este espacio tendrá unas dimensiones de 4 x 7 m, lo que representa una superficie total de **28 m²**.

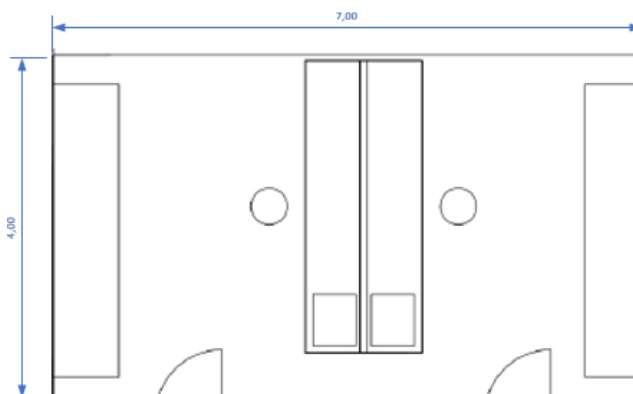


Figura 135. Dimensiones del laboratorio. (Elaboración propia adaptado de Moreno Rua, 2024).

3. Zona de elaboración de yogur

Unidades (Uds)	Equipos	Dimensiones		S _{Holgura}			$\sigma = 1,3$
		Largo (m)	Ancho (m)	L+0,90 (m)	A+1,05 (m)	S _{Holgura} (m ²)	S _{Total} = Uds* σ^* S _{Holgura} (m ²)
4	Bomba centrífuga	0,205	0,186	1,11	1,24	1,38	7,18
1	Intercambiador de placas (termización)	2,5	0,52	3,4	1,57	5,34	6,94
1	Desnatadora	1,7	1,05	2,6	2,1	5,46	7,1
1	Estandarizadora	0,83	0,8	1,73	1,85	3,2	4,16
2	Intercambiador de placas (frío)	2,5	0,52	3,4	1,57	5,34	13,88
6	Bomba lobular	0,735	0,23	1,64	1,28	2,1	16,38
1	Mezclador de corte alto	2,85	1,5	3,75	2,55	9,56	12,43
1	Depósito desaireador	1,8	1,2	2,7	2,25	6,08	7,9
1	Homogeneizador	2,07	1,74	2,97	2,79	8,29	10,78
1	Pasteurizador	2,9	1,78	3,8	2,83	10,75	13,98
1	Tanque de cultivo	2,3	2,3	3,2	3,35	10,72	13,94
1	Depósito de aromas	1,96	0,9	2,86	1,95	5,58	7,25
1	Bomba dosificadora	0,392	0,224	1,29	1,27	1,64	2,13
2	Tanque de mezcla	2,7	2,7	3,6	3,75	13,5	35,1
TOTAL							159,15

Tabla 95. Superficie requerida por los equipos del proceso productivo. (Elaboración propia).

La superficie requerida para el área destinada a la producción de yogur es de 159,15 m², pero para una mejor distribución del espacio se ha optado por asignar a esta zona una superficie de **176,39 m²**.

4. Zona de envasado

Unidades (Uds)	Equipos	Dimensiones		S _{Holguera}			$\sigma = 1,3$ $S_{Total} = Uds * \sigma * S_{Holguera}$ (m ²)
		Largo (m)	Ancho (m)	L+0,90 (m)	A+1,05 (m)	S _{Holguera} (m ²)	
1	Envasadora	9,3	3,75	10,2	4,8	48,96	63,65
1	Transportador de rodillos	4	0,5	4,9	1,55	7,6	9,88
1	Encajadora	1,75	1,3	2,65	2,35	6,23	8,1
1	Paletizadora	3	2,5	3,9	3,55	13,85	18
1	Transportador de palés	3	1	3,9	2,05	8	10,4
1	Enfardadora	3	2,5	3,9	3,55	13,85	18
TOTAL							128,03

Tabla 96. Superficie requerida por los equipos de la zona de envasado. (Elaboración propia).

La superficie requerida para la zona de envasado es de **128,03 m²**.

5. Cámara de incubación

Cada día se almacenarán 50 palés en la cámara de incubación. Estos se colocarán en estanterías con capacidad para 12 palés cada una, por lo que será necesario contar con al menos 5 estanterías para acomodarlos adecuadamente.

Tipo de yogur	Producción diaria de palés
Natural	50
Vainilla	50

Tabla 97. Resumen de producción diaria. (Elaboración propia).

Tomando en consideración las medidas de las estanterías vistas en el punto 5: “Presentación y caracterización del producto”, siendo estas de 1,6 x 2,95 x 7,8 m (Largo x Ancho x Alto). Hay que tener en cuenta que hay que dejar un margen para el tránsito de maquinaria y personal, el cual se ha establecido en 3 m tanto de largo como de ancho, por lo que la cámara tendrá unas dimensiones de largo 4,6 m (1,6 m + 3m) y de ancho 17,75 m (2,95 m * 5 estanterías + 3m); luego la superficie asociada será de **81,65 m²**.

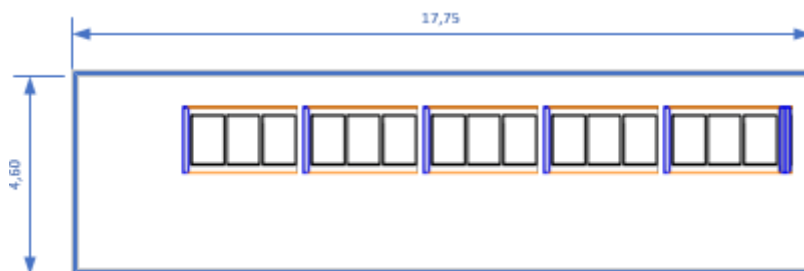


Figura 136. Dimensiones de la cámara de incubación. (Elaboración propia).

6. Cámara de almacenamiento del producto final

La cámara frigorífica debe tener capacidad para almacenar la producción correspondiente a una semana, lo que equivale a un total de 300 palés. Estos se ubicarán en estanterías de cuatro niveles, con espacio para tres palés por nivel, lo que da una capacidad total de 12 palés por estantería. En total, se requerirán 25 estanterías para alojar toda la mercancía. Además, el diseño del almacén incluye pasillos de 3 m de ancho, permitiendo el tránsito adecuado de las carretillas.

Al igual que en la cámara de incubación, para calcular la superficie hay que tener en cuenta las dimensiones de las estanterías y su disposición.

Largo: (1,6 m de largo de estantería x 5 estanterías) + (3 m de ancho de pasillo x 4 pasillos) = 20 m.

Ancho: (2,95 m de ancho de estantería x 5 estanterías) + (3 m de ancho de pasillo x 2 pasillos) = 20,75 m.

Luego la superficie asociada será de **415 m²**.

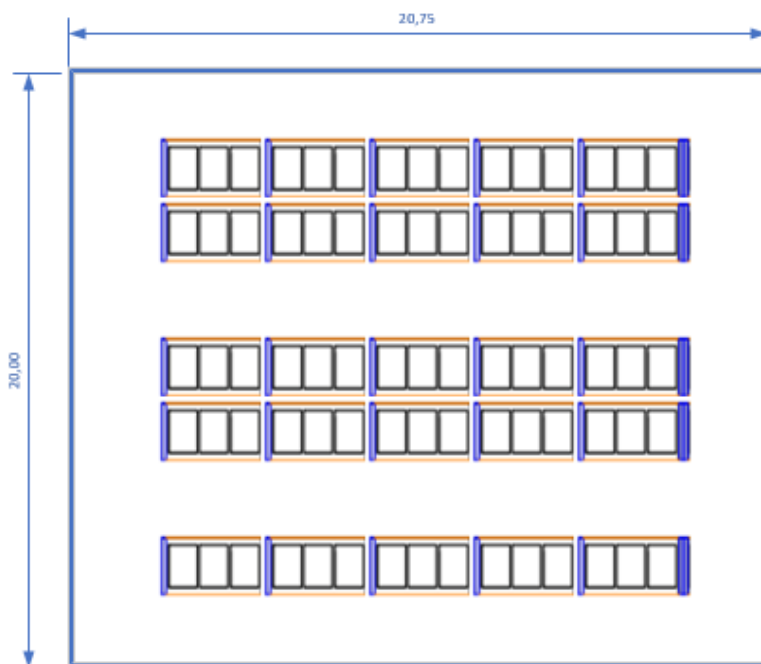


*Figura 137. Dimensiones de la cámara de almacenamiento del producto final.
(Elaboración propia).*

7. Área de expedición

En el área de expedición se gestionan y coordinan las actividades relacionadas con el transporte del producto terminado.

Dado que el producto final se despacha semanalmente, específicamente los martes, se estima una producción total cercana a los 128.500 kg. Cada camión como el mostrado en

la figura 138 tiene unas dimensiones de 9,4 m de largo por 2,45 m de ancho, y una capacidad de carga útil de hasta 26.000 kg.



Figura 138. Camión refrigerado. (Volvo).

Atendiendo al criterio visto en el área de recepción y aprovisionamiento de materias primas sobre el cálculo de una superficie destinada a la descarga de mercancías de Neufert (figura 134), con los nuevos datos se puede calcular la superficie requerida:

Longitud del camión "a" (m)	Ancho del camión "b" (m)	Espacio libre "c" (m)	Superficie total (m ²)
9,4	2,45	14	286,65

Tabla 98. Superficie libre para entrada y salida del camión. (Elaboración propia).

Como se necesitan 5 camiones frigoríficos para abarcar la carga de toda la producción, para el cálculo de la superficie se ha multiplicado el ancho x 5, por lo que la superficie total en el área de expedición es de **286,65 m²**.

8. Zona de almacenamiento y expedición de nata

Esta área cuenta con cinco tanques destinados al almacenamiento de nata, cada uno con una capacidad de 5.000 litros. La nata se conserva allí hasta que es recogida por los camiones de las empresas compradoras.

Unidades (Uds)	Equipos	Dimensiones		S _{Holguera}			$\sigma = 1,3$ S _{Total} = Uds* σ^* S _{Holguera} (m ²)
		Largo (m)	Ancho (m)	L+0,90 (m)	A+1,05 (m)	S _{Holguera} (m ²)	
5	Depósito de nata	1,84	2,32	2,74	3,37	9,23	60
TOTAL							60

Tabla 99. Superficie requerida por los equipos de almacenamiento y expedición de nata. (Elaboración propia).

La superficie requerida para la zona de almacenamiento y expedición de nata es de **60 m²**.

9. Sala de limpieza CIP

Se trata de un área destinada al sistema de limpieza CIP (Clean-In-Place).

Unidades (Uds)	Equipos	Dimensiones		S _{Holguera}			$\sigma = 1,3$
		Largo (m)	Ancho (m)	L+0,90 (m)	A+1,05 (m)	S _{Holguera} (m ²)	S _{Total} = Uds* σ^* S _{Holguera} (m ²)
1	Equipo CIP	4,3	2	5,2	3,05	15,86	20,62
TOTAL							20,62

Tabla 100. Superficie requerida por el equipo de limpieza CIP. (Elaboración propia).

La superficie requerida para la zona de limpieza CIP es de **20,62 m²**.

10. Área de oficinas

En el área administrativa se llevan a cabo funciones de coordinación y gestión necesarias para garantizar el correcto funcionamiento de la organización. Estas labores incluyen el manejo de documentos, procesos contables y apoyo en la toma de decisiones.

Las oficinas están divididas en los siguientes espacios:

- Secretaría: en esta sala se desarrollan tareas administrativas y de comunicación, como la atención telefónica, organización de citas y gestión de documentos.
- Recepción: es un espacio destinado a recibir a los visitantes, brindarles orientación, asistencia e información útil sobre la organización.
- Sala de oficinas administrativas: en este sector se realizan actividades relacionadas con la administración y coordinación general, incluyendo la gestión documental y financiera para mantener un funcionamiento ordenado.
- Director: esta oficina está destinada al responsable principal de la organización. Aquí se llevan a cabo decisiones estratégicas, revisión de informes y reuniones con el equipo directivo.

El área tiene dimensiones de 10 x 9,8 m, lo que equivale a una superficie total de **98 m²**.

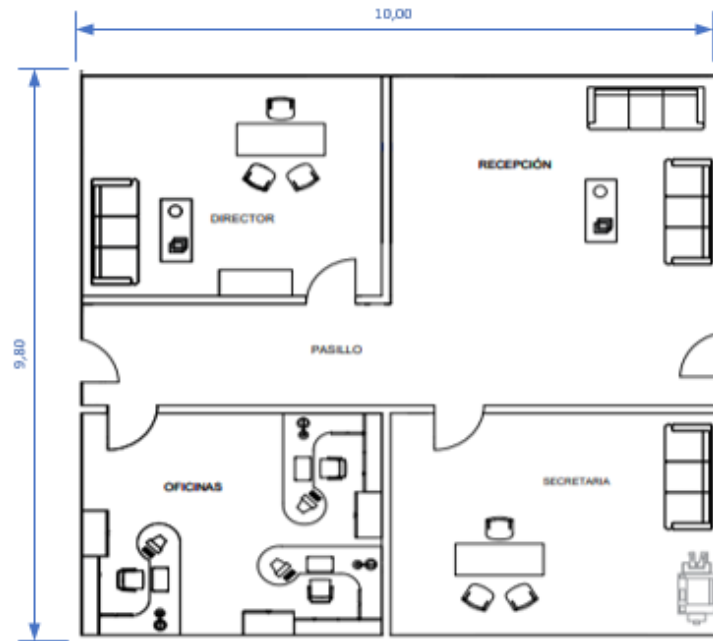


Figura 139. Dimensiones del área de oficinas. (Elaboración propia adaptado de Moreno Rua, 2024).

11. Aseos y vestuarios

La planta industrial dispone de dos baños, uno destinado al personal masculino y otro al femenino, ubicados uno junto al otro.

Cada aseo está equipado con 8 inodoros, además de contar con taquillas individuales donde los empleados pueden guardar su vestimenta, y bancos que facilitan el cambio de ropa y el descanso.

Ambos espacios incluyen también 5 lavamanos y un sistema de secado.

Las dimensiones de cada aseo son de 5 x 7 m, lo que da una superficie de 35 m² por unidad. En conjunto, los dos aseos ocupan un área total de 70 m², pero hay que añadirle un pasillo de separación de 10 x 1,5 m, por lo que la superficie total (baños y pasillo) asciende a **85 m²**.

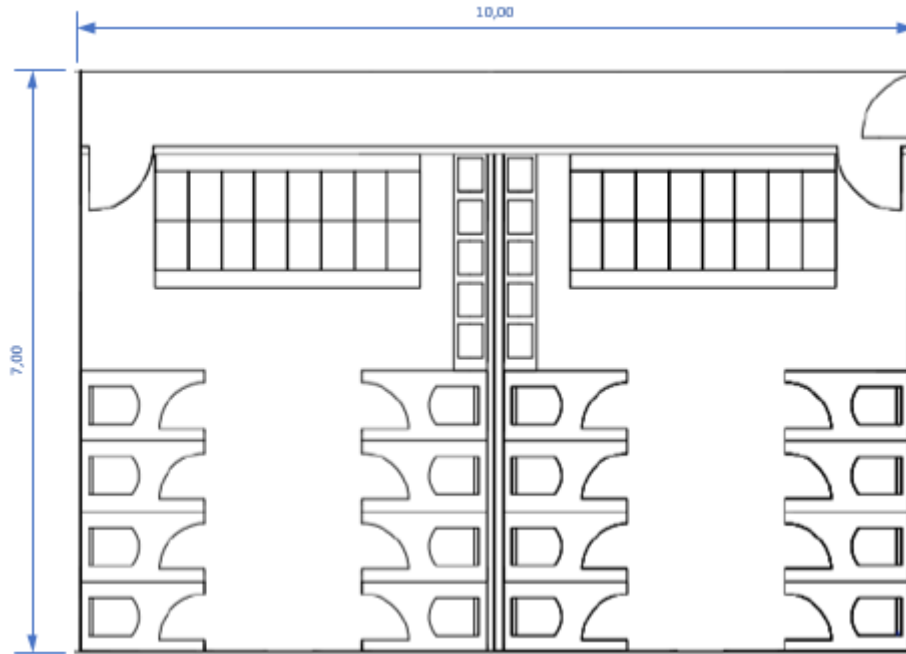


Figura 140. Dimensiones de la zona de aseos y vestuarios. (Elaboración propia adaptado de Moreno Rua, 2024).

12. Área de comedor y zona de descanso

Existe un espacio destinado al uso del personal, donde los trabajadores pueden realizar pausas y consumir sus alimentos durante la jornada laboral. Esta sala cuenta con mobiliario como mesas y sillas, así como con electrodomésticos y áreas funcionales, incluyendo una vitrocerámica, una nevera y zonas para el lavado de utensilios y vajilla.

El área tiene unas dimensiones de 10 x 5 m, lo que representa una superficie total de **50 m²**.

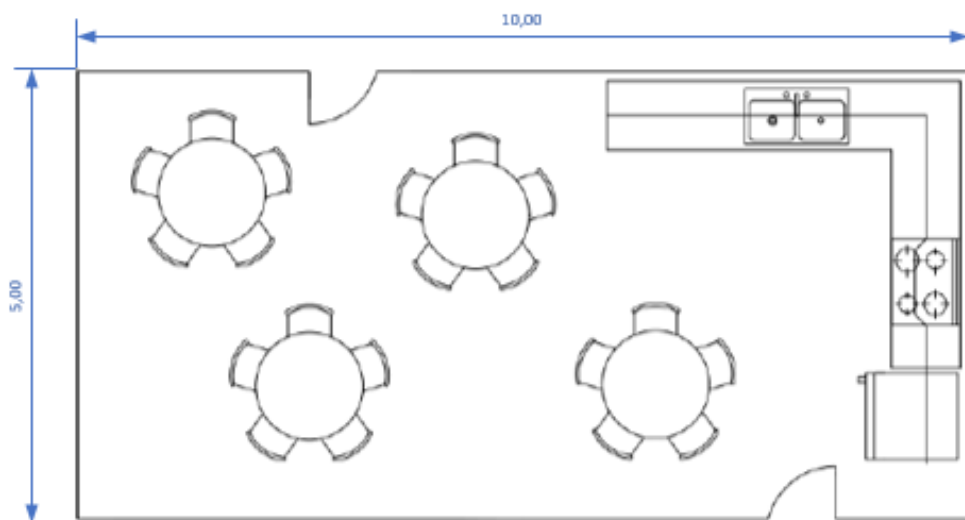


Figura 141. Dimensiones del área de comedor y zona de descanso. (Elaboración propia adaptado de Moreno Rua, 2024).

13. Sala de reuniones

La sala de reuniones está destinada a la realización de encuentros laborales, presentaciones, entrevistas, negociaciones, sesiones de lluvia de ideas y la toma de decisiones estratégicas. Este espacio contará con unas dimensiones de 6 x 3 m, abarcando una superficie total de **18 m²**.

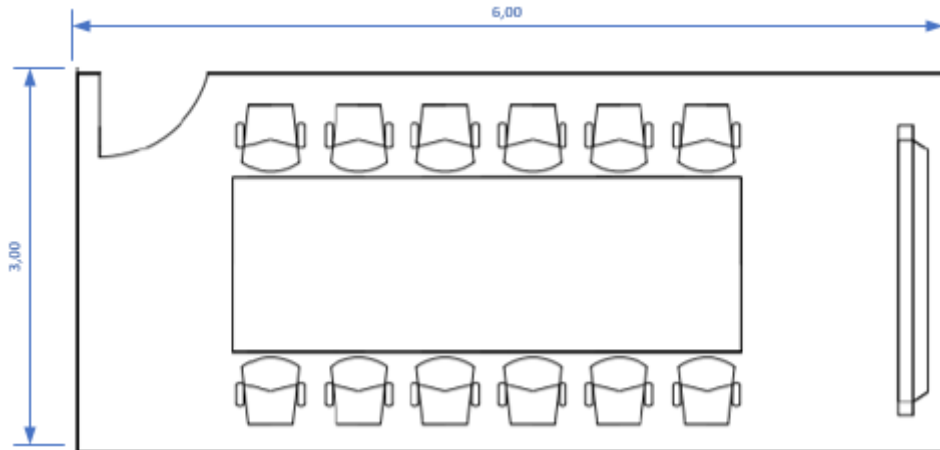


Figura 142. Dimensiones de la sala de reuniones. (Elaboración propia adaptado de Moreno Rua, 2024).

14. Almacén de materias primas

En el almacén se guardan las materias primas necesarias para la fabricación del yogur. Habitualmente, el inventario corresponde a un suministro suficiente para cubrir aproximadamente dos semanas de producción.

Los fermentos lácticos y los aromas empleados en el proceso se mantienen refrigerados en una nevera hasta el momento de su uso, garantizando de esta manera la frescura y calidad óptima de los productos terminados.

Además, suponemos que cada palé puede soportar aproximadamente un máximo de 1.500 kg.

Materia prima	Cantidad (kg/semana)	Cantidad almacenada (kg)	Palés
Leche en polvo	3.722,4	7.444,8	5
Fermentos lácticos	14,4	28,8	1
Edulcorante (acesulfamo potásico)	24,816	49,632	1
Colorante (caroteno)	3,102	6,204	1
Colorante (riboflavina)	9,306	18,612	1
Aroma a vainilla	603	1.206	1
TOTAL			10

Tabla 101. Número de palés requeridos para almacenar las materias primas. (Elaboración propia).

El almacén debe contar con espacio suficiente para almacenar hasta 10 palés, los cuales se dispondrán en 2 filas. Además, se dispondrá un pasillo central y 2 pasillos laterales de tres metros de ancho para permitir el paso de carretillas y facilitar la circulación dentro del área.

Las dimensiones del almacén son de 12 x 4,6 m, lo que representa una superficie total de **55,2 m²**.

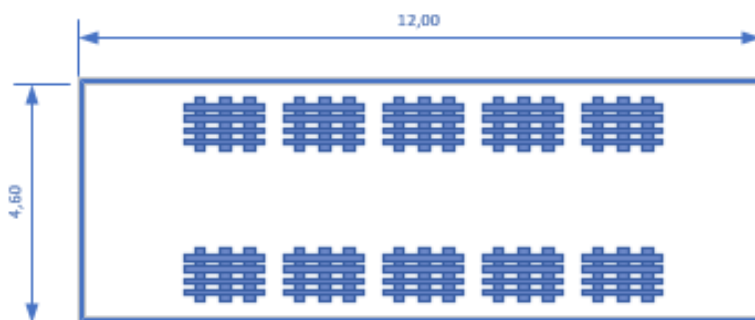


Figura 143. Dimensiones del almacén de materias primas. (Elaboración propia).

15. Almacén de material de envasado

En este almacén se guardarán los palés necesarios para cubrir una semana de producción, lo que equivale a 300 palés. Para garantizar la estabilidad, cada columna podrá apilar un máximo de 10 palés, resultando en un total de 30 columnas. Además, el almacén también dispondrá de bandejas, materiales para la fabricación de envases y film para la flejadora.

Se establecerán pasillos de 3 m tanto laterales como centrales para facilitar el paso de maquinaria y de personal.

Las dimensiones del almacén son de 16,8 x 12 m, lo que representa una superficie total de **201,6 m²**.

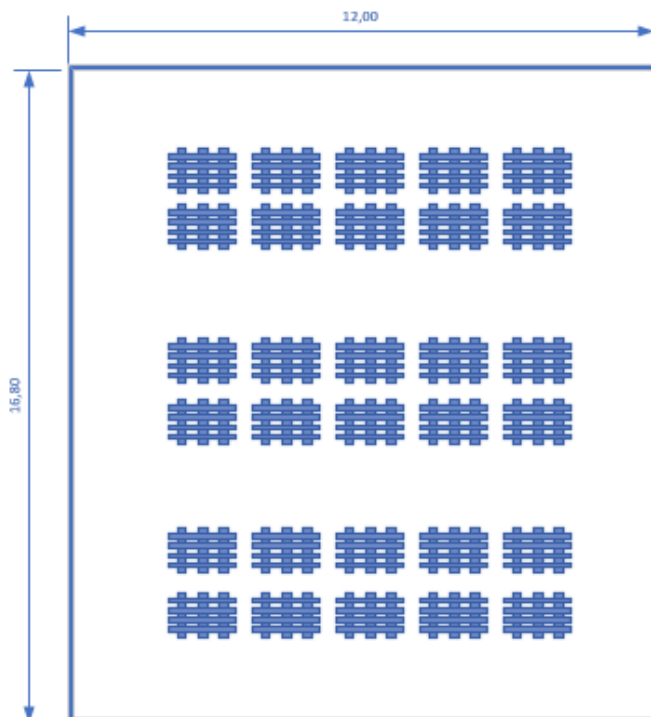


*Figura 144. Dimensiones del almacén de material de envasado y etiquetado.
(Elaboración propia).*

16. Almacén de productos de limpieza

Este espacio está destinado al almacenamiento de productos químicos y suministros empleados en las labores de limpieza y mantenimiento dentro de la planta industrial. Se trata de una sala de dimensiones reducidas, que medirá 4,5 x 2,5 m, lo que representa una superficie total de **11,25 m²**.

17. Sala técnica

Se instalará una sala técnica destinada a albergar las calderas. El agua caliente generada en este espacio se utilizará tanto para elevar la temperatura de la leche hasta los niveles necesarios para su pasteurización —normalmente entre 72 °C y 75 °C durante un tiempo determinado— como para alimentar el sistema de calefacción de diversas áreas de la planta, incluyendo oficinas, comedor, aseos y vestuarios.

La sala de calderas contará con unas dimensiones de 5 x 9 m, lo que supone una superficie total de **45 m²**.

9.4.5.2. Resumen de zonas y superficie asociada

Nº	Actividades	Superficie (m ²)
1	Área de recepción de materias primas y operaciones previas	232,52
2	Área de control de calidad (laboratorio)	28
3	Área de elaboración de yogur	176,39
4	Área de envasado	128,03
5	Área de incubación	81,65
6	Cámara de refrigeración para el almacenamiento del producto terminado	415
7	Área de expedición	286,65
8	Área de almacenamiento y expedición de nata	60
9	Área de limpieza CIP	20,62
10	Área de oficinas	98
11	Área de aseos y vestuarios	85
12	Área de comedor y zona de descanso	50
13	Área de reuniones	18
14	Almacén de materias primas	55,2
15	Almacén de material de envasado y etiquetado	201,6
16	Sala de material de limpieza	11,25
17	Sala técnica	45
TOTAL		1992,91

Tabla 102. Resumen de zonas y superficie asociada. (Elaboración propia).

9.4.6. Desarrollo del diagrama relacional de espacios

Similar al diagrama relacional de actividades con el matiz de que las áreas se representan “a escala”, de manera que el tamaño de los bloques sea proporcional en función de la superficie requerida para llevar a cabo la actividad

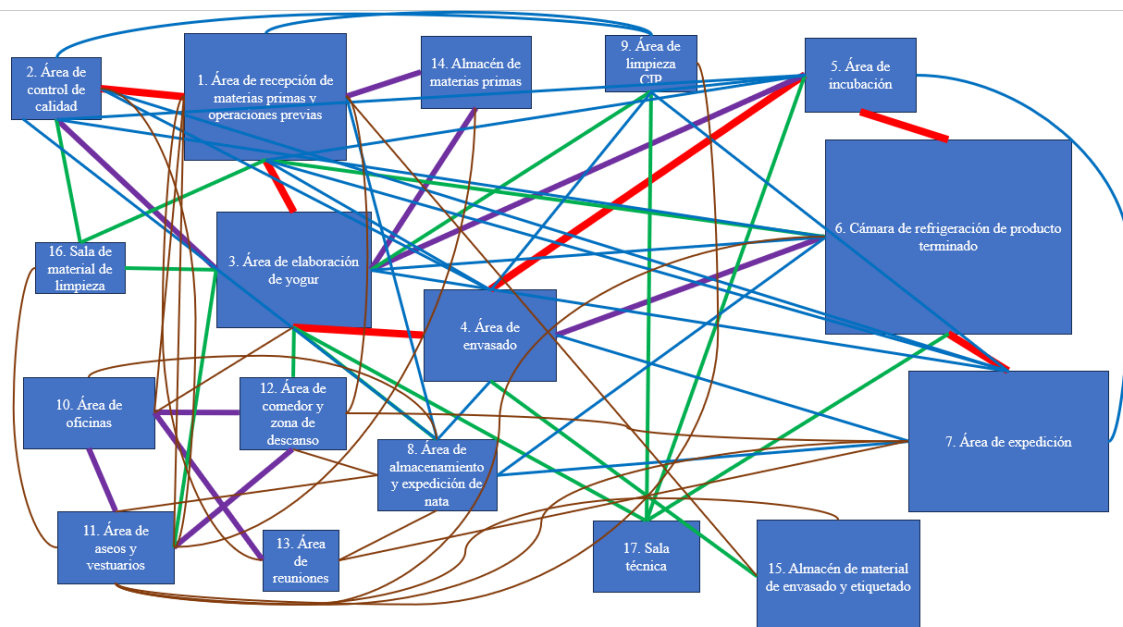
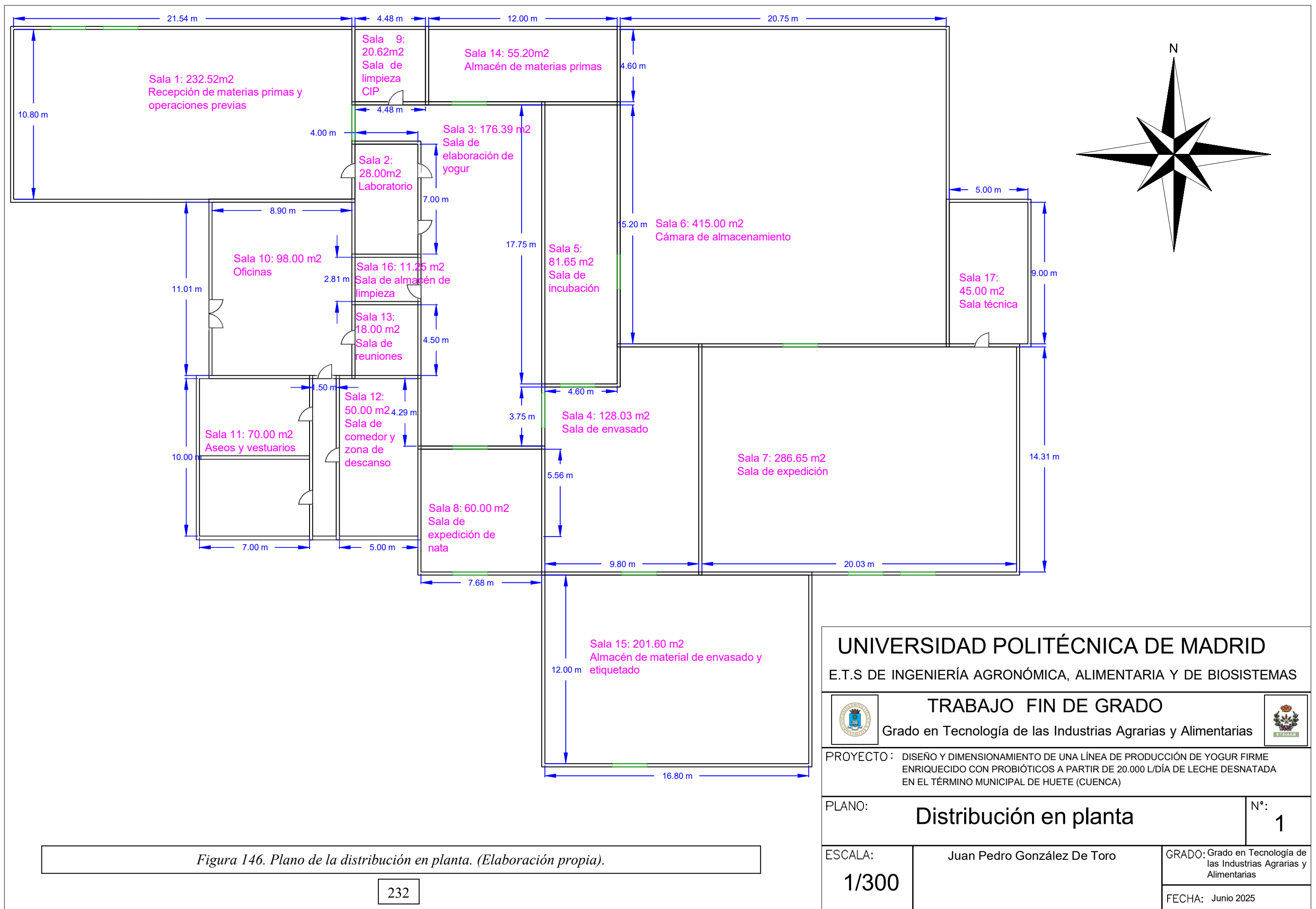


Figura 145. Diagrama relacional de superficies. (Elaboración propia).

9.4.7. Distribución final

En la página siguiente se detalla la posición definitiva de las áreas y las dimensiones de la instalación a través del plano denominado *Distribución en planta* y un segundo plano denominado *Flujo de producción* en el que se indica el tránsito de materiales y personas desde que entra la materia prima en fábrica hasta que sale el producto terminado.



10. GESTIÓN DE LA CALIDAD Y SEGURIDAD ALIMENTARIA. SISTEMA APPCC

En este punto se pretende realizar un breve análisis del procedimiento y control empleado en la industria para asegurar una correcta elaboración del producto, desde que entra la materia prima para procesar hasta que se expide el producto terminado para su comercialización y consumo.

Para ello, inicialmente se hará una revisión de las diversas opciones de certificación de la calidad alimentaria. A continuación, se plasma la legislación vigente asociada al control de calidad que repercute a la leche y derivados lácteos, así como las normativas que regulan las buenas prácticas de manufactura en la industria alimentaria.

Posteriormente, se explicará el sistema APPCC junto a los prerequisites y principios de los que consta y se llevará a cabo un análisis de peligros y puntos críticos de control con el objetivo de asegurar la calidad del proceso de producción del yogur firme en la industria. Este sistema permite identificar los puntos específicos del proceso donde podrían surgir riesgos o problemas. A través de métodos preventivos, es posible prevenir o reducir los efectos de estos inconvenientes o peligros.

10.1. Certificación de calidad

El propósito fundamental e ineludible de obtener la certificación de calidad es asegurar y demostrar que los alimentos son seguros para el consumidor antes de su comercialización. Para ello, se requiere la implementación de un Sistema de Gestión de la Seguridad Alimentaria.

Uno de los principales objetivos de una empresa es lograr beneficios económicos, lo cual se alcanza a través de una adecuada organización y gestión de los recursos materiales, humanos y financieros disponibles.

A medida que pasa el tiempo, el mercado se vuelve cada vez más competitivo, ya que el objetivo de las empresas es captar la mayor cantidad de clientes posible para incrementar sus ganancias. Para hacer frente a esta competencia, existen tres estrategias fundamentales:

- Competir mediante la innovación
- Competir a través del precio
- Competir por la calidad

El uso de la alta calidad de los productos como una herramienta de venta se ha vuelto cada vez más común, debido a la creciente importancia que ha adquirido el control de calidad en los últimos años.

La globalización de los mercados y la posibilidad de acceder a productos de diferentes orígenes, calidades y precios ha aumentado el interés de los consumidores por obtener

información detallada sobre las características y el proceso de fabricación de los alimentos. Esto les permite tomar decisiones de compra informadas, asegurándose de que el producto cumpla con los estándares de calidad e inocuidad que requieren.

La industria alimentaria tiene una responsabilidad particular en la mejora de la calidad. Aunque la calidad es un concepto que abarca varios aspectos, en este sector hay un elemento esencial: la inocuidad. Si bien aspectos como la presentación, los atributos sensoriales, el valor nutricional, la diversidad, el costo accesible, la atención al cliente y la rapidez en el servicio son importantes, lo más crucial es que los alimentos no representen un peligro para la salud de los consumidores.

La amplia presencia de microorganismos patógenos en el entorno, la capacidad de algunos de ellos para sobrevivir y proliferar incluso en condiciones desfavorables, y en ciertos casos, las bajas cantidades necesarias para causar enfermedades, subrayan la magnitud de los riesgos potenciales. Esto, a su vez, resalta la gran responsabilidad que recae sobre la industria alimentaria frente a la sociedad.

La certificación de seguridad y calidad alimentaria (SQF) de SGS (Société Générale des Surveillances, un grupo de empresas especializadas en ofrecer servicios de inspección, verificación, pruebas y certificación) avala que una organización produce, procesa, prepara y maneja alimentos de acuerdo con los más altos estándares de calidad. Dentro de las diversas certificaciones en el sector alimentario, se destacan las siguientes:

- Sistema de Gestión de la Seguridad Alimentaria ISO 22000: Esta norma UNE-EN ISO 22000 establece los requisitos para un sistema de gestión que garantice la inocuidad de los alimentos a lo largo de toda la cadena alimentaria, desde la producción hasta el punto de venta y consumo final.
- Protocolo IFS: Este protocolo técnico privado fue desarrollado por distribuidores alemanes, franceses e italianos con el objetivo de ayudar a los proveedores a ofrecer productos seguros que cumplan con las especificaciones y la legislación vigente.
- Protocolos BRC: Es uno de los modelos más conocidos y utilizados a nivel mundial para que los distribuidores y grandes superficies validen a sus proveedores de productos de marca.
- Esquema FSSC 22000: Basado en las normas UNE-EN ISO 22000 y BSI PAS 220, este esquema establece los requisitos de un sistema de gestión para asegurar la inocuidad de los alimentos, específicamente para los sectores de procesamiento de productos perecederos, productos estables a temperatura ambiente y fabricantes de productos bioquímicos para la industria alimentaria.
- APPCC (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control): Es una herramienta utilizada para evaluar los peligros y establecer sistemas de control preventivos. Puede implementarse a lo largo de toda la cadena alimentaria, desde la producción inicial hasta el consumidor final.

El procedimiento para obtener la certificación en cualquiera de estos estándares es similar. Primero, el solicitante contrata a una Entidad de Certificación Acreditada, especializada en el ámbito de la certificación deseada. Esta entidad realiza una auditoría documental y una auditoría de instalaciones y/o campo (según el alcance). El auditor asignado elabora un informe preliminar o definitivo (dependiendo del procedimiento de la entidad y el alcance de la certificación), que incluye las No Conformidades identificadas.

Luego, un comité técnico de la Entidad de Certificación revisa el informe del auditor y las acciones correctivas propuestas por el solicitante. Si todo es adecuado, se emite un certificado de conformidad con una validez determinada. Para mantener la certificación, el solicitante deberá someterse a auditorías periódicas de mantenimiento antes de la fecha de expiración del certificado.

En conclusión, los estándares de Gestión de la Seguridad Alimentaria certificados establecen de manera clara una serie de requisitos diseñados para asegurar que las organizaciones puedan proporcionar de forma constante alimentos seguros y conforme a la legislación.

10.2. Control de calidad

El entorno de mercado actual, caracterizado por una alta competitividad, requiere un control de calidad riguroso a través de un conjunto de acciones planificadas y sistemáticas que aseguren que el producto cumpla con los estándares de calidad nutricional, sensorial y, especialmente, sanitaria.

El sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos (APPCC) se caracteriza por un enfoque preventivo en la gestión de los riesgos sanitarios asociados a los alimentos. Su objetivo es identificar, evaluar y controlar estos riesgos, enfocándose en los factores que afectan directamente la seguridad alimentaria y la calidad del producto.

Desde 1986, el Comité del Codex Alimentarius ha recomendado a las empresas del sector alimentario la implementación de sistemas de autocontrol basados en estos principios. En 1993, con la creación del Mercado Único y la libre circulación de mercancías, la Unión Europea hizo obligatoria la implantación de un sistema continuo de control basado en la metodología APPCC. Inicialmente, se exigió sectorialmente a través de las Directivas verticales, y posteriormente, mediante la Directiva 93/43/CEE de 13 de junio, que fue transpuesta por el Real Decreto 2207/95 de 28 de diciembre, aplicable a la higiene de los productos alimenticios en general.

Además, la incorporación de la Directiva 92/46/CEE de 16 de junio resultó en la promulgación del Real Decreto 1679/1994, de 22 de julio, que establece las condiciones sanitarias para la producción y comercialización de leche cruda, leche tratada térmicamente y productos lácteos. Este real decreto, en su artículo 14, obliga a los establecimientos regulados a aplicar sistemas de autocontrol, lo que demuestra que el sistema APPCC facilita el cumplimiento de las normativas sanitarias específicas.

El Sistema APPCC no solo es un requisito legislativo o una obligación normativa, sino que, si se gestiona, implementa y mantiene adecuadamente, aporta importantes beneficios a la industria:

- **Objetividad en la producción de alimentos de calidad:** El sistema APPCC facilita considerablemente las tareas de control oficial, proporcionando una visión más completa y objetiva de los procesos en la planta. Esto permite optimizar los recursos económicos y humanos necesarios para garantizar la seguridad alimentaria.
- **Prevención de problemas sanitarios:** Al ser un sistema preventivo, facilita un mejor entendimiento de las distintas fases del proceso de producción, permitiendo un control más preciso de los puntos críticos donde pueden surgir riesgos, especialmente microbiológicos, y una respuesta rápida ante cualquier eventualidad.
- **Beneficios económicos netos:** El control continuo de la producción ayuda a prevenir pérdidas causadas por alteraciones o defectos, contribuyendo a una mayor eficiencia y rentabilidad en la industria.

10.3. Prerrequisitos al plan APPCC

Las condiciones previas necesarias para la implementación y desarrollo de un plan APPCC se conocen como requisitos previos. Estos están detallados en los Principios Generales de Higiene Alimentaria del Codex Alimentarius y otros códigos de buenas prácticas, así como en la normativa vigente relacionada con la higiene y seguridad alimentaria (Reglamento 852/2004). La normativa subraya la relevancia de que el sector alimentario desarrolle guías de prácticas adecuadas de higiene y aplique los principios del sistema APPCC para facilitar la implementación de sistemas de autocontrol.

Además, en relación a sus instalaciones el Codex Alimentarius establece una serie de prerrequisitos fundamentales para garantizar un entorno higiénico adecuado en la producción de alimentos seguros. En su sección IV, se especifica que el diseño, la ubicación y la construcción de las instalaciones de cualquier planta procesadora de alimentos deben garantizar que:

- Se minimice la contaminación.
- Se facilite un adecuado mantenimiento, limpieza, desinfección y que la contaminación por aire sea la mínima posible.
- Los materiales y superficies no deben ser nocivos, especialmente aquellos que estén en contacto directo con los alimentos.
- Se cuente, cuando sea necesario, con dispositivos para medir todos los parámetros que influyan en la seguridad y calidad de los productos (como temperatura, humedad, etc.).

- Se implemente protección contra plagas.

Los requisitos previos son aplicables a la mayoría de las industrias alimentarias y están orientados al control de peligros generales, mientras que el plan APPCC se enfoca en los peligros específicos del proceso de producción. La gestión de estos requisitos previos debe adaptarse a las características de cada industria y puede llevarse a cabo mediante planes específicos que detallen los procedimientos necesarios para cumplir con los distintos requisitos. Algunos ejemplos de estos planes incluyen:

- Plan de control del agua
- Plan de limpieza y desinfección
- Plan de formación y supervisión de manipuladores
- Plan de mantenimiento
- Plan de control de plagas (desinsectación y desratización)
- Plan de control de proveedores
- Plan de trazabilidad
- Plan de gestión de desperdicios
- Plan de transporte

Cualquier cambio en las instalaciones o en los procedimientos de la industria debe ser evaluado y los controles y protocolos deben actualizarse para reflejar esos cambios.

10.3.1. Plan de control del agua

El agua utilizada en la industria alimentaria puede representar una fuente significativa de contaminación, generando no solo riesgos sanitarios, sino también tecnológicos. Según lo dispuesto en el Real Decreto 140/2003, que establece los criterios sanitarios para la calidad del agua destinada al consumo humano, el agua utilizada en la producción, tratamiento, conservación, y en la limpieza de superficies y materiales que estarán en contacto directo o indirecto con los alimentos debe ser potable.

El agua puede proceder de la red pública de abastecimiento, de una captación propia o de una combinación de ambas fuentes. Dependiendo del origen, se deberá aplicar un plan de control y tratamiento adecuado conforme a lo estipulado en el Real Decreto 140/2003, garantizando que el agua sea potable en todas las fases del proceso productivo.

Cuando el agua proviene de la red pública, la industria alimentaria tiene derecho a recibirla en condiciones sanitarias óptimas, de acuerdo con lo que establezca el gestor del servicio. Además, la industria debe ser notificada sobre cualquier incidente o cambio en la calidad del agua. Desde el punto de entrega del gestor hasta la acometida, la industria es responsable del tratamiento posterior del agua y del estado de las instalaciones internas, asegurando que no se alteren sus características de potabilidad.

Todas las industrias alimentarias están obligadas a realizar un control de calidad del agua, que incluye:

- Autocontrol del agua destinada al consumo humano.
- Control del agua suministrada a través de los grifos (en este caso, los grifos de la industria alimentaria).

La empresa debe supervisar los niveles de cloro residual, ya sea libre o combinado, a lo largo de la red de distribución de agua potable, y adoptar medidas correctivas si es necesario.

Los puntos de muestreo para el autocontrol del agua en la industria alimentaria serán determinados por la propia empresa, con la supervisión de la autoridad sanitaria, según el Artículo 18.3.B del Real Decreto 140/2003. Estos puntos deben ser seleccionados en función de aquellos lugares donde el suministro de agua pueda influir directamente en la seguridad de los productos alimenticios.

Las industrias alimentarias que cuenten con abastecimiento propio o que estén conectadas a una red con depósito intermedio deben realizar análisis del agua, de acuerdo con el tipo de suministro, en un laboratorio autorizado, como se establece en el Decreto 43/2003, de 8 de abril, sobre la autorización de laboratorios para la realización de análisis sanitarios y productos vinculados a la sanidad ambiental y alimentaria.

Los documentos clave para el control del plan de agua potable incluyen:

- El plano general de la industria, con la ubicación de las entradas de agua, salidas (grifos), depósitos, sistemas de cloración, entre otros.
- Los registros de boletines analíticos realizados por el laboratorio de control.
- Copias de los boletines analíticos emitidos por el gestor de la red pública de agua.
- El recibo de abastecimiento de agua de la red pública.
- El acta elaborada por la autoridad sanitaria, en el caso de distribución de agua mediante contenedores móviles.
- Los registros de control de cloro, que deben incluir:
 - Identificación del punto de toma de muestra.
 - Fecha y hora de la toma de la muestra.
 - Resultados analíticos (especificando si el cloro es residual o combinado).
 - Método empleado para la detección de cloro.
 - Firma de la persona responsable.

Este enfoque asegura que el agua utilizada en la industria alimentaria se mantenga en condiciones adecuadas para evitar riesgos tanto para la salud pública como para la calidad del producto final.

10.3.2. Plan de limpieza y desinfección

Para asegurar que el proceso de limpieza y desinfección se realice de manera adecuada, se desarrollan protocolos documentados que se ejecutan de forma sistemática, garantizando que sean efectivos para lograr un nivel de confianza adecuado en la aplicación del sistema de limpieza y desinfección.

A la hora de elaborar un plan de limpieza y desinfección, es importante considerar varios factores:

- Tiempo y frecuencia de las actividades: Si estas actividades se realizan de manera espaciada, puede formarse suciedad incrustada y depósitos en las superficies, lo que favorece el crecimiento de mohos, bacterias y la formación de compuestos tóxicos, complicando luego su limpieza.
- Tipo de superficies: Estas deben ser fáciles de limpiar, evitando materiales porosos y prefiriendo aquellos que sean impermeables e inalterables.
- Tipo de suciedad: Los productos de limpieza deben elegirse según el tipo de materia sobre la cual se va a actuar, ya que un producto que sea eficaz en un tipo de superficie no necesariamente lo será en otra.

Es fundamental seguir una metodología ordenada durante el proceso de limpieza y desinfección para evitar la recontaminación de áreas ya limpias. Se debe diferenciar entre los agentes limpiadores, que eliminan la suciedad más gruesa y adherida, y los agentes desinfectantes, que tienen como objetivo reducir la carga microbiana hasta niveles aceptables.

Aunque existen productos comerciales de acción combinada (detergentes y desinfectantes), generalmente los procedimientos de limpieza y desinfección se realizan de manera separada.

El proceso de limpieza y desinfección se puede dividir en las siguientes fases, adaptadas a las necesidades específicas de cada industria:

1. Eliminación inicial de suciedad gruesa: Sin el uso de productos, se retira la suciedad más visible para facilitar la acción posterior de los detergentes.
2. Enjuague previo: Se realiza preferentemente con agua caliente para disolver y ablandar las incrustaciones.
3. Aplicación de detergente o desengrasante: Se debe seguir las instrucciones de tiempo y concentración indicadas en las fichas técnicas o etiquetas de los productos.

4. Aclarado: Se retiran los residuos de detergente y suciedad arrastrada, asegurándose de que no queden restos que puedan volver a depositarse en las superficies o contaminar los productos.
5. Aplicación de desinfectante: Es necesario respetar los tiempos de acción y las dosis recomendadas por el fabricante.
6. Aclarado (si es necesario): En algunos casos, como con desinfectantes clorados, es necesario aclarar. Con otros desinfectantes, no es necesario, pero sí se debe esperar el tiempo recomendado para asegurar que no queden residuos en las superficies que puedan contaminar el producto.
7. Secado: En algunas superficies, es necesario secarlas para minimizar la cantidad de agua disponible para los microorganismos que puedan colonizar las superficies desde el ambiente.

Este enfoque sistemático y bien documentado asegura que las superficies mantengan altos estándares de limpieza y desinfección, minimizando los riesgos de contaminación.

➤ Tipos de suciedad según el tipo de superficie (fría o caliente)

El tipo de suciedad que se acumula en las superficies internas de los equipos en las industrias lácteas proviene de los depósitos generados por los componentes de la leche, los cuales pueden convertirse en un medio adecuado para el crecimiento de diversos microorganismos.

El tipo de suciedad que se forma varía dependiendo de la superficie:

- Superficies calientes: Son aquellas en las que la leche se calienta a temperaturas superiores a 60°C, lo que facilita la formación de lo que se conoce como "piedra de leche", un precipitado compuesto por fosfatos de calcio y magnesio, proteínas, grasas, entre otros. Este depósito se encuentra principalmente en equipos como intercambiadores de calor, pasteurizadores, llenadoras, etc.
- Superficies frías: Corresponden a las superficies de tanques, bombas, cisternas, tuberías, etc., que han estado en contacto con leche. Si no se realiza una limpieza adecuada tras su uso, los residuos se adhieren a estas superficies formando una capa reseca.

➤ Limpieza CIP (Clean In Place)

En muchos sistemas industriales de producción alimentaria, como en el tratamiento de la leche en la industria láctea, se utilizan tuberías, superficies y sistemas cerrados a través de los cuales circulan alimentos o ingredientes. Para lograr una limpieza efectiva de estos sistemas sin necesidad de desmontar cada uno de sus componentes, se emplea el método de limpieza CIP (Cleaning In Place). Este proceso automatizado permite realizar la limpieza y desinfección utilizando calor o productos químicos.

El método CIP consiste en hacer circular una solución de detergentes y desinfectantes por los equipos e instalaciones durante un tiempo determinado. Los componentes disueltos y dispersos por el agente de limpieza son arrastrados por el líquido circulante, facilitando su eliminación.

La efectividad de cualquier sistema CIP depende del diseño de las instalaciones industriales. Es fundamental que todas las superficies que entren en contacto con el alimento estén incluidas en el circuito de limpieza. Las líneas y equipos a limpiar deben tener superficies internas lisas y carecer de fondos ciegos. Además, es recomendable que las conducciones del circuito tengan un diámetro uniforme para evitar fluctuaciones en la velocidad del flujo de las soluciones de limpieza.

Al diseñar e instalar un sistema CIP, es crucial contar con un diagrama detallado y actualizado de todos los sistemas involucrados, y verificar lo siguiente:

1. Confirmar el diagrama de flujo en el sitio.
2. Asegurarse de que los circuitos CIP incluyan todas las líneas de productos.
3. Verificar que no haya riesgo de contaminación cruzada entre la leche cruda y las tuberías de leche tratada térmicamente o los productos finales, ni durante la limpieza in situ ni durante el proceso de elaboración.

➤ Control de *Listeria monocytogenes*

Listeria monocytogenes es una bacteria Gram positiva que se encuentra de manera generalizada en diversos entornos, incluyendo el ámbito agrícola, la acuicultura y los ambientes de procesamiento de alimentos. Esta bacteria es resistente a una variedad de condiciones ambientales, como altas concentraciones de sal, acidez, baja concentración de oxígeno y temperaturas de refrigeración, además de ser capaz de sobrevivir durante largos períodos en medios de diferentes composiciones. El alimento puede contaminarse en cualquier punto de la cadena alimentaria, y el almacenamiento en frío no impide su crecimiento. *Listeria monocytogenes* está presente en una amplia gama de alimentos, tanto frescos como procesados.

El crecimiento de *L. monocytogenes* se ve favorecido por la humedad y la presencia de nutrientes. En las plantas de procesamiento de productos lácteos, se detecta frecuentemente en áreas húmedas, como desagües, zonas con agua condensada o estancada, residuos y equipos de tratamiento.

Por este motivo, el plan de limpieza y desinfección debe incluir procedimientos que aseguren la eliminación o reducción de *L. monocytogenes* a niveles aceptables. Aunque esta bacteria no posee una capacidad excepcional para resistir desinfectantes, tiene la habilidad de formar biofilms en una variedad de superficies (como sumideros, utensilios de corte, mesas y bandejas). Los biofilms están compuestos por grupos de bacterias que se adhieren de forma natural a superficies, especialmente en zonas húmedas, lo que les

otorga resistencia al calor, la desecación y a la acción de los productos químicos utilizados en la limpieza y desinfección.

Se ha comprobado que *L. monocytogenes* puede sobrevivir en desagües de suelos. Por lo tanto, los desagües deben limpiarse y desinfectarse de manera que se evite la contaminación de otras superficies en la sala. No deben limpiarse durante la producción, ni utilizarse mangueras de alta presión para desatascarlos o limpiarlos, ya que esto podría generar aerosoles que propagarían la contaminación. En caso de retroceso del agua en los desagües en áreas donde se encuentran los productos terminados, se debe suspender la producción hasta que el agua haya sido drenada y las áreas correspondientes se hayan limpiado y desinfectado. Los empleados encargados de la limpieza de los desagües no deben entrar en contacto con las superficies que tienen contacto con los alimentos sin haberse cambiado de ropa y haberse lavado y desinfectado las manos.

El equipo y los utensilios utilizados para la limpieza y desinfección deben mantenerse en buen estado y limpios para evitar que se conviertan en fuentes de contaminación. Los equipos de limpieza deben ser exclusivos para las distintas zonas de productos crudos y productos terminados, y deben ser fácilmente identificables (por ejemplo, mediante el uso de colores diferenciados).

En la siguiente tabla se detallan las características de los agentes limpiadores y desinfectantes más comunes.

AGENTES	COMPONENTE	ACTIVIDAD	INCOMPATIBILIDAD	OTROS EFECTOS	PRECAUCIONES
LIMPIADORES					
Álcalis fuertes	Hidróxidos de sodio y potasio, silicatos sódicos.	Actividades frente a grasas y proteínas	Con productos ácidos	Reducen la dureza del agua por precipitación	Muy corrosivos, irritantes, desprenden gas en contacto con amoníaco
Álcalis	Carbonatos, amoníaco	Activos frente a grasas	Con productos ácidos	Reducen la dureza del agua por precipitación	Corrosivos
Ácidos fuertes	Ácidos orgánicos	Activos frente a proteínas	Polifosfatos con ácidos	Eliminan precipitados calizos y proteicos	Muy corrosivos, irritantes
Tensioactivos aniónicos	Jabones de diversos tipos	Frente a todo tipo de suciedad	Tensioactivos catiónicos	Mejoran la acción de álcalis y ácidos	
Tensioactivos catiónicos	Compuesto de amonio cuaternario	Frente a todo tipo de suciedad	Tensioactivos aniónicos incompatibles con aguas duras	Fungicidas y bactericidas	
Aspiración	Aire	Eliminación de suciedad incrustada y superficial	Restos de suciedad con humedad		
DESINFECTANTES					
Clorados	Hipoclorito, cloro gaseoso, dióxido de cloro	Bacterias, mohos, levaduras, virus	Agua caliente, ácidos, materia orgánica		Corrosivo, tóxico
Yodóforos	Tricloruro de yodo, sustancias con yodo	Bacterias, mohos, levaduras, virus	Agua caliente, ácidos, materia orgánica		Corrosivo

Tabla 103. Características de los agentes de limpieza y desinfección. (Gómez Maroto, 2020).

➤ Métodos de verificación

Para evaluar la efectividad de los procedimientos de limpieza y desinfección, existen diversos métodos de verificación, entre los cuales se incluyen:

- Evaluación visual: Este es un método subjetivo. Si se observan restos de suciedad, se puede concluir que el programa de limpieza no está funcionando correctamente

y necesita ajustes. No obstante, es recomendable complementar esta observación con un método más objetivo.

- Toma de muestras para análisis microbiológico de superficies: Este método se realiza utilizando medios de cultivo comerciales en soportes como placas o tiras de contacto. Se toman muestras de las superficies después de su limpieza y desinfección, y luego se incuban para evaluar la eficacia del proceso en función del crecimiento microbiano. También se pueden emplear medios de cultivo selectivos para comprobar la efectividad ante microorganismos específicos.
- Sistemas de evaluación indirecta: Estos sistemas detectan la presencia de microorganismos en las superficies sin necesidad de visualizarlos directamente. Un ejemplo es la bioluminiscencia, que mide la presencia de ATP, o técnicas basadas en la detección de proteínas.
- Control del pH del agua de aclarado: Después de la desinfección de maquinaria y utensilios, se verifica el pH del agua utilizada para el aclarado, asegurando que no queden residuos de los productos químicos empleados que pudieran contaminar los alimentos.

Todo sistema de limpieza en la industria alimentaria debe cumplir al menos con los siguientes requisitos:

- Efectividad: Asegurar que las superficies queden sanitariamente aptas.
- Ausencia de residuos: No debe quedar ningún residuo de los productos utilizados en el proceso.
- Uso de productos autorizados: Los productos de limpieza y desinfección deben estar aprobados para su uso en la industria alimentaria.

Los procedimientos de limpieza y desinfección deben estar documentados y ser conocidos por el personal encargado de su ejecución, lo que garantiza su correcta estandarización, reduce errores y facilita el control y la mejora continua.

Los documentos de referencia y control del plan de limpieza y desinfección incluyen:

- Programa de limpieza y desinfección: Debe incluir una descripción detallada de la metodología aplicada para cada superficie y equipo, la frecuencia, los productos utilizados, la dosificación y el personal responsable.
- Ficha técnica de los productos de limpieza y desinfección: El fabricante debe estar inscrito en el Registro General Sanitario de Alimentos.
- Registros de verificación: Deben incluir los resultados obtenidos tras aplicar los métodos de comprobación de la eficacia de los procesos de limpieza y desinfección.

- Registro de acciones correctivas: Este documento debe reflejar las medidas tomadas cuando se detectan desviaciones después de la verificación.
- Registro de las operaciones de limpieza y desinfección: Se debe mantener un registro de todas las operaciones realizadas en la limpieza y desinfección de maquinaria y utensilios utilizados en la producción.

Este enfoque asegura que los procedimientos de limpieza y desinfección sean efectivos, seguros y fácilmente auditables.

10.3.3. Plan de formación y control de manipuladores

Dado que los manipuladores de alimentos son una de las principales fuentes de contaminación, es fundamental reducir la posibilidad de que puedan transferir contaminantes a los alimentos. Para lograr esto, es necesario que los manipuladores reciban formación adecuada relacionada con sus tareas.

La legislación vigente sobre manipuladores de alimentos establece que deben contar con un certificado de formación en manipulación de alimentos. En Castilla-La Mancha, el Decreto 52/2002 (DOCM) regula las entidades formadoras de manipuladores de alimentos.

Un programa de formación para manipuladores debe incluir, entre otros, los siguientes elementos clave:

- Criterios para evaluar la seguridad alimentaria.
- Identificación de signos de deterioro y alteración de los alimentos.
- Conciencia sobre la importancia del control higiénico en toda la cadena alimentaria.
- Técnicas de manipulación higiénica de los alimentos.
- Diseño higiénico de los espacios y utensilios.
- Prácticas de higiene personal de los manipuladores.
- Requisitos de etiquetado e información sobre productos alimenticios.
- Comprensión del papel de los microorganismos en las enfermedades y la alteración de los alimentos.
- Métodos de conservación de alimentos.
- Conocimiento sobre la correcta limpieza y desinfección de utensilios e instalaciones.
- Requisitos de materiales de envasado y tipos de envases.
- Responsabilidad sanitaria individual de cada trabajador.

- Conocimiento básico del sistema APPCC.

Como medida correctiva ante la identificación de malas prácticas de higiene por parte de algún manipulador, se debe considerar la actualización continua de su formación mediante cursos de reciclaje, especialmente si la actividad o tecnología de la empresa cambia o si surgen evidencias de prácticas inadecuadas.

En cuanto a la documentación relacionada con la formación y el control de los manipuladores de alimentos, toda industria alimentaria debe contar con los siguientes documentos:

- Listado de manipuladores de alimentos.
- Certificados de formación en manipulación de alimentos de cada trabajador.
- Registro de las prácticas de higiene y buenas prácticas de manipulación y fabricación realizadas por la industria.
- Registro de medidas correctivas y revisiones del plan.

Si la empresa está homologada como entidad formadora:

- Copia de la documentación presentada para solicitar la autorización administrativa para formar manipuladores de alimentos.
- Evaluaciones de los conocimientos adquiridos por los manipuladores.
- Memorias anuales de actividades según el artículo 11 del Decreto 52/2002, incluyendo el número de cursos realizados y la lista de asistentes con la indicación de si aprobaron las pruebas de evaluación.
- Copia de la autorización administrativa para la formación de manipuladores de alimentos.
- Relación de los certificados de formación expedidos.
- Resultados de las pruebas de evaluación de los conocimientos de los trabajadores.

10.3.4. Plan de mantenimiento

Este plan se refiere a los procedimientos implementados por la empresa para asegurar que el diseño de la instalación, las diferentes áreas de producción, los equipos y los materiales sean adecuados para no comprometer la salubridad de los alimentos elaborados. Estos deben estar organizados de manera que se prevengan contaminaciones cruzadas y se garantice un adecuado estado de conservación de los productos.

➤ Ubicación de la industria

La industria debe situarse en una ubicación alejada de fuentes de contaminación, como vertederos, depuradoras, entre otras. El diseño higiénico de la instalación debe ser tal que se minimicen los riesgos de contaminación entre la zona sucia y la zona limpia, evitando

que las áreas de trabajo se crucen entre sí. El flujo de producción debe seguir un recorrido lógico, comenzando desde la recepción de materias primas y materiales de envasado, pasando por la zona de acondicionamiento de las materias primas, hasta llegar a la zona de producto acabado y envasado. Las distintas áreas de producción y trabajo deben estar bien delimitadas y separadas de manera adecuada.

Se recomienda un diseño de tipo "horizontal", ya que facilita el movimiento del producto, al mismo tiempo que mejora la ventilación e iluminación del espacio.

➤ Construcciones

Las instalaciones deben ser evaluadas no solo por su adecuación al uso previsto, sino también para facilitar las tareas de limpieza, desinfección, trabajo y seguridad. En ocasiones, pequeños detalles pueden influir significativamente en la facilidad de uso y limpieza de los equipos e instalaciones, evitando la acumulación de suciedad. La iluminación, ya sea natural o artificial, debe ser lo suficientemente intensa para permitir realizar las tareas adecuadamente y detectar tanto problemas de suciedad como cualquier otra irregularidad que pueda surgir durante la producción.

❖ Paredes

Las paredes deben ser de color claro y tener superficies lisas que faciliten su limpieza, evitando la acumulación de suciedad. En caso de estar pintadas, deben ser repintadas periódicamente para conservar su recubrimiento y prevenir el crecimiento de mohos.

❖ Suelos

Los pavimentos deben ser lisos, impermeables, resistentes, fáciles de limpiar, ignífugos y contar con los sistemas de desagüe adecuados para facilitar la limpieza y el saneamiento del suelo de manera eficaz.

❖ Techos

Deben estar recubiertos con materiales que no retengan suciedad, polvo ni sirvan de refugio para insectos. Además, deben ser lisos y fáciles de limpiar. La presencia de falsos techos puede favorecer la instalación de insectos y roedores, por lo que su inspección debe ser parte del protocolo de limpieza y desinfección.

❖ Ventanas y extractores

Las ventanas practicables deben estar protegidas con telas mosquiteras, al igual que los extractores, los cuales deben contar con mosquiteras que se ajusten perfectamente para evitar la entrada de insectos. Las repisas de las ventanas pueden ser una fuente de contaminación debido a la acumulación de polvo y suciedad, por lo que deben tener una inclinación adecuada; sin embargo, es preferible que no existan alféizares interiores. Además, se debe realizar un mantenimiento periódico de los extractores de aire para evitar la acumulación de suciedad, ya que esta podría facilitar el anidamiento de insectos, aves y otros organismos.

❖ Tuberías y conducciones

Las uniones de tuberías, conducciones y sus codos deben estar libres de resaltes interiores, ser fácilmente desmontables y contar con juntas de material sanitario autorizado. Además, deben estar separadas entre sí y de las paredes para facilitar la limpieza y reducir la acumulación de suciedad.

❖ Ventilación

Debe disponerse de medios adecuados y suficientes de ventilación, tanto mecánica como natural, en todas las áreas. Se deben evitar las corrientes de aire mecánicas o forzadas que vayan desde zonas contaminadas hacia zonas limpias, especialmente en las áreas de elaboración de alimentos. Esto ayudará a prevenir la condensación de agua que pueda causar humedad en las paredes y techos, favoreciendo el crecimiento de mohos.

❖ Desagües

Todos los desagües deben estar equipados con rejillas bien insertadas para evitar el acceso de roedores, y es recomendable que cuenten con sifones inundables. Además, su limpieza periódica es esencial para prevenir la emisión de malos olores.

❖ Sistemas de iluminación

Estos sistemas deben estar protegidos de manera que, en caso de rotura o desprendimiento, los cristales no caigan dentro de la maquinaria de elaboración de yogur y contaminen el producto final.

➤ Materiales

Todos los materiales que entren en contacto con las materias primas y el producto final, como depósitos, cintas transportadoras, cajas, envases finales, entre otros, deben tener características que no alteren el producto. Actualmente, la mayoría de los equipos son de acero inoxidable y materiales sintéticos, debido a la modernización de las industrias, que han actualizado sus equipos y procesos. Estos materiales facilitan considerablemente las operaciones de limpieza y desinfección, a la vez que aumentan la vida útil de los equipos y superficies.

➤ Mantenimiento de equipos

Normalmente, el mantenimiento de los equipos en las industrias es de tipo correctivo, es decir, se avisa al personal de la empresa o a un especialista cuando ocurre un desperfecto o fallo en el funcionamiento de los equipos. Sin embargo, es más recomendable cambiar este enfoque hacia un mantenimiento preventivo, lo cual puede resultar en una mayor durabilidad de los equipos y en la reducción de paradas de producción, entre otros beneficios.

Por esta razón, es importante documentar en un protocolo de mantenimiento los locales, equipos, procesos de revisión, incluyendo la frecuencia de las mismas, el personal

encargado de realizarlas, y las acciones correctivas, las cuales deberán ser debidamente registradas.

En las industrias lácteas, existe maquinaria específica que requiere un plan de mantenimiento preventivo, y este debe incluir revisiones periódicas para garantizar su funcionamiento adecuado y su conservación. Estas revisiones son esenciales para identificar elementos del equipo que, debido a defectos de diseño, un mantenimiento inadecuado o posibles desprendimientos, podrían convertirse en peligros físicos, como trozos de metal, esquirlas, tornillos, entre otros.

Los manuales de instrucciones de los equipos y maquinaria deben formar parte de la documentación dentro del plan de mantenimiento. Además, dentro del mantenimiento preventivo de los equipos y aparatos, se debe incluir la calibración de estos, la cual debe estar debidamente documentada para asegurar que los equipos sigan operando dentro de los parámetros requeridos y no afecten la calidad del producto final.

Los documentos de referencia y control del plan de mantenimiento son los siguientes:

- Registro de mantenimiento de locales, equipos e instalaciones.
- Registro de mantenimiento de equipos de frío y calor.
- Registro de calibración y verificación de equipos.
- Parte de acciones correctoras.

10.3.5. Plan de desinsectación y desratización

Uno de los problemas recurrentes en las industrias es la presencia de insectos y roedores. Estos animales tienen la capacidad de transmitir enfermedades al ser humano a través de sus excrementos o por el contacto directo con los alimentos, lo que puede causar la contaminación de los mismos con microorganismos patógenos. Debido a su capacidad para transportar diversos microorganismos, se les conoce como vectores de contaminación.

La presencia de estos vectores en una industria es completamente inaceptable desde el punto de vista de la higiene alimentaria, por lo que el control de estos animales debe abordarse desde dos enfoques: evitar su acceso al establecimiento y eliminar a aquellos que ya hayan logrado ingresar.

Desde cualquier perspectiva, y especialmente desde el enfoque del sistema APPCC, las técnicas preventivas son más eficaces, económicas y seguras que las que se enfocan en erradicar plagas ya presentes. Esto es aún más relevante si se considera que eliminar por completo una plaga es muy difícil, por lo que en muchos casos se debe conformar con mantener un control sobre ellas.

Para reducir su presencia, se deben aplicar las medidas necesarias, comenzando por las preventivas, y en caso de infestación, tomar las medidas correctivas apropiadas para su eliminación. Estas medidas pueden ser implementadas por el propio empresario, siempre

y cuando utilice métodos físicos, o bien contratando una empresa especializada en control de plagas, la cual puede recurrir a métodos adicionales, como tratamientos químicos, siempre que esté debidamente autorizada para realizar este tipo de intervenciones.

➤ Medidas preventivas

Existen dos tipos de métodos para el control de vectores: los pasivos y los activos.

Métodos pasivos: Estos métodos buscan evitar la entrada de los vectores o dificultar su asentamiento y proliferación mediante medios físicos, tales como:

- Protección de las aberturas del establecimiento con mallas mosquiteras, puertas cerradas y con la parte inferior sellada para evitar la entrada de roedores, además de la instalación de rejillas y sifones en los desagües.
- Alrededores del edificio pavimentados, sin áreas de plantas ni jardines que favorezcan su anidamiento.
- Medidas destinadas a dificultar su acceso a fuentes de alimento, agua y lugares de anidamiento. Entre ellas destacan la limpieza rigurosa, la eliminación de residuos, y el cierre de grietas y otros posibles refugios, eliminando rincones cálidos, húmedos y de difícil acceso para la limpieza.

Métodos activos: Estos métodos se enfocan en eliminar los vectores antes de que ingresen al establecimiento, tales como:

- Fumigaciones exteriores.
- Instalación de trampas en los accesos (pegamentos, ceños, cebos).
- Uso de repelentes en puertas y ventanas.
- Colocación de lámparas electrocutoras.
- Empleo de ultrasonidos.

➤ Medidas correctoras

Cuando una plaga se ha establecido en una industria, es necesario recurrir a técnicas de eliminación. Estos tratamientos deben realizarse de manera periódica, y no únicamente cuando se detecta una gran población de insectos o roedores, ya que en ese momento el tratamiento es más agresivo, costoso y menos eficaz.

En la mayoría de los casos, estos tratamientos requieren el uso de productos tóxicos, que deben ser manipulados y aplicados por personal especializado y autorizado para su manejo.

Dentro de un programa de tratamiento de desinsectación-desratización, se deben seguir los siguientes pasos:

- Realizar un estudio del grado de proliferación de la plaga y sus características. Se pueden utilizar sistemas como cepos, pegamentos, placas de cera para contar los vectores o trampas de feromonas, entre otros.
- Elegir los productos adecuados para el tratamiento, considerando las características del vector a combatir, la toxicidad del producto, su solubilidad, el tiempo que tarda en provocar la muerte, etc.
- Proporcionar información sobre el tratamiento aplicado, indicando las características técnicas del producto utilizado, su toxicidad y los plazos de seguridad antes de reanudar las actividades laborales.

Entre los productos utilizados en el control de vectores, se destacan los siguientes:

- Insecticidas: Son productos con diferentes formulaciones basadas en principios activos como los organoclorados, carbamatos, piretrinas, etc. Suelen ir acompañados de repelentes o atrayentes según el uso que se les vaya a dar.
- Rodenticidas: Entre los rodenticidas más comunes se encuentran los basados en anticoagulantes, que causan la muerte del roedor después de un periodo tras el consumo del veneno. Son preferibles a los productos que provocan una muerte inmediata, como el arsénico o la estricnina, que no solo están prohibidos, sino que además favorecen el aprendizaje de los roedores.

Para evitar la aparición de resistencias y aprendizajes, es recomendable cambiar el tipo de cebo utilizado, combinando presentaciones en forma de bloque con granos y alternando los productos entre sí. Cualquiera que sea el producto utilizado, debe aplicarse mediante porta cebos para evitar su dispersión por la industria.

➤ Controles visuales a realizar por la empresa

El personal de la empresa puede realizar diversos controles visuales para detectar la presencia de roedores, ya que, aunque no se vean directamente, se pueden identificar indicios de su presencia. Algunos de los indicadores de la presencia de roedores son:

- Excrementos
- Madrigueras
- Roeduras
- Huellas
- Sendas

En el caso de usar cebos, cepos, pegamentos, entre otros, se procederá a su revisión visual de manera periódica para verificar el número de capturas o la cantidad de cebos consumidos. Con base en los resultados observados, se establecerán las acciones correctoras más adecuadas.

Los documentos de referencia y control del plan de desinsectación y desratización incluyen:

- Plano de identificación de las medidas adoptadas (localización de cebos).
- Información relacionada con los productos empleados en los métodos químicos, incluida en las fichas técnicas de los productos (número de registro sanitario, principio activo, método de aplicación, plazo de suspensión, etc.).
- Información acreditativa del aplicador, como el carné del aplicador para el personal de la propia empresa o la autorización correspondiente en caso de contratar a una empresa de control de plagas.
- Sistema de control de capturas y cebos consumidos para verificar la eficacia de los tratamientos.

10.3.6. Plan de control de proveedores

Cuando se habla de control de proveedores, se hace referencia a los criterios utilizados para garantizar que las materias primas suministradas cumplan con determinadas características, en este caso, higiénico-sanitarias. Esto significa que deben ajustarse a especificaciones sanitarias establecidas por la legislación vigente y por la propia empresa.

Si una materia prima está contaminada, no debe ingresar en la cadena de producción. Como mínimo, para evaluar a un proveedor se considera el cumplimiento de las especificaciones legales, y a partir de allí, cada empresa, según su actividad, tecnología y sistema de producción, puede aumentar sus exigencias.

Para lograr eficiencia, es necesario alcanzar el mayor grado de seguridad posible con el menor número de controles, manteniendo un historial de homologación de proveedores para establecer diferentes niveles de confianza con aquellos con los que se tiene una relación más larga o con nuevos proveedores, a quienes se debe controlar con mayor rigidez en un inicio.

No solo se deben evaluar materias primas y aditivos, sino también establecer especificaciones para materiales auxiliares, productos de limpieza y desinfección, y material de envases y embalaje, entre otros.

Al desarrollar las especificaciones sanitarias para los proveedores, es importante considerar diferentes aspectos de las materias primas, como:

1. Normativa legal: Son los requisitos mínimos que todos los productos alimenticios deben cumplir según la legislación vigente.
2. Riesgo intrínseco de las materias primas: No todas las materias primas tienen la misma probabilidad de alterarse o contaminarse. Se debe considerar si se trata de productos perecederos, que tienen más probabilidades de contaminación debido a sus características y composición, o de productos estables, con baja humedad y facilidad de conservación.

3. Condiciones de recepción: Es importante conocer las condiciones en que las materias primas o auxiliares son recibidas, si han pasado por algún tratamiento previo, las manipulaciones que hayan tenido, procesos de transporte o cualquier otra información relevante para evaluar el estado del producto en el momento de su recepción y las posibles alteraciones que haya podido sufrir.

Como se puede observar, hay varios factores que deben considerarse al establecer los criterios de aceptación de las materias primas y las mejores condiciones sanitarias para cada industria. Sin embargo, es posible definir parámetros mínimos de cumplimiento obligatorio para todos los proveedores.

- Criterios de homologación de proveedores en el caso de la industria láctea que nos ocupa

En relación con el caso en cuestión, y tomando como referencia los requisitos y estándares establecidos en el Reglamento CE 853/2004 para la producción de leche cruda, se pueden definir los siguientes criterios para la homologación de los proveedores de leche en nuestra industria:

- ❖ En relación a la recogida y recepción de la leche

La leche cruda de oveja deberá provenir de animales que cumplan con las siguientes condiciones:

- Estar libres de infecciones en el aparato genital, enteritis, fiebre, así como de inflamaciones o lesiones en la ubre.
- No presentar síntomas de enfermedades contagiosas que puedan transmitirse al ser humano.
- Haber recibido únicamente sustancias veterinarias autorizadas, respetando el plazo de espera correspondiente antes de comercializar la leche procedente de estos animales.

En el área de recepción, se debe registrar la cantidad de leche recibida y realizar un control rápido de su calidad. Para asegurar la inocuidad de los productos, los operadores llevarán a cabo los siguientes controles obligatorios antes de proceder con la descarga:

- Inspección visual: verificar el color, olor, aspecto de la leche y la posible presencia de contaminación macroscópica.
- Control de la temperatura de la cisterna: no debe superar los 8°C.
- Control de las condiciones de limpieza de la cisterna: revisión de la hoja de registro de los lavados que debe acompañar a la cisterna.
- Verificación de las condiciones de transporte hasta el centro lácteo, a través de las muestras de leche tomadas en la explotación.
- Realización de la prueba de alcohol a 68°C.

- Prueba de inhibidores para detectar la presencia de antibióticos.

❖ En relación al transporte y almacenamiento de la leche

En cuanto al transporte de la leche, esta debe mantenerse a una temperatura máxima de 6°C si la recogida es diaria. Durante el transporte, se debe garantizar la cadena de frío, y al ingresar a la industria, la temperatura no debe superar los 8°C.

De acuerdo con el Reglamento (CE) n° 853/2004, de 29 de abril de 2004, que establece normas específicas de higiene para los alimentos de origen animal, los operadores de las empresas alimentarias deben asegurar que, si la leche no es procesada en las siguientes 4 horas, se enfríe rápidamente a una temperatura que no exceda los 6°C y se mantenga a esa temperatura hasta su transformación.

❖ En relación a la toma de muestras y análisis de laboratorio

Las muestras a analizar deben mantenerse a una temperatura entre 0°C y 4°C, pudiendo llegar a ser de 6°C si se procesan dentro de las primeras 24 horas. Las muestras deben ser recolectadas en tubos de ensayo, con un volumen de 40 cc por muestra.

Parámetro	Valores	Método y material
Células somáticas (RCS)	< 400.000 células/ml	Contador de células somáticas
Recuento aerobios mesófilos	< 300.000 UFC/ml	Incubación placas Petri a 30°C durante 72h
Densidad	1,033-1,036 g/ml	Lactodensímetro contrastado a 15°C
Acidez valorable	16-22 Dornic (0,14-0,2% ácido láctico)	Determinación de acidez en leche
pH	6,6-6,68	pH-metro
Punto crioscópico	-0,56°C a -0,58°C	Crioscopio con estándar Gerber
Grasa	5,5-7,5%	Método Gerber-butirómetro
Proteína	5,2-6,5%	Método del formol
ESM	10-12%	Método directo-estufa de desecación

Tabla 104. Requisitos y métodos de medición de la calidad de la leche cruda de oveja. (Elaboración propia).

➤ Otras materias primas y material auxiliar

En las empresas lácteas, además de la leche, se reciben diversos productos utilizados en el proceso de fabricación, tales como leche en polvo desnatada, cultivos lácticos, edulcorante, colorantes, aroma a vainilla, material de envasado y productos de limpieza y desinfección.

Para gestionar el origen de las materias primas y el material auxiliar, es recomendable mantener un listado de proveedores, que debe incluir su número de registro o autorización

sanitaria, así como los datos relevantes de cada uno. Este listado debe registrar también las fechas de alta y baja de los proveedores, junto con las razones de su exclusión, como el incumplimiento reiterado de normativas, el cierre del negocio o cualquier otro motivo.

Todas las materias primas y materiales auxiliares deben estar debidamente identificados con respecto a su origen, lo cual se logra a través de su etiquetado o la documentación comercial o de acompañamiento proporcionada por el proveedor, y conforme a las especificaciones acordadas.

Los documentos clave para el control y seguimiento del plan de proveedores son los siguientes:

- Listado de proveedores.
- Registro de control de las condiciones de recepción de las materias primas, incluyendo aspectos como temperatura, análisis, fecha de entrada, lote, entre otros.
- Fichas técnicas o documentos que validen el origen de las materias primas.
- Certificación sanitaria de la ganadería (Carta Verde).

10.3.7. Plan de control de trazabilidad

La seguridad sanitaria de los alimentos debe ser monitoreada a lo largo de todas las fases de producción, desde el origen de las materias primas hasta la entrega al consumidor final. De acuerdo con el Reglamento (CE) N.º 178/2002, la trazabilidad se define como la capacidad de seguir el recorrido de un alimento, pienso, animal destinado a la producción de alimentos o sustancia destinada a ser incorporada en estos productos a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución. Según el Codex Alimentarius, la trazabilidad es la habilidad de rastrear el movimiento de un alimento a través de sus diferentes etapas de producción, transformación y distribución.

Para asegurar la trazabilidad de un producto, es necesario implementar un sistema de identificación de los lotes fabricados en la industria, lo cual incluye información sobre la cantidad de unidades que componen dicho lote. Un lote se define como "un conjunto de unidades de venta de un producto alimenticio producido, fabricado o envasado bajo condiciones casi idénticas" (Artículo 3, Real Decreto 1334/99).

Dependiendo de los procesos realizados en la industria láctea, el sistema de trazabilidad que se adopte puede requerir:

- a) Trazabilidad hacia atrás: Esto implica rastrear los productos que ingresan a la empresa y sus respectivos proveedores. Se deben considerar aspectos como quién provee los productos, qué productos se reciben, cuándo se reciben y cómo se procesan.
- b) Trazabilidad interna de proceso: Hace referencia al seguimiento de los productos dentro de la industria, independientemente de si se elaboran productos propios.

En este caso, se deben considerar aspectos como el momento en que los productos se dividen, transforman o mezclan, qué se elabora, a partir de qué materias primas se crea el producto, cómo se elabora, cuándo y cómo se identifica el producto final.

- c) Trazabilidad hacia adelante: Se refiere al seguimiento de los productos ya preparados para su expedición y los clientes a los que se entregan. En este caso, se debe tener en cuenta a quién se entrega el producto, qué producto se entrega y cuándo.

Estos procesos son fundamentales para garantizar que, en caso de que ocurra un incidente, todos los actores en la cadena alimentaria puedan actuar rápidamente para comprender su naturaleza, tomar las medidas correctivas necesarias para proteger la salud pública y preservar la reputación de la empresa, así como eliminar la causa del incidente y reducir las probabilidades de que se repita.

En situaciones de incidentes con posibles implicaciones para la salud pública, contar con una trazabilidad adecuada y un correcto loteado facilitará una rápida identificación y retirada únicamente de los lotes afectados, evitando la retirada innecesaria de otros productos no involucrados.

Por esta razón, es esencial tener un protocolo de actuación en caso de retirada de producto, que contemple las siguientes acciones:

- Notificar a las autoridades competentes.
- Identificar la naturaleza del incidente.
- Localizar los productos afectados.
- Implementar medidas correctivas.
- Informar a los operadores económicos.
- Elaborar un informe post-incidente y extraer conclusiones.

En el caso de los productos lácteos, una forma de gestionar la trazabilidad es registrar la procedencia de la leche utilizada en cada lote de producto, ya sea proveniente de un único proveedor o varios. Además, es fundamental controlar este proceso mediante una ficha de control de fabricación, que puede incluir los siguientes datos:

- Cantidad de leche a procesar (en litros).
- Lote de aditivos e ingredientes utilizados.
- Lote del material de envasado.
- Fecha de fabricación.
- Lote asignado al producto final.
- Tipo de producto elaborado.

Es necesario incluir información adicional como el nombre o denominación comercial, la dirección o domicilio social del fabricante, transformador o vendedor encargado de la comercialización, y una identificación adecuada que permita la trazabilidad del material o producto.

Dado que la trazabilidad abarca todas las etapas de producción y distribución, es crucial que la industria implemente un control adecuado de los procesos, no solo cumpliendo con los requisitos previos, sino integrando la trazabilidad en todo el proceso productivo y en la distribución. De no ser así, se carecería de información detallada sobre los factores y procesos a los que se ha sometido un lote específico.

Los documentos clave para el control del plan de trazabilidad son:

- Ficha de control de entrada de materia prima.
- Ficha de control de elaboración.
- Albaranes de salida de mercancía.

En base al plan de trazabilidad anteriormente explicado y para el caso que nos concierne, se establecerán los siguientes criterios para asegurar un correcto desarrollo de elaboración del producto:

❖ En relación al transporte de materias primas en fábrica

El transporte de la leche se realizará mediante tuberías, bombas y válvulas, considerando un diseño que aproveche la gravedad al máximo. Esto implica minimizar el uso de codos, los cuales pueden ser puntos de acumulación de residuos y potenciales focos de contaminación.

Además, se evitarán tuberías largas y estrechas en el transporte de nata destinada al almacenamiento y comercialización, ya que la incorporación de aire debido a una fuerza de cizalla excesiva o una turbulencia intensa podría dañar los glóbulos grasos, lo que afectaría la calidad del producto y aumentaría el riesgo de contaminación por bacterias lipolíticas

❖ En relación a la línea de procesado

En cuanto a la pasteurización de la leche, la normativa establece lo siguiente:

- Un tratamiento térmico mínimo de 71,7 °C durante 15 segundos, o un proceso equivalente con el mismo efecto.
- La leche debe dar un resultado negativo en la prueba de fosfatasa alcalina y positivo en la prueba de peroxidasa.
- Debe enfriarse de manera inmediata tras la pasteurización, alcanzando lo más rápido posible una temperatura que no supere los 6 °C.

❖ En relación al envasado

Se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- El cierre de los envases destinados al consumidor debe realizarse inmediatamente después del proceso de llenado. El sistema de cierre debe estar diseñado de manera que, al abrir el envase, se evidencie claramente que ha sido abierto, y que sea fácil de verificar.
- Se debe contar con certificados que aseguren la aptitud de los envases y notificar al proveedor sobre cualquier factor relacionado con los alimentos que pueda comprometer la idoneidad del envase, evitando migraciones entre el envase y el producto.
- La zona de envasado se clasifica como un área de "Riesgo" y debe estar físicamente separada para prevenir la contaminación cruzada entre ingredientes, personal, equipos, agua, líquidos del suelo y el ambiente. Además, se debe aplicar un alto estándar de higiene en esta área.

10.3.8. Plan de control de desperdicios

Cuando hablamos de desperdicios en la industria alimentaria, nos referimos a todos los productos derivados de las actividades de la empresa que deben ser eliminados debido a su potencial como fuente de contaminación.

Primero, se debe identificar qué tipo de desperdicios se generan en la industria para establecer un sistema eficiente y sanitario para su gestión. El flujo de producción, desde la llegada de las materias primas hasta la elaboración, exposición o distribución de los productos, debe ir de la mano con el manejo de los desperdicios, evitando cualquier cruce entre ambos. Además, la ubicación de los desperdicios nunca debe coincidir con el área de descarga o entrada de materias primas.

En las industrias lácteas, se generan los siguientes tipos de desperdicios:

- Residuos sólidos urbanos (R.S.U.): Estos son los desperdicios que pueden ser depositados en los contenedores de recogida municipal, como plásticos, cartones y envases. En las áreas de mayor generación de desperdicios, deben existir cubos o contenedores de basura debidamente identificados, con cierre hermético y mecanismos de apertura no manual. Estos contenedores deben ser vaciados diariamente para evitar la acumulación dentro de la planta.
- Subproductos animales no destinados al consumo humano (S.A.N.D.A.C.H.): En el caso de la industria láctea, especialmente en la fabricación de productos y derivados lácteos, se generan los siguientes tipos de subproductos:
 - a) S.A.N.D.A.C.H tipo 2: Leche que contiene residuos de medicamentos veterinarios, conforme a la Directiva 96/23/CE.

- b) S.A.N.D.A.C.H tipo 3: Este subproducto incluye principalmente el lactosuero. Según el Reglamento (CE) 79/2005, si proviene de productos lácteos no tratados térmicamente, debe ser recogido al menos 16 horas después de la coagulación de la leche y su pH debe ser inferior a 6.0 para poder enviarlo a explotaciones ganaderas. Si proviene de productos sometidos a tratamientos térmicos (UHT, esterilización o pasteurización), puede usarse como materia prima para la alimentación animal, siempre garantizando la trazabilidad de los productos. Estos desperdicios deben ser recolectados, transportados, identificados y tratados sin retrasos innecesarios, en conformidad con el Reglamento (CE) 1774/2002.

Los documentos que respaldan el plan de gestión de desperdicios incluyen:

- Responsable del transporte de los residuos.
- Destinatario de los residuos.
- Justificantes de pago o entrega de los residuos.

10.3.9. Plan de transporte

Tan importante como los demás planes de requisitos previos, el plan de transporte es fundamental, ya que la empresa es responsable de garantizar que tanto las materias primas como los productos terminados lleguen al cliente o consumidor final en perfectas condiciones higiénico-sanitarias. Por ello, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- a) Tipo de vehículo: Los vehículos utilizados pueden ser cisternas isotermas sin equipo de refrigeración, o vehículos destinados a la venta y distribución del producto final a los clientes, los cuales pueden ser isotermos con o sin equipo de frío, según las necesidades del producto a transportar. Es necesario que estos vehículos cumplan con lo establecido en el Acuerdo sobre el Transporte Internacional de Mercancías Perecederas (ATP) y cuenten con su correspondiente certificado de homologación. El control de la conformidad de los vehículos debe realizarse antes de su uso y, periódicamente, al menos cada seis años.
- b) Temperatura de transporte: Durante la recogida y el transporte de la leche desde la ganadería hasta la fábrica, se debe garantizar que se mantenga la cadena de frío, asegurando que la leche llegue a la planta a una temperatura igual o inferior a 10°C, siempre que no se trate de leche recién ordeñada, tal como establece el Reglamento CEE 853/2004. Para el transporte del producto final, se deben respetar las temperaturas de conservación fijadas por el fabricante.
- c) Características de los vehículos, limpieza y mantenimiento: Los vehículos deben contar con cisternas, paredes, techos y suelos lavables, fabricados con materiales autorizados que garanticen la higiene durante el transporte. Se debe establecer un plan de limpieza y desinfección para los vehículos de la empresa.

- d) Estiba en el transporte: Los alimentos no deben ser colocados directamente sobre el suelo del vehículo. Es necesario que el vehículo disponga de palés del tamaño adecuado, cajones plásticos lavables o estanterías adaptadas, según el tipo de producto a transportar.
- e) Programa de control de transporte: En este programa se debe controlar la temperatura del transporte, asegurando que el equipo de frío del vehículo esté en condiciones óptimas y cumpla con la legislación vigente. Los termómetros deben estar calibrados, y se deben realizar revisiones periódicas de los mismos.

En caso de que se contrate una empresa externa para la recogida y/o transporte de las materias primas y/o productos finales, la industria láctea deberá implementar un sistema de verificación para garantizar que el transporte se realice conforme a las especificaciones pactadas y cumpla con la normativa aplicable.

Los documentos de referencia y control del plan de control de transportes son los siguientes:

- Fotocopia de los certificados ATP de los vehículos isoterms.
- Registro de comprobación de los elementos de los programas de mantenimiento de los vehículos.
- Registro de calibraciones de termómetros, averías, vigilancia y revisiones periódicas.
- Ficha de control de temperaturas.
- En caso de subcontratar el transporte, se debe justificar mediante el contrato o albarán de mercancía.
- Ficha de control de limpieza y desinfección.

En este trabajo se contempla la subcontratación de una empresa de transporte encargada de la entrega del producto terminado al cliente. Para garantizar la seguridad alimentaria en toda la cadena de distribución, se deberán seguir las recomendaciones de la AECOSAN y la normativa vigente sobre transporte de productos alimentarios. La empresa de transporte debe estar registrada en el Registro General Sanitario (RGSEAA) con la clave 40/605, lo que le permite realizar el transporte de productos alimentarios a temperatura regulada.

10.4. Sistema APPCC

El sistema APPCC (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control) se puede definir como un procedimiento sistemático y preventivo, reconocido internacionalmente, diseñado para abordar los peligros biológicos, químicos y físicos mediante la anticipación y prevención, en lugar de a través de la inspección y verificación de los productos finales (FAO, 2002).

Este sistema proporciona una base sólida para asegurar un control efectivo de la higiene alimentaria, ya que cubre toda la cadena alimentaria, desde la producción primaria hasta el consumidor, implementando controles clave en cada etapa del proceso.

El concepto de APPCC (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control) fue presentado de manera concisa en la "National Conference on Food Protection" en 1971.

10.4.1. Ventajas y limitaciones del sistema APPCC

El sistema de APPCC se basa en la metodología de controlar los puntos críticos en la manipulación de alimentos para prevenir problemas de inocuidad. Es un enfoque preventivo, en lugar de depender únicamente de la inspección y verificación del producto final.

Al enfocarse en el control de los factores que afectan la seguridad en toda la cadena alimentaria, este sistema permite a productores, fabricantes y consumidores tener la certeza de que se alcanzan y mantienen los niveles deseados de seguridad alimentaria. El APPCC identifica los peligros específicos que pueden surgir y, en función de sus características, implementa medidas preventivas adaptadas al peligro detectado, lo que permite corregir defectos en el proceso y ajustar los controles, evitando que productos peligrosos lleguen a etapas posteriores de la producción.

Una de sus principales ventajas es el control de los puntos críticos en la manipulación de alimentos, lo que previene problemas de inocuidad. Además, ofrece beneficios adicionales como un uso más eficiente de los recursos, ahorro en la industria y una mayor capacidad para responder ante problemas relacionados con la inocuidad alimentaria.

Sin embargo, este sistema también presenta algunas limitaciones. Para implementar el APPCC en una industria, es necesario contar con recursos técnicos, humanos y materiales suficientes, así como con personal capacitado en el manejo de este plan. Otra dificultad puede ser la determinación de los riesgos, las medidas preventivas y los puntos críticos de control (PCC), entre otros aspectos.

10.4.2. Principios generales del sistema APPCC

1. Realización de un análisis de peligros

Este punto es fundamental dentro del sistema APPCC, por lo que es esencial contar con suficiente información para su correcta implementación. En esta etapa se identifican los peligros (biológicos, físicos o químicos) y se evalúan los riesgos asociados que pueden surgir en cada fase de la elaboración del producto. A partir de esta evaluación, se establecerán medidas preventivas para el control de los Puntos Críticos de Control (PCC).

Según el marco del APPCC, el término "peligro" se refiere a cualquier agente biológico, químico o físico presente en un alimento, o bien a la condición en que éste se encuentra, que pueda causar un efecto adverso para la salud. Los peligros pueden tener un origen

biológico, químico o físico y pueden derivar de materias primas, productos semielaborados o productos terminados.

Tipo de peligro	Ejemplos
Biológicos	Macrobiológicos, microbiológicos Bacterias patógenas: esporuladas y no esporuladas Parásitos y protozoos Virus, micotoxinas
Químicos	Residuos veterinarios: antibióticos, estimulantes de crecimiento Residuos químicos: plaguicidas, productos de limpieza Alérgenos Sustancias químicas: conservantes, ayudantes fabricación
Físicos	Vidrio, metales, piedras, madera, plásticos, restos de insectos, huesos, etc

Tabla 105. Tipos de peligros asociados a la fabricación de alimentos. (Elaboración propia a partir de Forsythe, 2003).

2. Determinar los PCC

Un PCC (Punto Crítico de Control) es una etapa en el proceso de producción en la que se puede aplicar un control para prevenir, eliminar o reducir un peligro relacionado con la inocuidad de los alimentos a niveles aceptables. Antes de identificar estos puntos críticos, se debe verificar si alguno de los peligros ya ha sido controlado por los planes previos implementados en el sistema.

El uso de herramientas lógicas y sistemáticas, como un árbol de decisiones, puede ser útil para determinar los PCC. Este árbol consta de cuatro preguntas clave, cuya respuesta ayuda a determinar si una etapa en el proceso debe considerarse un PCC o no. Las preguntas son formuladas de manera que guíen a los responsables de la seguridad alimentaria a tomar decisiones claras sobre los puntos críticos en el proceso de producción.

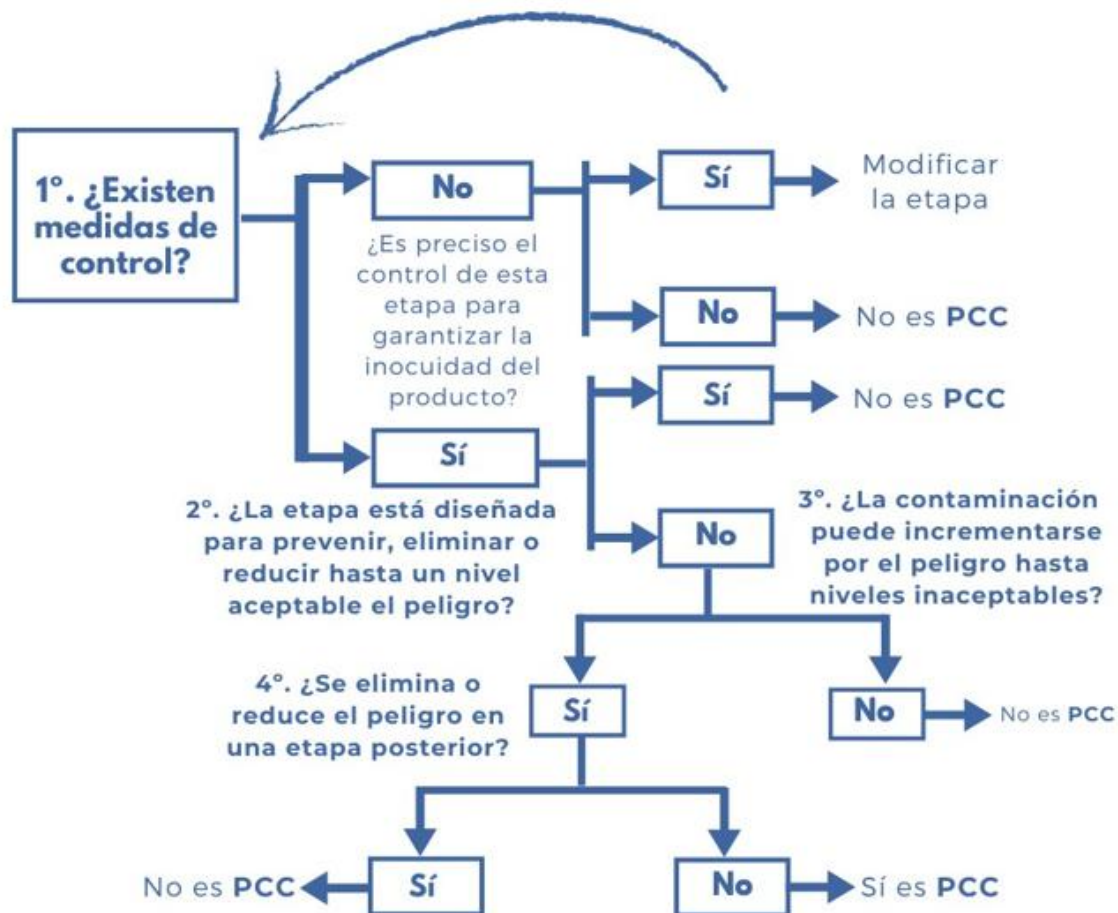


Figura 148. Árbol de decisión para establecer los Puntos de Control Críticos (PCC).
(Del Pino Gómez, 2021).

3. Establecer límites críticos

Se establecerán los límites críticos para los PCC identificados en el Principio 2 con el fin de poder controlarlos adecuadamente. Un límite crítico es un criterio específico que permite diferenciar entre la aceptabilidad o inaceptabilidad del proceso en una fase determinada. Estos límites sirven como parámetros para garantizar que los peligros sean controlados eficazmente y que el proceso se mantenga dentro de los niveles de seguridad establecidos.

4. Establecer un sistema de vigilancia

Se llevará a cabo una secuencia planificada de observaciones o mediciones de los parámetros de control de un PCC con el fin de evaluar si la fase está bajo control, es decir, dentro de los límites críticos establecidos en el Principio 3. Este sistema de vigilancia debe implementarse antes de que se superen los límites críticos.

Para establecer un sistema de vigilancia adecuado, se debe determinar el procedimiento a seguir: qué parámetros se van a controlar, cómo se realizará el control, quién será el responsable de llevar a cabo la vigilancia y con qué frecuencia se llevará a cabo dicha

vigilancia. Esto garantiza que los puntos críticos sean monitoreados de manera constante y efectiva para asegurar la inocuidad del proceso.

5. Establecer las medidas correctoras

Se establecerán las medidas que se deben adoptar cuando la vigilancia en un PCC indique una desviación respecto a un límite crítico establecido. Las medidas correctivas tienen dos funciones principales: restablecer el proceso dentro de los límites críticos y, al mismo tiempo, identificar y evaluar el producto afectado mientras el proceso no estaba bajo control. Estas acciones permiten corregir el problema de manera inmediata y minimizar los riesgos para la inocuidad de los alimentos.

6. Establecer procedimientos de verificación para confirmar que el sistema de APPCC funciona eficazmente

Estos procedimientos incluyen auditorías del sistema APPCC con el objetivo de examinar las desviaciones y el destino de los productos, así como muestreos y comprobaciones aleatorias para validar la efectividad del plan en su totalidad. La auditoría será realizada por personal con los conocimientos adecuados, pudiendo ser personal interno de la empresa o externo. Además, se deberá definir la frecuencia de estos procedimientos, y estos se llevarán a cabo siempre que haya cambios en los procesos para asegurar que el sistema siga siendo efectivo y cumpla con los estándares de seguridad alimentaria.

7. Establecer un sistema de documentación

Este sistema de documentación abarcará todos los procedimientos y registros necesarios para la aplicación de los principios del APPCC. Se compone del propio plan APPCC y de los registros elaborados durante su implementación. Estos documentos aseguran que todas las etapas del proceso estén debidamente controladas y que se pueda verificar el cumplimiento de las medidas establecidas para garantizar la seguridad alimentaria.

10.4.3. Directrices generales de aplicación del sistema APPCC

Para la correcta aplicación de los principios del sistema APPCC, es necesario llevar a cabo las tareas que se indican en la siguiente secuencia lógica:

1. Formación de un equipo APPCC

La empresa garantizará la disponibilidad de personal capacitado y con experiencia en el proceso alimentario en cuestión. Para ello, se conformará un equipo multidisciplinario de expertos, cuyo propósito será que cada miembro cuente con la formación y experiencia necesarias para abordar todos los aspectos relacionados. Las responsabilidades de este equipo incluyen:

- Desarrollar y diseñar el plan APPCC.
- Implementar, mantener, monitorear y revisar el sistema APPCC.
- Proporcionar informes periódicos a la dirección.

- Motivar y capacitar al personal.
- Realizar auditorías internas.

2. Descripción del producto

El equipo APPCC detalla el producto de forma exhaustiva, proporcionando información sobre su composición, características físico-químicas, proceso de envasado, condiciones de almacenamiento, sistema de distribución, entre otros aspectos.

3. Identificación del uso al que ha de destinarse

El uso del producto se fundamenta en los fines para los cuales ha sido destinado por el usuario o consumidor final. Además, es crucial identificar el grupo poblacional al que se orienta el producto, especialmente si se trata de colectivos de riesgo o vulnerables, como niños, mujeres embarazadas, personas enfermas, entre otros.

4. Elaboración de un diagrama de flujo

El equipo APPCC creará un diagrama de flujo, el cual es una representación detallada de la secuencia de etapas u operaciones realizadas en la producción o fabricación de un producto alimenticio específico (FAO, 2002). Este diagrama abarcará todas las fases del proceso, incluyendo la información sobre los tratamientos aplicados y las condiciones requeridas para el almacenamiento.

5. Verificación *in situ* del diagrama de flujo

El equipo APPCC deberá verificar el diagrama de flujo con el proceso de elaboración en cada una de sus etapas y momentos, realizando las correcciones necesarias. Además, se considerará su actualización cuando haya cambios en el proceso, así como su revisión anual.

Así, la implementación del sistema APPCC se lleva a cabo mediante los siguientes pasos, los cuales se conocen como la "Secuencia lógica para la implementación del sistema APPCC":

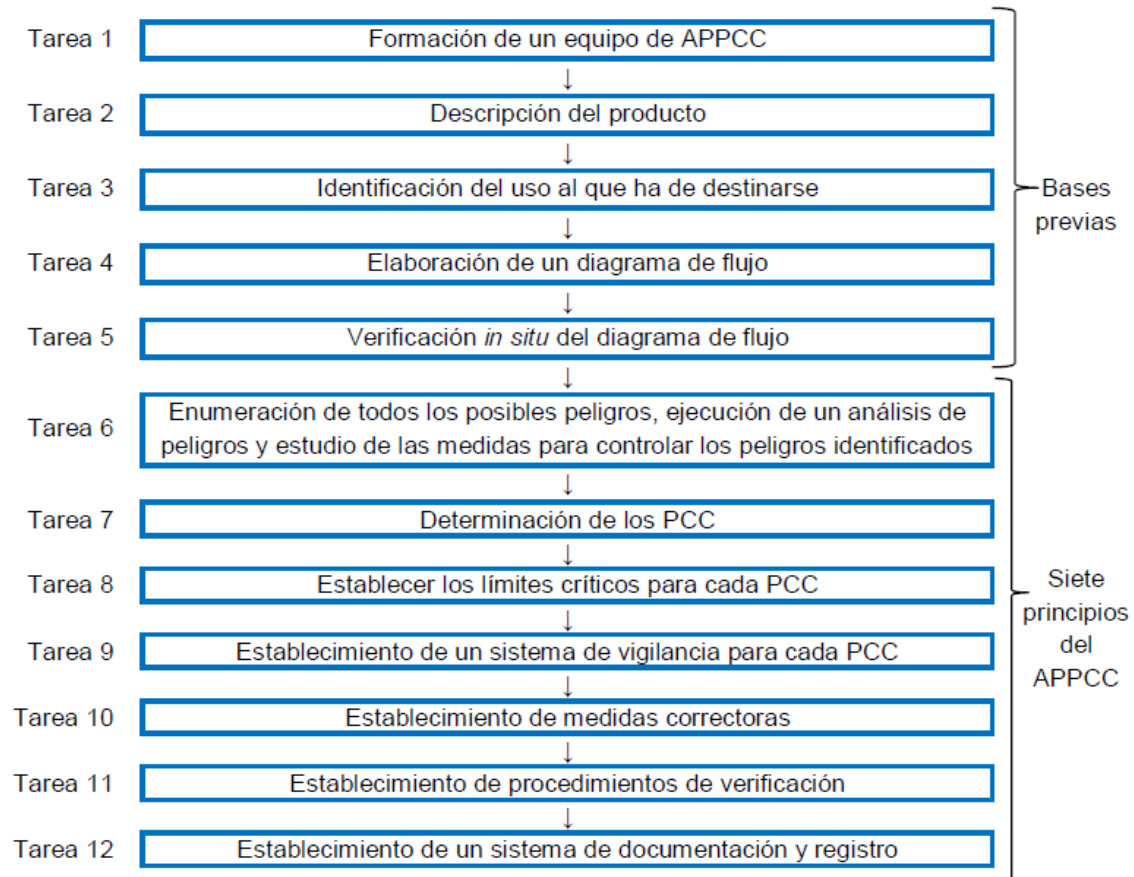


Figura 149. Secuencia lógica del APPCC. (Puertas Pérez, 2018).

10.4.4. Plan APPCC

El Plan APPCC de la industria se presenta en la siguiente tabla, que resume los peligros identificados en las instalaciones y las correspondientes medidas de control. A continuación, se incluye otra tabla que detalla las acciones correctivas que se aplicarán para cada Punto Crítico de Control identificado.

Fase		Identificación de peligros potenciales		Medidas preventivas o de control	PCC (Sí/No)
Recepción de MMPP	Leche	Biológico	Microorganismos patógenos	Análisis visual	Sí
				Tª de recepción < 10°C.	
				Determinación de la estabilidad al alcohol	
				Toma de muestras para análisis en laboratorio	
		Químico	Antibióticos/otros medicamentos suministrados al animal	Análisis in situ: test antibióticos	
				Revisión hoja de registro de lavados	
		Físico	Impurezas presentes procedentes del ordeño	Filtración posterior	
	Resto MMPP	Biológico	Microorganismos patógenos	Compra a proveedores certificados	No
				Revisión de los pedidos y las condiciones en su momento de recepción	
				El tratamiento térmico posterior elimina la flora patógena	

		Físico	Material extraño	Revisión de los pedidos y las condiciones en su momento de recepción	
Almacenamiento	Leche	Biológico	Microorganismos patógenos	Tª de conservación inferior a 6 °C	No
		Químico	Detergente limpieza equipos	Limpieza correcta de equipos	
		Físico	Partículas groseras presentes en los equipos		
	Nata	Biológico	Microorganismos patógenos	Control temperatura de conservación (4°C) y respeto de las recomendaciones del proveedor	No
		Físico	Rotura del envase	Buenas prácticas de almacenamiento	
	LDP	Biológico	Microorganismos patógenos	Control adecuado de almacenamiento según naturaleza de la materia prima	No
		Físico	Rotura del envase	Buenas prácticas de manufactura	
	Cultivo	Biológico	Microorganismos patógenos	Control temperatura de conservación y vida útil	No
		Físico	Rotura del envase	Buenas prácticas de manufactura	

	Edulcorante	Biológico	Microorganismos patógenos	Control adecuado de almacenamiento según naturaleza de la materia prima	No
		Físico	Rotura del envase	Buenas prácticas de manufactura	
	Colorantes	Biológico	Microorganismos patógenos	Control adecuado de almacenamiento según naturaleza de la materia prima	No
		Físico	Rotura del envase	Buenas prácticas de manufactura	
	Aroma	Biológico	Microorganismos patógenos	Control adecuado de almacenamiento según naturaleza de la materia prima	No
		Físico	Rotura del envase	Buenas prácticas de manufactura	
Dosificado	Biológico		Microorganismos patógenos	El tratamiento térmico posterior elimina la flora patógena	No
				Buenas prácticas de manufactura	
	Físico		Material extraño	Buenas prácticas de manipulación	
Desnatado	Biológico		Microorganismos patógenos	El tratamiento térmico posterior elimina la flora patógena	No

	Químico	Detergente limpieza equipos	Limpieza correcta de equipos	
Estandarización ESM	Biológico	Microorganismos patógenos	La pasteurización elimina la flora patógena	No
			Buenas prácticas de manufactura	
	Químico	Detergente limpieza equipos	Limpieza correcta de equipos	
	Físico	Partículas groseras extrañas	Proveedores certificados y correcto control de calidad de las materias primas	
Homogeneización	Biológico	Microorganismos patógenos	El tratamiento térmico posterior elimina la flora patógena	No
	Químico	Detergente limpieza equipos	Limpieza correcta de equipos	
	Físico	Partículas groseras extrañas	Proveedores certificados y correcto control de calidad de las materias primas	
Pasteurización	Biológico	Microorganismos patógenos	Control de Tª y tiempo del tratamiento: 72 °C, 15 s. Prueba de la Peroxidasa	Sí

	Químico	Detergente limpieza equipos	Limpieza correcta de equipos	
Preparación del inóculo	Biológico	Microorganismos patógenos	Uso de cultivos de origen conocido, certificados y aptos para industria alimentaria. Comprobar vida útil	No
		Bacteriófagos	Alternancia de cepas	
	Químico	Detergente limpieza equipos	Limpieza correcta de equipos	
	Físico	Partículas ajenas al producto	Buenas prácticas de manipulación	
Inoculación	Biológico	Microorganismos patógenos	Buenas prácticas higiénicas	Sí
	Químico	Detergente limpieza equipos	Limpieza correcta de equipos	
Envasado	Biológico	Microorganismos patógenos	Limpieza correcta de equipos	Sí
			Envasado en área aséptica	
	Químico	Detergente limpieza equipos	Limpieza correcta de equipos	
		Migraciones envase-producto	Materiales auxiliares con certificados de conformidad que cumplan los requisitos legales	

	Físico	Golpes, roturas, deformaciones en el envase	Buenas prácticas de manufactura	
Incubación/Fermentación	Biológico	Alteración proporción población microbiana de cada cepa	Control de temperatura y tiempo de incubación adecuado	Sí
	Químico	Detergente limpieza equipos	Limpieza correcta de equipos	
Enfriamiento del producto	Biológico	Post-acidificación	Control de temperatura y tiempo de incubación adecuado	No
Embalado/Paletizado	Biológico	Post-acidificación	Control del tiempo de embalado y paletizado	No
	Físico	Golpes, roturas, deformaciones en el envase	Buenas prácticas de manufactura	
Almacenamiento	Biológico	Post-acidificación	Buenas prácticas de almacenamiento: registro de mantenimiento de equipos de frío	Sí
			Control T ^a y tiempo de almacenamiento	
	Físico	Golpes, roturas, deformaciones en el envase	Buenas prácticas de manufactura	

DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE YOGUR FIRME ENRIQUECIDO CON PROBIÓTICOS A PARTIR DE 20.000 L/DÍA DE LECHE DESNATADA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE HUETE (CUENCA)

Limpieza	Biológico	Microorganismos patógenos	Toma de muestras para análisis microbiológico de superficies	No
	Químico	Detergente limpieza equipos	Control del pH del agua de aclarado tras la etapa de desinfección de maquinaria y utensilios	

Tabla 106. Análisis de peligros identificados en la fábrica. (Elaboración propia).

Etapa Tecnológica	PCC	Límite crítico	Procedimiento				Acción correctiva	Sistema de documentación	Verificación
			Qué	Cómo	Frecuencia	Quién			
Recepción de leche	Contaminación microbiológica y antibióticos	$T^a \leq 8^{\circ}\text{C}$, pruebas de antibióticos negativas	Medición de T^a , prueba de antibióticos	Termómetro o calibrado, kit de prueba	Cada lote	Técnico de calidad	Rechazo del lote. Registro informe rechazo	Registro de recepción. Hoja resultados análisis	Auditoría interna semanal. Calibración mensual de equipos
Pasteurización	Eliminación de patógenos	$T^a > 72^{\circ}\text{C}$, $t=15\text{s}$ o tratamiento con efecto equivalente	Control de T^a y tiempo	Registrador automático	Cada lote	Operario responsable	Detener proceso, revisar sistema, reprocesar si es posible	Hoja de control	Revisión diaria de registros, verificación de sensores. Prueba de la peroxidasa

DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE YOGUR FIRME ENRIQUECIDO CON PROBIÓTICOS A PARTIR DE 20.000 L/DÍA DE LECHE DESNATADA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE HUETE (CUENCA)

Inoculación	Contaminación cruzada	Cultivo certificado. Manipulación aséptica	Verificar lote del cultivo y condiciones	Revisión visual y documental	Cada lote	Técnico de calidad	Rechazo del cultivo. Limpieza del área	Registro de uso de cultivo. Limpieza de equipos	Inspección semanal. Revisión de certificados
Envasado	Contaminación del producto. Material extraño en producto final	Ausencia	Inspección de línea y envases	Visual y con checklist. Buenas prácticas de manipulación	Cada lote	Operario de verificación	Parar línea, limpieza y reinspección. Desechar envases dañados	Hoja de control de envasado	Control de calidad al final de línea
Fermentación	Desarrollo microbiano inadecuado	pH entre 4.4–4.6, T ^a 43–45°C durante 4–6 h	Medir pH y T ^a	pH-metro, termómetro	Cada hora	Operario responsable	Proceso detenido, evaluación de producto, descarte si necesario	Hoja de control de fermentación (T ^a , pH, tiempo)	Revisión diaria de pH-metros y termómetros
Almacenamiento y distribución	Ruptura cadena de frío	T ^a < 5°C en todo momento	Verificación de T ^a de cámaras y vehículos	Termómetros digitales	2 veces al día	Operario responsable	Retener producto, inspección, ajustar transporte	Hoja de control de transporte	Control diario, revisión de registros por supervisor

Tabla 107. Acciones correctivas aplicadas a cada Punto Crítico de Control en la fábrica. (Elaboración propia).

11. INGENIERÍA DEL FRÍO

Este punto del presente trabajo tiene por objetivo principal definir las dimensiones y efectuar los cálculos pertinentes para diseñar una cámara frigorífica destinada al almacenamiento de yogur firme. Se establece una temperatura de conservación de 4 °C, adecuada para preservar la seguridad alimentaria y las propiedades sensoriales del producto. En el desarrollo de este apartado se considerarán factores como las cargas térmicas, el material de aislamiento y su espesor, así como la potencia necesaria y el equipo frigorífico correspondiente.

Para su correcta elaboración se tendrá en cuenta la normativa aplicable, especialmente el Real Decreto 552/2019, de 27 de septiembre, por el que se aprueba el "Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias".

11.1. Elementos constructivos

11.1.1. Aislante térmico

Un material aislante se compone de una estructura no uniforme en la que una base o matriz encierra múltiples celdas, que pueden estar selladas o abiertas, y contienen en su interior un gas específico.

Para lograr un buen rendimiento aislante, es fundamental que el número de celdas sea elevado, que estas estén completamente cerradas y que ofrezcan un buen sellado.

Además, si tanto la matriz como el gas que se encuentra dentro de las celdas presentan una baja conductividad térmica, el aislamiento será mucho más eficiente.

Los materiales destinados al aislamiento térmico deben reunir las siguientes características:

- Presentar un bajo coeficiente de conductividad térmica.
- Ofrecer alta resistencia a la absorción de humedad y a la difusión del vapor de agua.
- Mostrar buena resistencia frente al fuego, la degradación y el envejecimiento.
- Tener suficiente resistencia mecánica, especialmente en zonas donde soportan tuberías.
- No desprender olores ni provocar reacciones dañinas con otros elementos del entorno.
- Mantener sus propiedades dentro de un amplio rango de temperatura, desde -70 °C hasta +120 °C.
- En caso de combustión, no generar gases tóxicos.
- Si se instala en exteriores, debe resistir adecuadamente las condiciones ambientales o contar con la protección necesaria.

El aislante elegido para este trabajo es la espuma de poliuretano (PUR), un material frecuentemente utilizado gracias a su alta eficacia como barrera contra la transferencia de

calor. Presenta un coeficiente de conductividad térmica extremadamente bajo, el más reducido entre los aislantes convencionales empleados en aplicaciones de refrigeración industrial, lo que permite mantener temperaturas bajas de forma eficiente.

Este material también destaca por su ligereza y versatilidad, permitiendo su aplicación en distintas formas y tamaños según las necesidades específicas del sector frigorífico. Su resistencia a la humedad es otra característica clave, especialmente en entornos donde se manipulan alimentos perecederos o productos sensibles a los cambios de temperatura.

Las propiedades más representativas de la espuma de poliuretano son:

- Coeficiente de conductividad térmica medio: $\lambda = 0,023 - 0,026 \text{ W/m}\cdot\text{K}$
- Densidad: $\rho = 30 - 40 \text{ kg/m}^3$
- Resistencia a la compresión: regular, con valores entre 1 y 2,3 kg/m² para una deformación del 10%

11.1.1.1. Tipos de aislamiento

En los sectores de la construcción y la refrigeración, el aislamiento térmico puede clasificarse en dos categorías principales: el aplicado directamente en el lugar de uso (in situ) y el que se fabrica previamente (prefabricado).

a) Aislamiento in situ

El aislamiento aplicado in situ suele estar compuesto por diversos elementos que, en conjunto, forman una barrera térmica eficiente. En un sistema típico de aislamiento en paredes, las partes fundamentales son las siguientes:

1. Revestimiento interior: similar al revestimiento exterior, este elemento puede ser necesario para proteger el sistema de aislamiento desde el interior y ofrecer una superficie funcional dentro del edificio.
2. Material aislante: constituye el núcleo del sistema. Este componente puede fabricarse a partir de distintos materiales, como espuma de poliuretano, poliestireno expandido, lana mineral, fibra de vidrio, entre otros. Su función principal es ofrecer la resistencia térmica requerida para minimizar la transferencia de calor.
3. Barrera de vapor: en numerosos sistemas de aislamiento aplicados in situ, se incorpora una barrera de vapor con el fin de impedir que la humedad penetre en el material aislante. Esta barrera consiste en una capa o membrana que se instala entre el aislante y la superficie exterior, y su función principal es evitar la condensación y la acumulación de humedad, factores que podrían comprometer el rendimiento térmico del sistema.

4. Elementos constructivos: se trata de las partes estructurales que conforman la base de la pared, tales como ladrillos, bloques de hormigón u otros materiales similares que forman el soporte principal del sistema.
5. Enlucido: una vez colocados los elementos estructurales, se aplica una capa de enlucido sobre su superficie exterior. Esta capa tiene como objetivo crear una superficie uniforme, lisa y nivelada, adecuada para posteriores acabados.
6. Revestimiento exterior: generalmente, sobre el sistema de aislamiento se incorpora un revestimiento externo, cuya función es protegerlo frente a factores ambientales y, al mismo tiempo, aportar un acabado estético o funcional a la fachada.

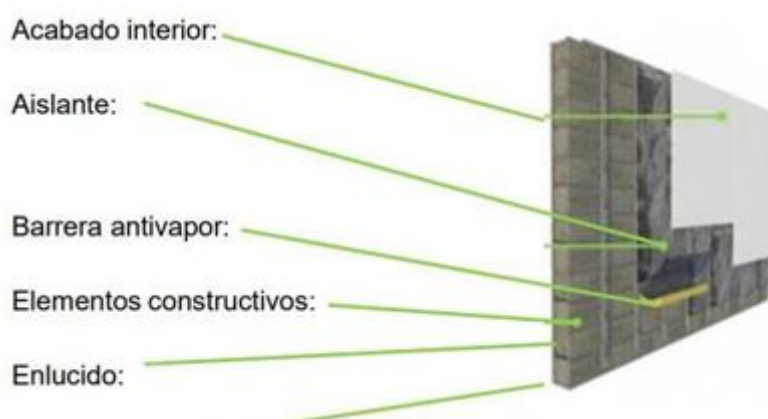


Figura 150. Estructura del aislamiento in situ de paredes. (Moreno Rúa, 2024).

El sistema de cerramiento de un suelo destinado a cámaras de refrigeración está compuesto por varias capas, cada una con una función específica dentro de la construcción del piso. A continuación, se describen sus componentes principales:

1. Acabado superficial: esta capa superior del suelo en una cámara frigorífica proporciona una superficie resistente, higiénica y de fácil limpieza. Debe ser impermeable y soportar temperaturas bajas, garantizando condiciones sanitarias adecuadas y facilitando la manipulación de los productos almacenados.
2. Losa de hormigón armado (con malla de acero electrosoldado): constituye la base estructural del suelo. El refuerzo con malla metálica proporciona mayor resistencia frente a cargas mecánicas, mientras que el hormigón contribuye a la estabilidad térmica al actuar como masa térmica.
3. Aislamiento térmico: ubicado por debajo de la losa, este componente reduce significativamente las pérdidas de frío hacia el subsuelo. Materiales como la espuma de poliuretano o el poliestireno extruido se utilizan por su alta eficiencia térmica, permitiendo conservar la temperatura interior de manera constante.
4. Barrera de vapor: instalada entre el aislamiento y la losa de hormigón, esta capa evita la infiltración de humedad y vapor de agua desde el terreno. Su función es

esencial para prevenir condensaciones y proteger tanto el aislamiento como la estructura del hormigón.

5. Capa de nivelación de hormigón: se dispone sobre el aislamiento y permite obtener una superficie plana y regular sobre la que se asientan el resto de los componentes del sistema de piso.
6. Capa de enchado (piedra, grava o zahorra): situada en la base del sistema, su función es favorecer el drenaje del agua, evitando acumulaciones de humedad bajo el suelo y contribuyendo al correcto funcionamiento del sistema aislante.



Figura 151. Estructura de un cerramiento compuesto de un suelo. (Moreno Rua, 2024).

Para este trabajo se ha optado por un sistema de suelo compuesto, estructurado en varias capas, cada una con un propósito específico en términos de aislamiento, resistencia y funcionalidad. Las capas que conforman este cerramiento son las siguientes:

- Capa de acabado: se aplicará una pintura epoxi de color gris claro, con un espesor aproximado de 2 cm. Esta capa proporciona una superficie resistente, impermeable y fácil de limpiar.
- Capa de rodadura: estará formada por una losa de hormigón armado de 10 cm de espesor, con un coeficiente de conductividad térmica de $2,30 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. Esta capa aporta solidez estructural y resistencia a cargas.
- Capa aislante: se utilizará poliestireno extruido con un espesor de 4 cm (este cálculo se realiza más adelante). Su bajo coeficiente de conductividad térmica ($\lambda = 0,033 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) permite reducir eficazmente la transferencia de calor hacia el subsuelo.
- Barrera de vapor: se colocará una lámina de polietileno de 1 cm de grosor. Su función es impedir el paso de humedad y vapor desde el terreno hacia el sistema de aislamiento y las capas superiores.
- Losa de hormigón en masa: esta capa, con 10 cm de espesor y un coeficiente térmico de $1,65 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, servirá como soporte para las capas superiores y contribuirá a la estabilidad del conjunto.

- Capa base: compuesta por grava, con un espesor de 10 cm y una conductividad térmica de 2,00 W/m·K. Actúa como una base drenante, mejorando la estabilidad del sistema y evitando acumulaciones de humedad.



Figura 152. Poliestireno extruido. (Isoterm).

Poliestireno extruido	
Resistencia a compresión	300 kPa
Deformación bajo carga y temperatura	$\leq 5\%$
Absorción	$\leq 0,7\%$
Conductividad térmica	0,033 W/m·K

Tabla 108. Características técnicas del poliestireno extruido. (Isoterm).

b) Aislamiento prefabricado

El aislamiento prefabricado es una solución frecuentemente empleada en cámaras frigoríficas. Este aislamiento se compone principalmente de paneles prefabricados que contienen un núcleo aislante de alta densidad. Entre los materiales más habituales para fabricar estos paneles se encuentran el poliuretano, el poliestireno extruido (XPS) y la lana mineral. Además, estos paneles cumplen múltiples funciones, como brindar soporte estructural, actuar como barrera contra el vapor, proporcionar aislamiento térmico y ofrecer un acabado superficial.

En el presente trabajo, se optará por utilizar paneles sándwich con núcleo de espuma de poliuretano tanto en el techo como en las paredes.



Figura 153. Panel sándwich (PUR). (Panel sándwich group).

Panel sándwich (PUR)	
Aislante	Espuma de Poliuretano
Cara externa	Acero prelacado
Cara interna	Acero prelacado
Color	Blanco
Conductividad térmica	0,023 W/m·K

Tabla 109. Características técnicas del panel sándwich. (Panel sándwich group).

11.1.2. Puertas

Las puertas utilizadas en cámaras frigoríficas pueden presentar distintos diseños y sistemas de apertura, dependiendo de los requerimientos de almacenamiento y del espacio disponible. Según su forma de instalación, se distinguen dos tipos principales:

- Puertas empotradas: se colocan de manera que queden al ras de la pared de la cámara frigorífica, sin sobresalir. Este tipo de instalación permite una apariencia más uniforme e integrada con la estructura.



Figura 154. Puerta empotrada. (Dippanel).

- b) Puertas superpuestas: a diferencia de las empotradas, estas puertas se colocan sobre la abertura de la cámara frigorífica, quedando por fuera del marco. Suelen abrirse hacia el exterior, por lo que necesitan espacio libre frente a la cámara para su correcta operación. Existen diferentes variantes de este tipo de puerta.
- Puertas pivotantes: este tipo de puerta se abre girando sobre un eje vertical, de manera similar a las puertas convencionales utilizadas en interiores.



Figura 155. Puerta pivotante. (Frigopack).

- Puertas correderas: se abren y cierran mediante un deslizamiento horizontal, lo que las hace adecuadas en espacios donde no hay mucho margen para una apertura hacia afuera. Son especialmente comunes en almacenes, ya que permiten una apertura amplia, ideal para el uso de carretillas elevadoras. Además, su diseño facilita la automatización del proceso de apertura y cierre, lo que mejora la eficiencia durante las operaciones de carga y descarga.



Figura 156. Puerta corredera. (Dippanel).

- Puertas de elevación: se abren en dirección vertical, desplazándose hacia arriba gracias a un sistema de elevación que las sostiene en posición. Son una opción práctica en zonas donde el espacio frontal es reducido. Este tipo de puerta es comúnmente utilizado en los muelles de carga y descarga de vehículos refrigerados.

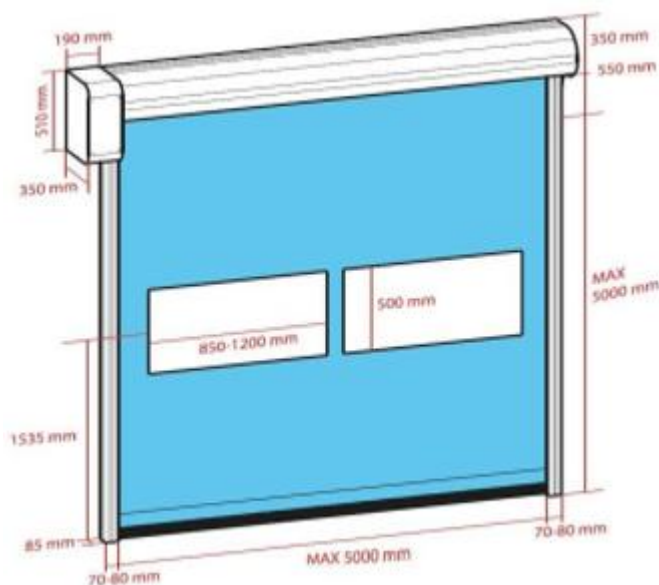


Figura 157. Puerta de elevación. (Aprimatic).

En áreas como la recepción y almacén de materias primas, el almacén de material de envasado y etiquetado, la zona de expedición de nata y del producto terminado, se ha optado por instalar puertas de elevación. Este tipo de puerta permite una apertura y cierre ágiles, lo cual es fundamental en espacios donde el movimiento continuo de personal, vehículos o productos es una necesidad operativa.

Puerta de elevación	
Marca y modelo	Auto Alu Standard/Alu Standard Classic
Número de unidades	10
Material	Acero inoxidable AISI 316 L
Tensión de alimentación	400 V
Dimensiones	(3,50 x 3,00 m) Ancho x Alto
Potencia	1,5 kW

Tabla 110. Características técnicas de la puerta de elevación. (Aprimatic).

- Puertas guillotina: se caracterizan por abrirse de forma vertical, desplazándose hacia arriba. Son ideales para entornos donde el espacio lateral es limitado, pero se cuenta con altura suficiente para permitir su apertura. Este tipo de puertas se emplea tanto en cámaras frigoríficas de

refrigeración como en las de congelación, incluyendo aquellas que operan a temperaturas muy bajas, llegando hasta los -40°C .



Figura 158. Puerta guillotina. (Isotermia).

Puerta guillotina	
Dimensiones	(2,5 x 5,5 m) Ancho x Alto
Potencia	0,37 kW

Tabla 111. Características técnicas de la puerta guillotina. (Isotermia).

En la industria, se ha decidido emplear puertas guillotina debido a la falta de espacio lateral suficiente para instalar puertas correderas superpuestas. En total, se instalarán tres puertas de este tipo en la cámara frigorífica. La primera conectará el área de envasado con la zona de incubación. La segunda servirá como paso entre el área de incubación y la cámara frigorífica propiamente dicha. Finalmente, la tercera permitirá la conexión entre la cámara frigorífica y el área de expedición, desde donde se realizará la carga de productos en los camiones para su distribución.

11.1.3. Carretillas retráctiles

En este trabajo se optó por utilizar dos carretillas retráctiles debido a su alta adaptabilidad y su capacidad para realizar distintas tareas logísticas. Estos equipos permiten efectuar labores de carga y descarga de camiones en el área exterior, cumpliendo funciones similares a las de una carretilla contrapesada. Su estructura está diseñada para alcanzar alturas de hasta 7,5 metros, lo que facilita el acceso y manejo de productos almacenados

en estanterías elevadas. Además, cuentan con un radio de giro de 1,864 metros, lo que les brinda la agilidad necesaria para operar con eficacia en espacios reducidos.



Figura 159. Carretilla retráctil. (Yale).

11.1.4. Estanterías

Existen distintos tipos de estanterías que pueden emplearse en almacenes con cámaras de refrigeración, como las estanterías de acumulación estática, móviles, de translación y activas. Es fundamental comprender las diferencias entre ellas y cómo se adaptan a este tipo de entorno:

1. Estanterías de acumulación estática: son estructuras fijas que no se desplazan. Resultan adecuadas para productos que no requieren un acceso frecuente o que se almacenan en cantidades limitadas.
2. Estanterías móviles: estas unidades están montadas sobre raíles o carros móviles, lo que permite desplazarlas lateralmente para abrir pasillos de acceso cuando sea necesario.
3. Estanterías de translación: similares a las móviles, estas también permiten movimiento para habilitar pasillos, aunque su desplazamiento se realiza en línea recta, a diferencia del movimiento lateral.
4. Estanterías activas: corresponden a sistemas automatizados que permiten el desplazamiento de productos tanto en sentido vertical como horizontal, facilitando el acceso en un espacio tridimensional.

Dentro del desarrollo de este trabajo, se ha optado por emplear estanterías estáticas en lugar de apilar los productos directamente sobre palés. Esta decisión se basa en diversos factores:

- Dado que los yogures tienen una fecha de caducidad, es necesario implementar un sistema que permita su rotación de acuerdo con la fecha de producción. El uso de estanterías facilita esta tarea al permitir un acceso más ágil y ordenado, ayudando a garantizar la frescura de los productos.
- A su vez, la colocación de los yogures en estanterías mejora la organización por tipo y sabor, lo que incrementa la visibilidad y facilita su localización.
- Por último, las estanterías proporcionan un soporte más adecuado para los envases, lo que reduce el riesgo de daños o deformaciones que podrían producirse si se almacenaran directamente en palets.

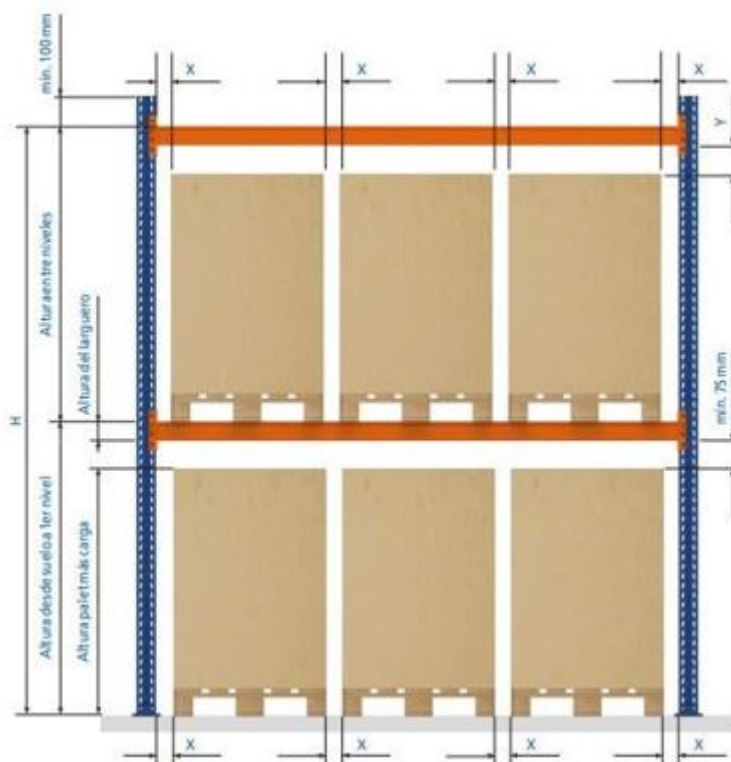


Figura 160. Estantería. (Mecalux).

Se ha elegido un modelo de estantería del fabricante MECALUX, cuyas dimensiones son 1,6 m de largo, 2,95 m de ancho y 7,8 m de alto.

11.2. Dimensionamiento de la cámara frigorífica

En el punto 7 del presente trabajo: “Proceso productivo”, se llevaron a cabo los cálculos necesarios para estimar la cantidad de palés que será necesario almacenar a lo largo de una semana. A partir de este análisis, se determinó que la cámara frigorífica debe contar con la capacidad suficiente para albergar hasta 300 palés semanalmente.

Estos palés se ubicarán en estanterías con cuatro niveles, permitiendo colocar tres palés por nivel, lo que equivale a un total de 12 palés por estantería. En consecuencia, el área de almacenamiento estará compuesta por 25 estanterías, cuyas dimensiones son 1,6 m de largo, 2,95 m de ancho y 7,8 m de alto. Además, se han previsto pasillos de 3 metros de ancho para facilitar el tránsito de las carretillas.

11.2.1. Cálculo de las dimensiones de la cámara

Largo: (1,6 m de largo de estantería x 5 estanterías) + (3 m de ancho de pasillo x 4 pasillos) = 20 m.

Ancho: (2,95 m de ancho de estantería x 5 estanterías) + (3 m de ancho de pasillo x 2 pasillos) = 20,75 m.

Altura: 7,8 m de alto de la estantería + 1 m de altura del evaporador = 8,8 m de altura. Con el objeto de prever cualquier necesidad y para facilitar los cálculos, se considera una altura total de cámara de 10 m.

Superficie (Largo x Ancho): 20 m x 20,75 m = 415 m².

Volumen (Largo x Ancho x Alto): 20 m x 20,75 m x 10 m = 4150 m³.

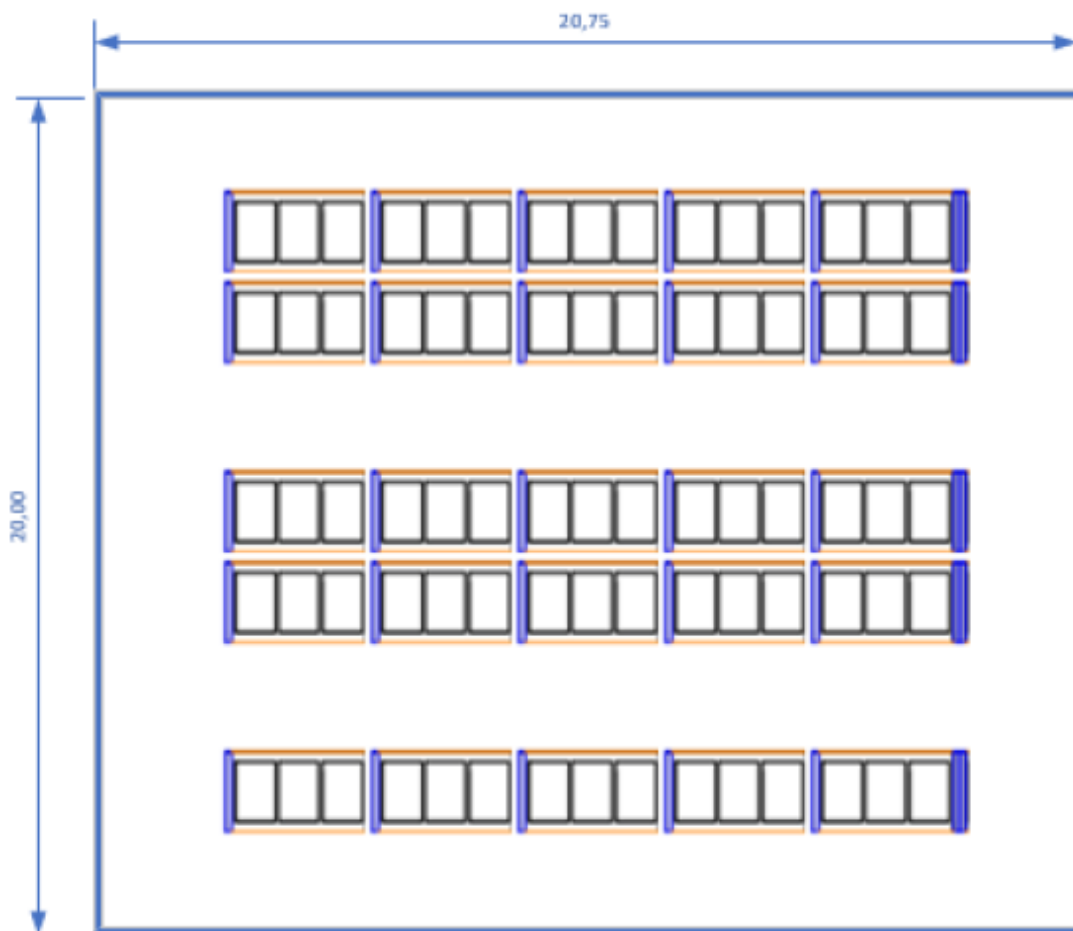


Figura 161. Esquema de planta acotada de la cámara de almacenamiento.
(Elaboración propia).

11.2.2. Características del alimento

La cámara frigorífica está destinada al almacenamiento de yogures bajo condiciones controladas, manteniendo una temperatura constante de 4 °C y una humedad relativa del 85 %. Esta instalación se encuentra ubicada en la localidad de Huete, donde las condiciones climáticas medias corresponden a una temperatura de aproximadamente 28 °C y una humedad relativa del 33 %.

La capacidad total requerida para esta cámara debe ser de cerca de 128.500 kg, con el objetivo de conservar la producción de yogures generada a lo largo de una semana completa. Este volumen se ha calculado sumando la producción estimada para cada día laborable:

- Lunes, martes y miércoles se produce yogur natural, con un volumen diario de 21.306,936 kg, lo que equivale a una producción semanal de 63.920,808 kg.
- Jueves, viernes y sábado se elabora yogur de vainilla, con una producción diaria de 21.512,072 kg, sumando un total semanal de 64.536,216 kg.

11.2.3. Determinación del flujo de calor

En términos generales, el espesor de un material aislante se determina con el fin de limitar el flujo de calor que lo atraviesa, asegurando que no supere un valor previamente establecido.

El Real Decreto 552/2019, de 27 de septiembre, por el que se aprueba el "Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias" establece que “para garantizar la minimización del impacto ambiental, la densidad del flujo térmico será inferior a 9 W/m² para servicios positivos y de 8 W/m² para cámaras con temperatura negativa”.

Sabiendo que la fórmula del flujo de calor es:

$$Q = A * U * \Delta T$$

Si despejamos:

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

Siendo:

- A (Área): es la superficie a través de la cual se está produciendo la transferencia de calor. Se expresa en metros cuadrados (m²).
- U (Coeficiente de transferencia de calor): este coeficiente indica qué tan eficientemente un material o sistema transmite el calor. Su unidad de medida es vatios por metro cuadrado por kelvin (W/(m²·K)). El valor de U varía según las características del material y las condiciones particulares del sistema.

- ΔT (Diferencia de temperatura): hace referencia al cambio de temperatura entre ambos lados de una superficie por la que se transfiere calor. Esta diferencia se mide en grados Kelvin (K) o grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).
- q (Densidad de flujo de calor): se refiere a la cantidad de calor que atraviesa una unidad de área en un determinado intervalo de tiempo. Se expresa comúnmente en vatios por metro cuadrado (W/m^2) o en julios por segundo por metro cuadrado ($\text{J}/\text{s}\cdot\text{m}^2$).

Por otro lado, es posible calcular la resistencia térmica total (R_T) como la inversa del coeficiente de transferencia de calor.

$$R_T = \frac{1}{U}$$

De tal manera que la fórmula del flujo de calor se puede expresar como:

$$\frac{Q}{A} = \frac{\Delta T}{R_T}$$

11.2.4. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor

En este trabajo, para el cerramiento de la cámara frigorífica se emplearán dos tipos distintos de cerramientos: un cerramiento compuesto para el suelo y un cerramiento simple, tipo panel sándwich, para las paredes y el techo.

Para calcular el coeficiente global de transferencia de calor (U) en un cerramiento simple formado por un único material, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_e} + \frac{e}{k} + \frac{1}{h_i}$$

Donde:

- U : es el coeficiente global de transferencia de calor ($\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$).
- h_e : es el coeficiente de transferencia de calor por convección externo, que describe la transferencia de calor entre la superficie exterior de la estructura y el entorno exterior ($\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$).
- e : es el espesor del material aislante en metros (m).
- k : es la conductividad térmica del material aislante ($\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$).
- h_i : es el coeficiente de transferencia de calor por convección interno, que describe la transferencia de calor entre la superficie interior de la estructura y el entorno interior ($\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$).

Sin embargo, cuando el cerramiento está compuesto por varias capas de materiales con diferentes propiedades de conductividad térmica, se aplica una fórmula más general para su análisis.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_e} + \sum_{i=1}^n \left(\frac{e_i}{k_i} \right) + \frac{1}{h_i}$$

Con el objetivo de facilitar los cálculos, se pueden hacer las siguientes transformaciones:

$$R_{se} = \frac{1}{h_e}; R_{si} = \frac{1}{h_i}$$

Donde R_{se} representa la resistencia térmica superficial externa y R_{si} la resistencia térmica superficial interna.

Por lo que la fórmula general se podría expresar de la siguiente manera:

$$R_T = R_{se} + \sum_{i=1}^n \left(\frac{e_i}{k_i} \right) + R_{si}$$

El valor de las resistencias térmicas superficiales puede obtenerse del Código Técnico de la Edificación (CTE).

Tabla E.1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m²K/W

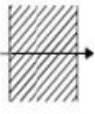
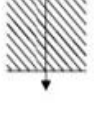
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R _{se}	R _{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal 	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente 	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente 	0,04	0,17

Tabla E.6 Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores en m²K/W

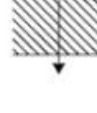
Posición de la partición interior y sentido del flujo de calor	R _{se}	R _{si}
Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal 	0,13	0,13
Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente 	0,10	0,10
Particiones interiores horizontales y flujo descendente 	0,17	0,17

Figura 162. Resistencias térmicas superficiales al flujo de calor. (CTE-DBHE).

Cerramiento	Rse	Rsi
Techo	0,04	0,17
Paredes exteriores	0,04	0,13
Paredes interiores	0,13	0,13
Suelo	0,04	0,10

Tabla 112. Valor de las resistencias térmicas superficiales para cada cerramiento.
(Elaboración propia).

11.2.5. Cálculo de la variación de temperatura

Para llevar a cabo los cálculos necesarios para la cámara frigorífica, es fundamental considerar tanto la temperatura como la humedad relativa a la que se almacenarán los yogures. Además, se deben tener en cuenta los datos climáticos proporcionados por la AEMET sobre las condiciones de temperatura y humedad en la zona donde se encuentra la planta de producción (Huete), utilizando como referencia una serie histórica de datos desde 1991 hasta 2021 proporcionados por Climate-Data.

Mes	T (°C)	T. Min (°C)	T. Máx (°C)	HR (%)
Enero	3,9	0,2	8,3	78
Febrero	4,8	0,5	9,7	69
Marzo	7,8	2,6	13,2	62
Abril	10,6	5,0	15,9	61
Mayo	14,9	8,8	20,5	53
Junio	20,7	14,0	26,7	42
Julio	24,2	17,1	30,5	33
Agosto	23,9	17,2	30,2	35
Septiembre	19,2	13,3	25,0	46
Octubre	13,8	9,2	18,9	63
Noviembre	7,5	3,7	11,7	73
Diciembre	4,6	1,0	9,0	77

Tabla 113. Datos climatológicos del municipio de Huete. (Elaboración propia a partir de datos de Climate-Data).

Siendo:

- T: temperatura media mensual (°C).
- T. Min: temperatura mínima media (°C).
- T. Máx: temperatura máxima media (°C).
- HR: humedad relativa media (%).

A partir de los datos anteriormente proporcionados por Climate-Data y utilizando la fórmula correspondiente, se determina la temperatura del ambiente exterior.

$$T_e = 0,4 * T_{mm} + 0,6 * T_M$$

Siendo:

- T_e : temperatura exterior (°C).
- T_{mm} : temperatura media del mes más cálido (°C).

- T_M : temperatura máxima del mes más cálido ($^{\circ}\text{C}$).

En nuestro caso, de los datos obtenidos en la tabla anterior sacamos que el valor de T_{mm} es de $24,2^{\circ}\text{C}$ y el de T_M es de $30,5^{\circ}\text{C}$, correspondientes ambos al mes de julio, por lo que:

$$T_e = 0,4 * 24,2^{\circ}\text{C} + 0,6 * 30,5^{\circ}\text{C} = 27,98^{\circ}\text{C} \approx 28^{\circ}\text{C}$$

Analizando la disposición de las paredes de la cámara de almacenamiento frigorífico en los planos del punto 9: *Distribución en planta*, se observa que existen 2 paredes en contacto con el exterior (paredes norte y este) y otras 2 situadas dentro de la propia fábrica, luego son interiores (paredes sur y oeste).

Esta distinción es importante hacerla porque va a influir en la variación de temperatura que existirá entre el interior de la cámara frigorífica y su exterior, distinguiendo así entre temperatura exterior de la fábrica, que era de 28°C aproximadamente y la temperatura interior de la fábrica consideramos que es de 15°C . La temperatura del interior de la cámara frigorífica consideramos que es de 4°C .

Cerramiento	Temperatura exterior ($^{\circ}\text{C}$)	Temperatura interior ($^{\circ}\text{C}$)	ΔT
Techo	28	4	24
Pared norte	28	4	24
Pared este	28	4	24
Pared sur	15	4	11
Pared oeste	43	4	39
Suelo	15	4	11

Tabla 114. Variaciones de temperatura de cada cerramiento. (Elaboración propia).

11.2.6. Cálculo del espesor

11.2.6.1. Techo

El techo está formado por un cerramiento simple, un panel sándwich de espuma de poliuretano, por lo que se tiene que aplicar esta fórmula:

$$R_T = R_{se} + \frac{e}{k} + R_{si}$$

Como nuestra incógnita es la e , necesitamos calcular previamente el valor de R_T a partir de la expresión de flujo de calor:

$$\frac{Q}{A} = \frac{\Delta T}{R_T}$$

Tomando el valor de $\frac{Q}{A} = 8 \text{ W/m}^2$ acorde a lo dispuesto en el RD 552/2019 sobre que “la densidad del flujo térmico será inferior a 9 W/m^2 para servicios positivos”, tenemos:

$$8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = \frac{24^{\circ}\text{C}}{R_T}$$

$$R_T = \frac{24^{\circ}\text{C}}{8 \text{ W/m}^2} = 3 \frac{{}^{\circ}\text{C} * \text{m}^2}{\text{W}}$$

$$3 \frac{{}^{\circ}\text{C} * \text{m}^2}{\text{W}} = 0,04 + \frac{e}{0,023} + 0,17$$

$$e = 0,06417 \text{ m} \approx 6,42 \text{ cm de espesor.}$$

El espesor del aislante en el techo tiene que ser de, al menos, 6,42 cm. Basándonos en la información comercial, se escoge un panel de 80 mm de espesor.

11.2.6.2. Paredes exteriores

Se corresponden con las paredes de orientación norte y este y también están formadas por un cerramiento simple de un panel sándwich de espuma de poliuretano, por lo que se tiene que aplicar esta fórmula:

$$R_T = R_{se} + \frac{e}{k} + R_{si}$$

Como nuestra incógnita es la e , necesitamos calcular previamente el valor de R_T a partir de la expresión de flujo de calor:

$$\frac{Q}{A} = \frac{\Delta T}{R_T}$$

Tomando el valor de $\frac{Q}{A} = 8 \text{ W/m}^2$ acorde a lo dispuesto en el RD 552/2019 sobre que “la densidad del flujo térmico será inferior a 9 W/m² para servicios positivos”, tenemos:

$$8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = \frac{24^{\circ}\text{C}}{R_T}$$

$$R_T = \frac{24^{\circ}\text{C}}{8 \text{ W/m}^2} = 3 \frac{{}^{\circ}\text{C} * \text{m}^2}{\text{W}}$$

$$3 \frac{{}^{\circ}\text{C} * \text{m}^2}{\text{W}} = 0,04 + \frac{e}{0,023} + 0,13$$

$$e = 0,06509 \text{ m} \approx 6,51 \text{ cm de espesor.}$$

El espesor del aislante en las paredes exteriores tiene que ser de, al menos, 6,51 cm.

11.2.6.3. Paredes interiores

Se corresponden con las paredes de orientación sur y oeste y también están formadas por un cerramiento simple de un panel sándwich de espuma de poliuretano, por lo que se tiene que aplicar esta fórmula:

$$R_T = R_{se} + \frac{e}{k} + R_{si}$$

En este caso hay que tener en cuenta que la pared de orientación oeste, en su mayor parte, es común con la de la sala de incubación, encontrándose esta a 43°C, luego el salto térmico varía con respecto a la pared de orientación sur.

Para la pared de orientación sur, como nuestra incógnita es la e , necesitamos calcular previamente el valor de R_T a partir de la expresión de flujo de calor:

$$\frac{Q}{A} = \frac{\Delta T}{R_T}$$

Tomando el valor de $\frac{Q}{A} = 8 \text{ W/m}^2$ acorde a lo dispuesto en el RD 552/2019 sobre que “la densidad del flujo térmico será inferior a 9 W/m² para servicios positivos”, tenemos:

$$8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = \frac{11^\circ\text{C}}{R_T}$$

$$R_T = \frac{11^\circ\text{C}}{8 \text{ W/m}^2} = 1,375 \frac{^\circ\text{C} * \text{m}^2}{\text{W}}$$

$$1,375 \frac{^\circ\text{C} * \text{m}^2}{\text{W}} = 0,13 + \frac{e}{0,023} + 0,13$$

$$e = 0,025645 \text{ m} \approx 2,57 \text{ cm de espesor.}$$

El espesor del aislante en la pared de orientación sur tiene que ser de, al menos, 2,57 cm.

Para la pared de orientación oeste, como nuestra incógnita es la e , necesitamos calcular previamente el valor de R_T a partir de la expresión de flujo de calor:

$$\frac{Q}{A} = \frac{\Delta T}{R_T}$$

Tomando el valor de $\frac{Q}{A} = 8 \text{ W/m}^2$ acorde a lo dispuesto en el RD 552/2019 sobre que “la densidad del flujo térmico será inferior a 9 W/m² para servicios positivos”, tenemos:

$$8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = \frac{39^\circ\text{C}}{R_T}$$

$$R_T = \frac{39^\circ\text{C}}{8 \text{ W/m}^2} = 4,875 \frac{^\circ\text{C} * \text{m}^2}{\text{W}}$$

$$4,875 \frac{^\circ\text{C} * \text{m}^2}{\text{W}} = 0,13 + \frac{e}{0,023} + 0,13$$

$$e = 0,106145 \text{ m} \approx 10,62 \text{ cm de espesor.}$$

El espesor del aislante en la pared de orientación oeste tiene que ser de, al menos, 10,62 cm.

Para el caso de las 4 paredes (exteriores e interiores) se utiliza como referencia la situación más desfavorable, que en nuestro caso se corresponde con el espesor de la pared de orientación oeste ($e \approx 10,62 \text{ cm}$ de espesor) y basándonos en la información comercial, se escoge un panel de 120 mm de espesor.

11.2.6.4. Suelo

El suelo está formado por un cerramiento compuesto, por lo que hay que aplicar la siguiente fórmula:

$$R_T = R_{se} + \sum_{i=1}^n \left(\frac{e_i}{k_i} \right) + R_{si}$$

Como nuestra incógnita es la e , necesitamos calcular previamente el valor de R_T a partir de la expresión de flujo de calor:

$$\frac{Q}{A} = \frac{\Delta T}{R_T}$$

Tomando el valor de $\frac{Q}{A} = 8 \text{ W/m}^2$ acorde a lo dispuesto en el RD 552/2019 sobre que “la densidad del flujo térmico será inferior a 9 W/m^2 para servicios positivos”, tenemos:

$$8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = \frac{11^\circ\text{C}}{R_T}$$

$$R_T = \frac{11^\circ\text{C}}{8 \text{ W/m}^2} = 1,375 \frac{^\circ\text{C} * \text{m}^2}{\text{W}}$$

$$1,375 \frac{^\circ\text{C} * \text{m}^2}{\text{W}} = 0,04 + \frac{e}{0,033} + \frac{0,1}{2,0} + \frac{0,1}{1,65} + \frac{0,1}{2,30} + 0,10$$

$$e = 0,035670 \text{ m} \approx 3,57 \text{ cm de espesor.}$$

El espesor del aislante en el suelo tiene que ser de, al menos, 3,57 cm. Basándonos en la información comercial, se escoge una capa de poliestireno extruido de 40 mm de espesor.

11.3. Cálculo de las cargas térmicas

La carga térmica en una cámara frigorífica se refiere a la cantidad de calor que debe ser eliminada del espacio para mantener las condiciones de temperatura y humedad deseadas en su interior.

Se distinguen 2 tipos:

- 1) Cargas externas: todas aquellas generadas fuera del propio almacenamiento.
 - Ganancia de calor por transmisión.
 - Carga de infiltración de aire exterior.

- 2) Cargas internas: todas aquellas generadas dentro de la propia cámara frigorífica.
- Carga debida al producto (enfriamiento y/o congelación del producto).
 - Carga de respiración del producto.
 - Carga de iluminación.
 - Carga de ocupantes.
 - Carga de ventiladores y motores.
 - Carga de otras fuentes internas.
 - Carga de descarche.

11.3.1. Condiciones de partida

- Temperatura del aire interior: 4°C.
- Humedad relativa interior: 85%.
- Entrada diaria de producto: 170.455 envases yogur natural/172.096 envases yogur vainilla.
- Tiempo de permanencia en cámara: 7 días.
- Temperatura entrada del producto: 43°C.
- Localización: Huete (Cuenca).
- Tiempo de funcionamiento: 16h/día.
- Condiciones de uso: tráfico normal.
- Presencia de personal: 2h/día.
- Número de personas: 2.

11.3.2. Ganancia de calor por transmisión

Como ya se ha comentado anteriormente, el RD 552/2019, de 27 de septiembre, por el que se aprueba el "Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias" establece que “para garantizar la minimización del impacto ambiental, la densidad del flujo térmico será inferior a 9 W/m² para servicios positivos y de 8 W/m² para cámaras con temperatura negativa”.

$$Q_1 \left(\frac{kJ}{día} \right) = \frac{Q}{A} \left(\frac{kJ}{día * m^2} \right) * A(m^2)$$

Donde:

- $\frac{Q}{A}$: densidad de flujo de calor, que en nuestro caso será 8 W/m².
- A: superficie de la envolvente térmica a través de la cual se realiza la transferencia (ganancia) de calor.

$$\frac{Q}{A} \left(\frac{kJ}{día * m^2} \right) = 8 \frac{W}{m^2} * 3600 \frac{s}{h} * 24 \frac{h}{día} = 691200 \frac{J}{m^2 * día} = 691,2 \frac{kJ}{m^2 * día}$$

- Techo y suelo

$$Q_{Tys} \left(\frac{kJ}{día} \right) = 691,2 \left(\frac{kJ}{día * m^2} \right) * 415 m^2 * 2 = 573.696 \frac{kJ}{día}$$

- Paredes norte y sur

$$Q_{PNys} \left(\frac{kJ}{día} \right) = 691,2 \left(\frac{kJ}{día * m^2} \right) * 207,5 m^2 * 2 = 286.848 \frac{kJ}{día}$$

- Paredes este y oeste

$$Q_{PEyo} \left(\frac{kJ}{día} \right) = 691,2 \left(\frac{kJ}{día * m^2} \right) * 200 m^2 * 2 = 276.480 \frac{kJ}{día}$$

$$\begin{aligned} Q_1 \left(\frac{kJ}{día} \right) &= Q_{Tys} \left(\frac{kJ}{día} \right) + Q_{PNys} \left(\frac{kJ}{día} \right) + Q_{PEyo} \left(\frac{kJ}{día} \right) \\ &= 573.696 \frac{kJ}{día} + 286.848 \frac{kJ}{día} + 276.848 \frac{kJ}{día} = 1.137.024 \frac{kJ}{día} \end{aligned}$$

11.3.3. Carga de infiltración de aire exterior

Para prevenir la aparición de malos olores, es fundamental renovar el aire dentro de la cámara mediante la introducción de aire fresco. También se deben considerar las renovaciones de aire que ocurren de forma indirecta cada vez que se abre y cierra la cámara, ya que esto permite el ingreso de aire más cálido del exterior. Estas renovaciones implican que, por lo general, entre un 25 % y un 30 % de la capacidad de refrigeración se destina a compensar dichas cargas térmicas.

Para estimar la carga generada por infiltración, se emplea el método basado en el volumen de aire infiltrado, comenzando por la determinación del caudal correspondiente.

$$q_i = \frac{a * H}{4} * \sqrt{0,072 * H * \Delta T}$$

Donde:

- q_i : caudal de aire infiltrado (m^3/s).
- a : anchura de la puerta (m).
- H : altura de la puerta (m).
- ΔT : salto térmico entre el interior y el exterior de la cámara.

Es importante señalar que a la cámara se tiene acceso desde 2 puertas; una desde la sala de incubación y otra desde la sala de expedición. En ambos casos las dimensiones de las puertas es la misma (2,5 x 5,5 m) Ancho x Alto.

➤ Puerta de acceso desde la sala de incubación:

$$q_i = \frac{a * H}{4} * \sqrt{0,072 * H * \Delta T}$$

$$q_i = \frac{2,55 \text{ m} * 5,5 \text{ m}}{4} * \sqrt{0,072 * 5,5 \text{ m} * (43^\circ\text{C} - 4^\circ\text{C})} = 13,78 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

A continuación, hay que calcular el volumen de aire infiltrado. Para ello, es necesario conocer una estimación del tiempo que la puerta permanece abierta.

Según el diagrama de tiempos, el tiempo estimado para introducir el producto desde la cámara de incubación es de 2h/día, luego:

$$V_i = q_i * t$$

Donde:

- V_i : volumen de aire infiltrado (m^3).
- q_i : caudal de aire infiltrado (m^3/s).
- t : tiempo que la puerta permanece abierta al día (s).

$$V_i = 13,78 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 7200 \text{ s} = 99.216 \text{ m}^3$$

➤ Puerta de acceso desde la sala de expedición

$$q_i = \frac{a * H}{4} * \sqrt{0,072 * H * \Delta T}$$

$$q_i = \frac{2,55 \text{ m} * 5,5 \text{ m}}{4} * \sqrt{0,072 * 5,5 \text{ m} * (15^\circ\text{C} - 4^\circ\text{C})} = 7,32 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

A continuación, hay que calcular el volumen de aire infiltrado. Para ello, es necesario conocer una estimación del tiempo que la puerta permanece abierta.

El tiempo estimado para expedir el producto es de 2h/semana, luego aproximadamente 0,29h/día:

$$V_i = q_i * t$$

$$V_i = 7,32 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 1044 \text{ s} = 7.642,08 \text{ m}^3$$

$$V_{itotal} = 99.216 \text{ m}^3 + 7.642,08 \text{ m}^3 = 106.858,08 \text{ m}^3$$

Las cargas térmicas totales por aire infiltrado se calculan según la siguiente expresión:

$$Q_2 = V_i * (h_e - h_i) * \frac{\rho_e + \rho_i}{2}$$

Donde:

- V_i : volumen de aire infiltrado (m^3).
- h_e : entalpía del aire exterior (kJ/kg aire seco).
- h_i : entalpía del aire interior (kJ/kg aire seco).
- ρ_e : densidad del aire exterior (kg aire seco/ m^3).
- ρ_i : densidad del aire interior (kg aire seco/ m^3).

Para el cálculo de las entalpías y las densidades, hay que emplear el diagrama psicrométrico.

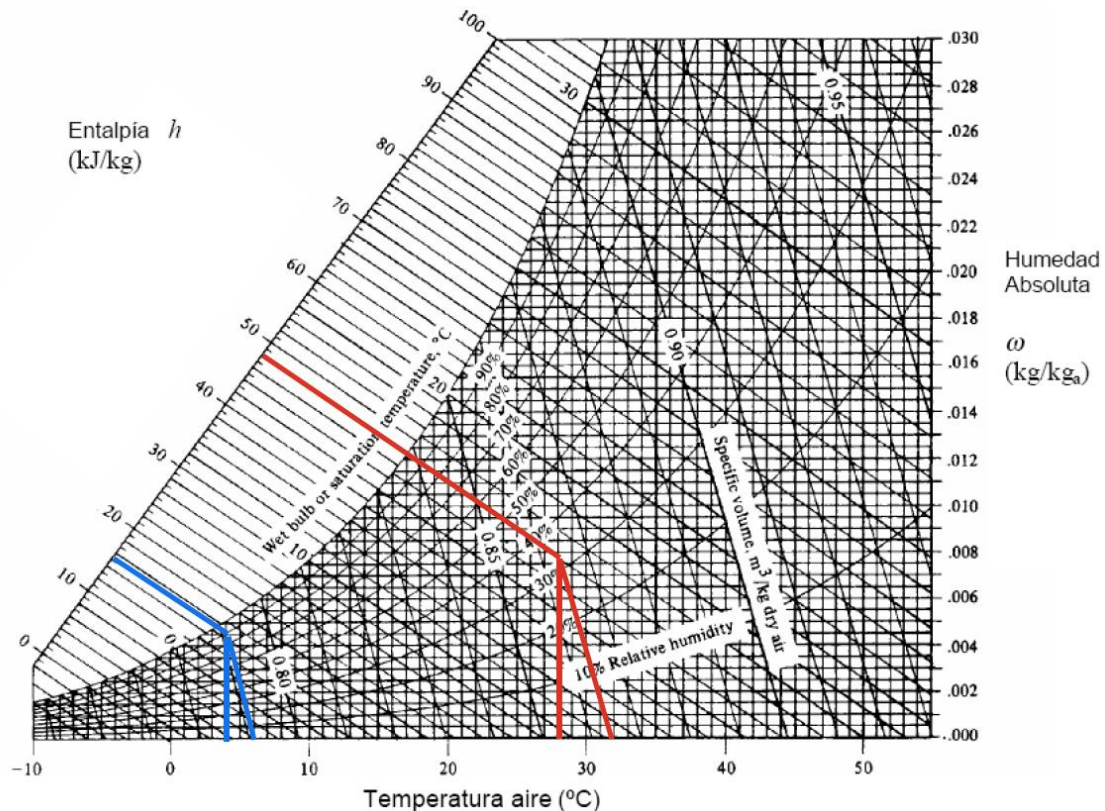


Figura 163. Diagrama psicrométrico para unas temperaturas de 4°C (interior de la cámara) y 28°C (temperatura media de Huete) y unas humedades relativas de 85% (interior de la cámara) y 33% (humedad relativa del mes de julio en Huete). (Elaboración propia).

La inversa del volumen específico (m^3/kg aire seco) nos da la densidad del aire (kg aire seco/ m^3).

Localización	T (°C)	HR (%)	h (kJ/kg)	Ve (m^3/kg)	ρ (kg/ m^3)
Cámara	4	85	15	0,79	1,27
Huete	28	33	48	0,865	1,16

Tabla 115. Datos sacados a partir del diagrama psicrométrico. (Elaboración propia).

$$Q_2 = 106.858,08 * (48 - 15) * \frac{1,16 + 1,27}{2} = 4.284.474,718 \frac{kJ}{día}$$

11.3.4. Carga debida al producto en cámara de servicio positivo

La carga térmica originada por el producto considera el calor específico del alimento, la masa total que se introduce en la cámara y la diferencia de temperatura entre el producto y el interior.

$$Q_3 \left(\frac{kJ}{día} \right) = m \left(\frac{kg}{día} \right) * c_p \left(\frac{kJ}{kg * °C} \right) * \Delta T (°C)$$

Es posible determinar el calor específico del yogur en base a las proporciones de sus componentes y el calor específico correspondiente a cada uno.

Para calcular el calor específico de cada componente se utilizan una serie de ecuaciones que dependen de la temperatura.

Major Component	Equation
Carbohydrate ^a	$c = 1.5488 + 1.9625 \times 10^{-3} T - 5.9399 \times 10^{-6} T^2$
Fiber ^a	$c = 1.8459 + 1.8306 \times 10^{-3} T - 4.6509 \times 10^{-6} T^2$
Protein ^a	$c = 2.0082 + 1.2089 \times 10^{-3} T - 1.3129 \times 10^{-6} T^2$
Fat ^a	$c = 1.9842 + 1.4733 \times 10^{-3} T - 4.8008 \times 10^{-6} T^2$
Ash ^a	$c = 1.0926 + 1.8896 \times 10^{-3} T - 3.6817 \times 10^{-6} T^2$
Water ^b	$c = 4.0817 - 5.3062 \times 10^{-3} T + 9.9516 \times 10^{-6} T^2$
Water ^c	$c = 4.0817 - 5.3062 \times 10^{-3} T + 9.9516 \times 10^{-6} T^2$
Ice	$c = 2.0623 + 6.0769 \times 10^{-3} T$

^aT: -40 to 150°C.
^bT: -40 to 0°C.
^cT: 0 to 150°C.

Figura 164. Ecuaciones para estimar el calor específico, en KJ/kg °C, de los principales componentes de los alimentos en función de la temperatura. (Eutiquio et al 2010).

Una vez hallado el calor específico de cada componente, en función de su % en el producto, aplicamos la siguiente expresión para hallar el calor específico asociado:

$$C_p = \sum_{i=1}^n x_i * c_{pi}$$

Para hacerlo, vamos a tomar como referencia la información nutricional de un yogur Activia.

Componente	%	Calor específico (kJ/kg °C)	Calor específico asociado (kJ/kg °C*%)
Carbohidratos	5	1,56	0,078
Proteínas	4	2,01	0,0804
Grasas	0,4	1,99	0,00796

Agua	90,4	4,18	3,77872
Cenizas	0,2	1,10	0,0022
TOTAL			3,94728

Tabla 116. Cálculo del calor específico del yogur natural según su composición.
(Elaboración propia).

Componente	%	Calor específico (kJ/kg °C)	Calor específico asociado (kJ/kg °C*%)
Carbohidratos	7,9	1,56	0,12324
Proteínas	5,3	2,01	0,10653
Grasas	0,1	1,99	0,00199
Agua	86,44	4,18	3,613192
Cenizas	0,26	1,10	0,00286
TOTAL			3,847812

Tabla 117. Cálculo del calor específico del yogur de vainilla según su composición.
(Elaboración propia).

Hay que tener en cuenta que el producto al entrar en la cámara entra a la temperatura de incubación, es decir, 43°C.

$$Q_{yogur\ natural} \left(\frac{kJ}{día} \right) = 21.306,936 \frac{kg}{día} * 3,94728 \frac{kJ}{kg * °C} * (43 - 4)°C$$

$$= 3.280.073,251 \frac{kJ}{día}$$

$$Q_{yogur\ vainilla} \left(\frac{kJ}{día} \right) = 21.512,072 \frac{kg}{día} * 3,847812 \frac{kJ}{kg * °C} * (43 - 4)°C$$

$$= 3.228.201,943 \frac{kJ}{día}$$

$$Q_3 = Q_{yogur\ natural} \left(\frac{kJ}{día} \right) + Q_{yogur\ vainilla} \left(\frac{kJ}{día} \right)$$

$$= 3.280.073,251 \frac{kJ}{día} + 3.228.201,943 \frac{kJ}{día} = 6.508.275,194 \frac{kJ}{día}$$

Es importante considerar que los yogures se encuentran dentro de un envase que también necesita ser enfriado, por lo que se incrementa en un 5% la demanda energética previamente calculada.

$$Q_3 = 1,05 * 6.508.275,194 \frac{kJ}{día} = 6.833.688,954 \frac{kJ}{día}$$

11.3.5. Carga de respiración del producto

Los productos lácteos, como el yogur, son alimentos elaborados que no presentan actividad metabólica. Por ello, no llevan a cabo funciones vitales como la respiración, propias de los seres vivos. $Q_4 = 0$

11.3.6. Carga de fuentes internas

Este epígrafe engloba las cargas de iluminación, de ventiladores y motores, cargas debidas a la actividad de los operarios y otras derivadas de las necesidades de servicio.

$$Q_5 = Q_{ilu} + Q_{pers} + Q_{vent} + Q_{necesidades\ servicio}$$

a) Cargas por iluminación

$$Q_{ilu} = 3.600 * P * t_{ilu}$$

Donde:

- Q_{ilu} : cargas por iluminación (kJ/día).
- P : potencia de las luminarias (kW).
- t_{ilu} : número de horas de funcionamiento de la iluminación al día.

Dado que en el presente trabajo no tenemos hecho un estudio de instalación eléctrica y por tanto no hemos determinado el número de luminarias a instalar, resulta imposible estimar cual va a ser la carga asociada a la iluminación, por lo que este apartado se va a estimar dentro del concepto de necesidades por servicio.

b) Cargas de actividad de personal

$$Q_{pers} = n * Q_p * t_p$$

Donde:

- Q_{pers} : cargas por personas (kJ/día).
- n : número de personas que entran en la cámara diariamente.
- Q_p : calor desprendido por una persona en kJ/h en función de la temperatura de la cámara.
- t_p : número de horas de permanencia de los operarios en el interior de la cámara al día.

El valor de Q_p se obtiene de la siguiente gráfica, que determina el calor generado por persona y hora en función de la temperatura a la que se encuentra la cámara. En nuestro caso, a 4°C, tomamos un valor de Q_p aproximado de 890 kJ/h.

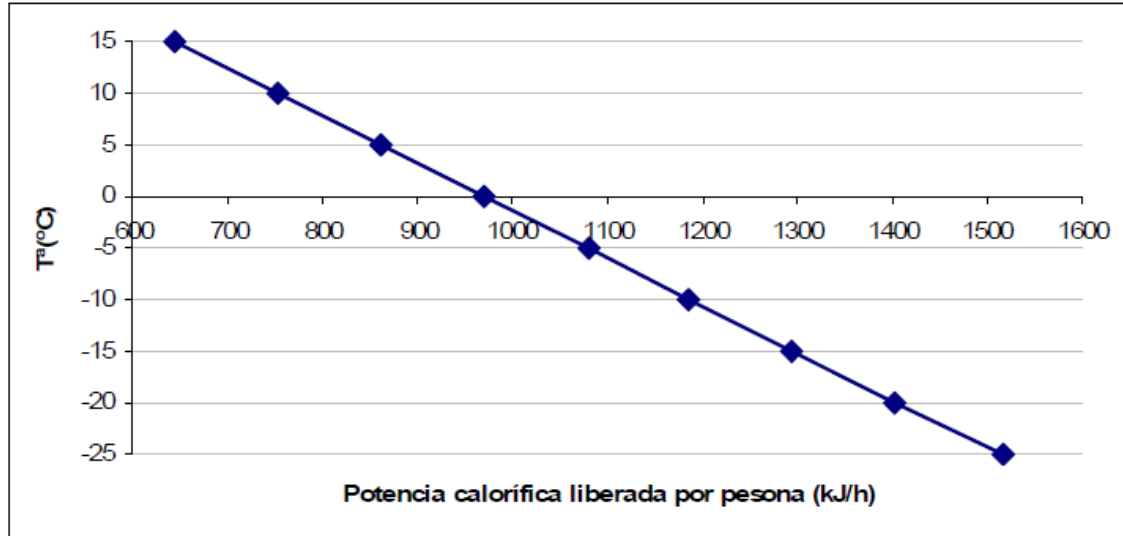


Figura 165. Calor desprendido por persona y hora en función de la temperatura del recinto. (Melgarejo, 1995).

$$Q_{pers} \left(\frac{kJ}{día} \right) = 2 \text{ personas} * 890 \left(\frac{kJ}{h} \right) * 2 \frac{h}{día} = 3.560 \frac{kJ}{día}$$

c) Cargas debidas a ventiladores y motores

$$Q_{vent} = 3.600 * P * t_{vent}$$

Donde:

- Q_{vent} : cargas por bombas y ventiladores (kJ/día).
- P : potencia unitaria de los motores (kW).
- t_{vent} : número de horas de funcionamiento de los motores al día.

En el presente trabajo se desconoce el valor de la potencia de los ventiladores y bombas, por lo que estas cargas se sobreestiman con las necesidades del servicio.

d) Cargas por necesidades de servicio

Se estiman las cargas de necesidades de servicio en 25% ($Z = 0,25$) de la suma de las cargas por transmisión de calor a través de las envolventes, por enfriamiento y por respiración de los alimentos.

$$Q_{necesidades\ servicio} \left(\frac{kJ}{día} \right) = Z * (Q_1 + Q_3 + Q_4)$$

$$Q_{necesidades\ servicio} \left(\frac{kJ}{día} \right) = 0,25 * \left(1.137.024 \frac{kJ}{día} + 6.833.688,954 \frac{kJ}{día} + 0 \right) \\ = 1.992.678,239 \frac{kJ}{día}$$

$$Q_5 \left(\frac{kJ}{día} \right) = 0 + 3.560 \frac{kJ}{día} + 0 + 1.992.678,239 \frac{kJ}{día} = 1.996.238,239 \frac{kJ}{día}$$

11.3.7. Necesidades energéticas totales

Las necesidades energéticas totales se obtienen sumando todas las cargas anteriormente calculadas.

$$\begin{aligned} Q_T \left(\frac{kJ}{día} \right) &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \\ &= 1.137.024 \frac{kJ}{día} + 4.284.474,718 \frac{kJ}{día} + 6.833.688,954 \frac{kJ}{día} + 0 \\ &\quad + 1.996.238,239 \frac{kJ}{día} = 14.251.425,91 \frac{kJ}{día} \end{aligned}$$

La potencia total de la cámara frigorífica se halla conociendo las horas de funcionamiento de la instalación de frío, que en este caso son 16h/día.

$$Q_{T\text{instalar}}(kW) = \frac{Q_T \left(\frac{kJ}{día} \right)}{nh \left(\frac{h}{día} \right) * 3.600 \left(\frac{s}{h} \right)}$$

Donde:

Q_T : necesidades energéticas totales (kJ/día)

nh : número de horas de funcionamiento del equipo frigorífico.

$$Q_{T\text{instalar}}(kW) = \frac{14.251.425,91 \frac{kJ}{día}}{16 \frac{h}{día} * 3.600 \frac{s}{h}} = 247,42 \text{ kW}$$

11.4. **Equipo frigorífico seleccionado**

11.4.1. Evaporador

Para cubrir la potencia frigorífica total, se van a instalar 3 evaporadores de la casa comercial Frimetel, serie GNHM y modelo 3.900, cada uno de los cuales tiene una potencia de 89,1 kW.



Figura 166. Evaporador. (Frimetal).

Característica	Especificación
Serie	GNHM
Capacidad Nominal	Entre 35 y 168 kW
Aplicaciones	Conservación de productos frescos a 0/+2°C y congelados hasta -18°C
Separación de aletas	4,2 mm
Material de la batería	Tubo de acero inoxidable (AISI-304L o AISI-316L) con aletas de aluminio
Tipo de refrigerante	Amoníaco (NH ₃); también compatible con R-404A, glicol, entre otros
Carcasa exterior	Chapa de aluminio y galvanizada lacada en resina poliéster blanco RAL-9002
Ventiladores	Axiales de rotor externo, protección IP-54, con termocontacto incorporado
Motor de ventilador	Trifásico, 2 velocidades, 400V/50Hz
Opciones de desescarche	Eléctrico, por agua, gases calientes e inversión de ciclo
Resistencias para ventiladores	Resistencias circulares disponibles para la boca de los ventiladores
Bandeja de desagüe	Con aislamiento anticondensación
Circuitos adicionales	Posibilidad de incorporar circuitos para agua u otros líquidos
Ventiladores especiales	Disponibles para corriente trifásica de 230V a 460V y 50 ó 60Hz, tipo tubular para altas presiones

Tabla 118. Características técnicas del evaporador. (Elaboración propia a partir de datos del fabricante).

11.4.2. Condensador

Para poder seleccionar el condensador que tiene que ir en el exterior de la fábrica tenemos que tener en cuenta que este no sólo disipa la potencia frigorífica, sino también la energía que aporta el compresor en forma de calor (trabajo).

La potencia térmica total a disipar (Q_{Cond}) es:

$$Q_{Cond} = Q_{Evap} + W_{Comp}$$

Donde:

- Q_{Evap} : calor absorbido por los evaporadores, que en total asciende a 267,3 kW, cubriendo así la carga térmica de 247,42 kW con cierto margen de seguridad.
- W_{Comp} : trabajo del compresor, en kW. Se estima en base al COP de la instalación frigorífica.

$$COP = \frac{Q_{Evap}}{W_{Comp}}$$

Despejando el W_{Comp} y sustituyendo en la expresión anterior, tenemos:

$$Q_{Cond} = Q_{Evap} + \frac{Q_{Evap}}{COP} = Q_{Evap} * \left(1 + \frac{1}{COP}\right)$$

Un COP típico para una instalación de refrigeración media/baja temperatura es entre 2 y 3. Supongamos un $COP = 2,5$.

$$Q_{Cond} = 267,3 \text{ kW} * \left(1 + \frac{1}{2,5}\right) = 374,22 \text{ kW}$$

El condensador debe tener capacidad para disipar, al menos, 374,22 kW.

A la hora de seleccionar el condensador de entre la información comercial existente, hay que tener en cuenta una serie de condicionantes:

- Como ya se ha mencionado, disipar al menos 374,22 kW.
- El tipo de refrigerante a utilizar va a ser amoníaco (R-717).
- El condensador tiene que ser enfriado por aire.
- La temperatura del medio de enfriamiento se estima en la temperatura ambiente del municipio, que como hemos calculado anteriormente será de 28°C.
- La temperatura de condensación se estima en 40°C (28°C de temperatura ambiente + 10-15°C de aproximación típica).

El condensador seleccionado es de la casa comercial Kaltra, serie Mistral y modelo 63, con una capacidad de disipación de 430 kW.



Figura 167. Condensador. (Kaltra).

Parámetro	Especificación
Capacidad nominal	5-1450 kW (depende del modelo y configuración; Mistral 63 se encuentra en el rango medio)
Diseño del intercambiador	Tubos de cobre con aletas de aluminio; interior acanalado para mejorar transferencia térmica (~6 kW/L)
Configuración de flujo de aire	Horizontal e incluso en “V” (Mistral-V opcional)
Ventiladores	Diámetro 630 mm, cantidad típica de 2×2 (4 ventiladores), motores AC o EC
Control de velocidad de ventilador	Disponible con regulación inteligente, versiones de sonido estándar, bajo ruido o ultra-bajo ruido
Refrigerante compatible	Amoníaco (NH ₃), HFC, HFO y CO ₂
Tratamientos de protección	Aletas pre-pintadas, hidrofílicas/hidrofóbicas, pintura epoxi por catáforesis (e-coating)
Opciones de preenfriamiento	Spray adiabático disponible (en versiones V o W)
Garantía	3 años (extensible)
Rango de capacidad global	Total de la serie: 5-2600 kW

Tabla 119. Características técnicas del condensador. (Elaboración propia a partir de datos del fabricante).

12. PRESUPUESTO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA

Este punto del presente trabajo tiene por objetivo principal realizar una estimación de los costes asociados a la puesta en marcha y desarrollo de la línea de producción objeto de nuestro estudio.

Para llevar a cabo la estimación financiera, se utilizará un Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC), calculado a partir del Presupuesto de Ejecución Material (PEM). A este se le añadirán los Gastos Generales, estimados en un 13%, el Beneficio Industrial, establecido en un 6%, y el Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA), correspondiente al 21%. La suma de estos componentes dará como resultado un único PEC que englobará todos los costes necesarios para la puesta en funcionamiento de la nueva línea de producción.

El Presupuesto de Ejecución Material incluirá únicamente los conceptos económicos relacionados con la adecuación de la nave industrial ya existente, así como la adquisición de maquinaria, materiales, mobiliario auxiliar e instalación de la cámara frigorífica.

Por otro lado, el PEM no considerará los costes de instalación de servicios como saneamiento, agua y electricidad, dado que estos sistemas ya se encuentran operativos en las instalaciones actuales, por lo que no es necesario incluirlos dentro del presupuesto específico de ejecución material.

A continuación, se realizará un análisis detallado de la industria en cuestión, con el propósito de evaluar la viabilidad de la línea de producción propuesta. Este estudio tiene como objetivo principal valorar la situación económica y determinar su capacidad para mantenerse financieramente a largo plazo. Para sustentar la viabilidad de la misma, resulta fundamental aportar evidencias concretas que demuestren que los ingresos generados a lo largo del tiempo superan la inversión inicial. Estas evidencias se obtendrán mediante el cálculo de indicadores financieros clave, tales como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el periodo de recuperación de la inversión (Payback).

12.1. Criterios de análisis

Se consideran una serie de aspectos fundamentales que deben integrarse adecuadamente durante el desarrollo de la evaluación financiera:

- Año de inversión: la inversión inicial se efectuará al comienzo de la puesta en marcha de la línea, es decir, en el año cero.
- Vida útil de la industria: se prevé que la industria tenga una duración operativa de 30 años.
- Año de inicio de operaciones: se estima que la industria estará completamente en funcionamiento desde el primer año.

- Cobros y pagos: los ingresos corresponden a todas las entradas de dinero, mientras que los pagos representan los gastos y el consumo de recursos. Ambos se registrarán al final de cada año.
- Tasa de actualización: se utilizará una tasa de descuento del 3% como referencia para evaluar la rentabilidad de la inversión.
- Sin considerar la inflación: no se tomará en cuenta el incremento general de precios, por lo que tanto los ingresos como los gastos se mantendrán constantes en términos reales.
- Indicadores económicos: se emplearán tres herramientas principales para valorar la inversión: el Valor Actual Neto (VAN), que mide la rentabilidad total del proyecto; la Tasa Interna de Retorno (TIR), que expresa la rentabilidad como porcentaje; y el periodo de recuperación (Payback), que indica el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial. Estos indicadores permitirán tomar decisiones informadas sobre la viabilidad de la industria.

12.2. Vida útil de la industria

La vida útil de una industria se refiere al período durante el cual se espera que funcione de manera adecuada y genere ingresos superiores a sus costes, lo que lo hace rentable. Durante este tiempo, la industria debe ser capaz de operar eficientemente y producir resultados positivos.

En este caso, se estima que las obras e instalaciones de la industria pueden tener una duración de hasta 30 años antes de requerir renovación o reemplazo. Por su parte, la maquinaria utilizada tendría una vida útil aproximada de 15 años, ya que en ese lapso podrían surgir avances tecnológicos que la vuelvan obsoleta. Además, al finalizar su vida útil, algunos activos podrían conservar un valor residual o ser vendidos.

12.3. Inversión

La inversión inicial del proyecto contempla varios elementos, entre los cuales se encuentran:

- El coste de la remodelación de la industria, excluyendo el capítulo relacionado con la instalación de frío.
- El coste de la instalación de frío.
- El coste de los equipos necesarios para el proceso productivo e inmobiliario.

Estos importes se obtienen a partir del análisis del Presupuesto de Ejecución Material (PEM). Para determinar el Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC), se incrementa el PEM en un 13% correspondiente a los Gastos Generales y en un 6% por concepto de beneficio industrial. A esta suma se le aplica un 21% de Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA), dando como resultado el Precio de Ejecución por Contrata con IVA (PEC con IVA).

Cabe destacar que en el presupuesto base no se incluyen los honorarios profesionales, por lo que es necesario añadirlos para obtener la inversión total. En este caso, los honorarios del proyectista se calculan como el 2% del PEM.

Por último, es importante mencionar que la compra del terreno no se contempla dentro del análisis, ya que la parcela forma parte de la propiedad actual de la fábrica existente.

12.3.1. Presupuesto de ejecución material (PEM)

12.3.1.1. Presupuesto de remodelación de la industria

Para estimar el coste total de la remodelación de la fábrica, se ha utilizado como referencia un valor de 700 €/m², correspondiente al coste de construcción de una fábrica nueva. Este cálculo incluye elementos clave como las cimentaciones, cerramientos, pavimentos, y sistemas de saneamiento y fontanería, entre otros. Dado que la superficie prevista para la instalación de la línea de producción es de 1.992,91 m², el coste inicial se obtiene multiplicando dicha superficie por el coste por metro cuadrado. Sin embargo, al tratarse de una remodelación y no de una obra nueva, se considera que el coste real será aproximadamente un 70% del coste de construcción nueva, ya que se prevé una intervención leve que aproveche la estructura existente.

$$1.992,91 \text{ m}^2 * 700 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} * 0,7 = 976.525,90 \text{ €}$$

12.3.1.2. Presupuesto de la instalación de frío, equipos e inmobiliario

ÁREA DE RECEPCIÓN Y OPERACIONES PREVIAS			
Concepto	Unidades (Uds)	Precio unitario (€/Ud)	Importe (€)
Bomba centrífuga	4	500,00	2.000,00
Filtro de malla	1	173,50	173,50
Depósito desaireador	1	7.000,00	7.000,00
Caudalímetro	1	305,00	305,00
Centrífuga clarificadora	1	25.000,00	25.000,00
Intercambiador de placas	2	12.500,00	25.000,00
Depósito de almacenamiento	2	6.000,00	12.000,00
TOTAL			71.478,50

Tabla 120. Presupuesto del área de recepción y operaciones previas. (Elaboración propia).

ÁREA DE PRODUCCIÓN			
Concepto	Unidades (Uds)	Precio unitario (€/Ud)	Importe (€)
Bomba centrífuga	4	500,00	2.000,00
Intercambiador de placas	2	12.500,00	25.000,00
Desnatadora	1	25.000,00	25.000,00
Estandarizadora	1	22.500,00	22.500,00
Bomba lobular	6	900,00	5.400,00
Mezclador de corte alto	1	14.000,00	14.000,00
Homogeneizador	1	20.000,00	20.000,00
Pasteurizador	1	21.500,00	21.500,00
Tanque de cultivo	1	2.500,00	2.500,00
Depósito de aromas	1	1.500,00	1.500,00
Bomba dosificadora	1	1.163,60	1.163,60
Tanque de mezcla	2	6.000,00	12.000,00
TOTAL			152.563,60

Tabla 121. Presupuesto del área de producción. (Elaboración propia).

Con el objeto de ahorrar costes, como ya se ha mencionado anteriormente en el punto 8: “Maquinaria”, el depósito desaireador y el intercambiador de placas destinado a la termización, ambos del área de recepción y operaciones previas, se van a volver a utilizar en el área de producción; por lo que no será necesario incluirlo de nuevo en la tabla anterior.

ÁREA DE ENVASADO			
Concepto	Unidades (Uds)	Precio unitario (€/Ud)	Importe (€)
Envasadora	1	68.985,00	68.985,00
Transportador de rodillos	1	3.000,00	3.000,00
Encajadora	1	48.000,00	48.000,00
Paletizadora	1	15.000,00	15.000,00
Transportador de palés	1	3.200,00	3.200,00
Enfardadora	1	20.500,00	20.500,00
TOTAL			158.685,00

Tabla 122. Presupuesto del área de envasado. (Elaboración propia).

ÁREA DE EXPEDICIÓN DE NATA			
Concepto	Unidades (Uds)	Precio unitario (€/Ud)	Importe (€)
Depósito de nata	5	2.000,00	10.000,00
TOTAL			10.000,00

Tabla 123. Presupuesto del área de expedición de nata. (Elaboración propia).

ÁREA DE LIMPIEZA			
Concepto	Unidades (Uds)	Precio unitario (€/Ud)	Importe (€)
Equipo CIP	1	14.500,00	14.500,00
TOTAL			14.500,00

Tabla 124. Presupuesto del área de limpieza. (Elaboración propia).

MATERIALES			
Concepto	Unidades (Uds)	Precio unitario (€/Ud)	Importe (€)
Estanterías estáticas	25	1.568,00	39.200,00
Carretillas elevadoras	2	12.500,00	25.000,00
Mobiliario y equipos auxiliares	1	15.000,00	15.000,00
TOTAL			79.200,00

Tabla 125. Presupuesto de los materiales. (Elaboración propia).

INSTALACIÓN DE FRÍO			
Concepto	Unidades (Uds)	Precio unitario (€/Ud)	Importe (€)
Evaporador	3	13.480,00	40.440,00
Condensador	1	15.000,00	15.000,00
Aislante térmico	1		72.649,35
TOTAL			128.089,35

Tabla 126. Presupuesto de la instalación de frío. (Elaboración propia).

Mención aparte hay que hacer del cálculo del coste del aislante dado su complejidad, ya que este depende, entre otros factores, del tipo de aislante utilizado, del espesor comercial considerado y de la superficie en la que se tenga que implementar. Dicho valor de coste se introducirá en la tabla anterior.

AISLANTE TÉRMICO				
Tipo y cerramiento	Espesor (mm)	Superficie (m ²)	Precio unitario (€/m ²)	Importe (€)
Panel sándwich espuma poliuretano (techo)	80	415	33,39	13.856,85
Panel sándwich espuma poliuretano (pared norte)	120	207,5	64,50	13.383,75
Panel sándwich espuma poliuretano (pared este)	120	200	64,50	12.900,00

Panel sándwich espuma poliuretano (pared sur)	120	207,5	64,50	13.383,75
Panel sándwich espuma poliuretano (pared oeste)	120	200	64.50	12.900,00
Poliestireno extruido (suelo)	40	415	15,00	6.225,00
TOTAL				72.649,35

Tabla 127. Presupuesto del aislante térmico. (Elaboración propia).

Concepto	Importe (€)
Área de recepción y operaciones previas	71.478,50
Área de producción	152.563,60
Área de envasado	158.685,00
Área de expedición de nata	10.000,00
Área de limpieza	14.500,00
Materiales inmobiliarios	79.200,00
Instalación de frío	128.089,35

Tabla 128. Resumen de los costes de la instalación de frío, equipos e inmobiliario. (Elaboración propia).

12.3.2. Resumen final de la inversión

Concepto	Importe (€)
Remodelación	976.525,90
Área de recepción y operaciones previas	71.478,50
Área de producción	152.563,60
Área de envasado	158.685,00
Área de expedición de nata	10.000,00
Área de limpieza	14.500,00
Materiales inmobiliarios	79.200,00
Instalación de frío	128.089,35
Presupuesto de ejecución material	1.591.042,35
13% de gastos generales	206.835,51
6% de beneficio industrial	95.462,54
Suma	1.893.340,40
21% IVA	397.601,48
Presupuesto de ejecución por contrata	2.290.941,88
Honorarios (2%)	31.820,85
Inversión	2.322.762,73

Tabla 129. Tabla resumen de los costes asociados a la puesta en marcha de la línea de producción. (Elaboración propia).

12.4. Reconocimiento, medición y asignación de pagos

12.4.1. Pagos ordinarios

Los pagos ordinarios en una empresa dedicada a la producción de yogures corresponden a los desembolsos habituales y planificados que permiten el desarrollo normal de sus actividades diarias. Entre estos gastos se encuentran los sueldos del personal, la adquisición de materias primas principales y secundarias, los costes de mantenimiento, distribución y administración, entre otros. Todos estos pagos son fundamentales para asegurar la continuidad operativa del negocio.

12.4.1.1. Mano de obra

El número de trabajadores requeridos en la industria fue determinado previamente en el punto 7: "*Proceso productivo*". A partir de esta información, se llevó a cabo una estimación del coste asociado a la mano de obra, teniendo en cuenta tanto la cantidad de empleados como las obligaciones legales vigentes. Estas incluyen el salario mínimo establecido por la normativa y los aportes a la seguridad social, que representan un 30% adicional.

Distribución de los porcentajes aplicables:

- Contingencias comunes: 23,6%
- Accidentes laborales y enfermedades profesionales: 1,5%
- Aportación por desempleo: 4,1%
- FOGASA: 0,2%
- Formación profesional: 0,6%

Zona	Función	Número de trabajadores	Salario (€/año)	Seguridad social (30%)	Total (€/año)
Área de producción	Gerente de producción	2	28.000	8.400	72.800
	Personal de producción	4	24.000	7.200	124.800
Área de recepción	Personal de recepción	2	24.000	7.200	62.400
Área de almacenamiento y expedición	Personal de almacenamiento y expedición	2	24.000	7.200	62.400
Oficinas	Director general	1	35.000	10.500	45.500
	Director financiero	1	30.000	9.000	39.000
	Administrativos	3	18.000	5.400	70.200
	Secretario	1	16.700	5.010	21.710
Laboratorio	Jefe de laboratorio	1	32.000	9.600	41.600

	Técnicos de laboratorio	1	26.000	7.800	33.800
Limpieza y mantenimiento	Personal de limpieza	2	16.200	4.860	42.120
	Operadores de maquinaria	1	22.000	6.600	28.600
Seguridad	Vigilante	2	16.500	4.950	42.900
TOTAL					687.830

Tabla 130. Pagos ordinarios de la mano de obra. (Elaboración propia).

12.4.1.2. Materias primas

A continuación, se presenta una proyección de la inversión anual necesaria para la adquisición de las materias primas esenciales en la elaboración de yogures. Las cantidades requeridas mensualmente se especifican en el punto 7: "*Proceso productivo*".

- De acuerdo con datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), el precio promedio de leche cruda de oveja en España se sitúa en 1,32 €/L.

- Amazon ofrece fermentos lácticos suministrados por la casa comercial Insumilk y elaborados por la empresa Hansen. Estos fermentos se presentan en paquetes de 50 unidades, las cuales son capaces de hacer fermentar hasta 250 L de leche. El coste de cada paquete es de aproximadamente 41,76 €.

En nuestra planta, se procesan diariamente 20.000 litros de leche. Como primer paso, es necesario calcular cuántos paquetes de fermentos lácticos se requieren para elaborar esa cantidad de yogur firme.

Un solo paquete de fermentos lácticos es suficiente para inocular 250 L de leche. Por lo tanto, para determinar cuántos paquetes se necesitan, se debe dividir el volumen total de leche entre esta cantidad.

$$\text{Paquetes necesarios} = \frac{20.000 \text{ L de leche}}{250 \text{ L de leche/paquete}} = 80 \text{ paquetes}$$

- La empresa distribuidora Flavia comercializa el edulcorante acesulfamo potásico a un precio de 28,41€/kg.
- De acuerdo con los datos proporcionados por Central Lechera Asturiana, el precio de la leche desnatada en polvo es de 10,19 €/kg.
- En relación a los colorantes, caroteno y riboflavina, se estima su precio en unos 25 €/kg por colorante.
- La empresa Neroliane comercializa distintos aromas destinados al uso alimentario. El extracto de vainilla tiene un precio de 89,90 €/L.

Materia prima	Cantidad por día	Días de utilización	Coste	€/semana	€/año
Leche estandarizada	25.000 L	6	1,32 €/L	198.000	9.504.000
Cultivos lácticos	2,4 kg (80 paquetes)	6	41,76 €/paquete	20.044,80	962.150,40

Edulcorante (acesulfamo potásico)	4,136 kg/día	6	28,41 €/kg	705,02	33.840,96
Leche en polvo desnatada	620,4 kg/día	6	10,19 €/kg	37.931,26	1.820.700,48
Colorante (caroteno)	1,034 kg/día	3	25,00 €/kg	77,55	3.722,40
Colorante (riboflavina)	3,102 kg/día	3	25,00 €/kg	232,65	11.167,20
Aroma a vainilla	201 kg/día (150 L)	3	89,90 €/L	40.455	1.941.840
TOTAL				297.446,28	14.277.421,44

Tabla 131. Pagos ordinarios de las materias primas. (Elaboración propia).

12.4.1.3. Materias primas auxiliares

Además de los ingredientes principales que conforman el producto final, también deben considerarse otros materiales y consumibles requeridos durante el proceso de fabricación.

Producto	Cantidad/año (unidades)	Precio (€/unidad)	Importe (€)
Envases 125 g	49.327.344	0,06	2.959.640,64
Cajas de cartón	456.912	0,75	342.684,00
Palés	14.880	4,00	59.520,00
TOTAL			3.361.844,64

Tabla 132. Pagos ordinarios de las materias primas auxiliares. (Elaboración propia).

12.4.1.4. Consumo energético

La estimación de esta cantidad se basa en un análisis teórico que contempla tanto el consumo eléctrico de la maquinaria como el correspondiente a la iluminación.

Dado que en el presente trabajo no tenemos hecho un estudio de instalación eléctrica y por tanto no hemos determinado el número de luminarias a instalar, resulta imposible estimar con exactitud cuál va a ser el consumo energético asociado a la iluminación, por lo que este apartado se va a estimar en un 5% del consumo energético asociado a la maquinaria.

a) Consumo energético de la maquinaria

Área	Nº unidades	Equipos	Potencia unitaria (W)	Potencia total (kW)	Funcionamiento (h/año)	Consumo (kW*h/año)
	4	Bomba centrífuga	22.000	88	60	5.280
	1	Depósito desaireador	37.000	37	120	4.440

Área de recepción de materias primas	1	Caudalímetro	1.000	1	160	160
	1	Centrifuga clarificadora	22.000	22	288	6.336
	2	Intercambiadores de placas	96.000	192	72	13.824
	2	Depósito de almacenamiento	3.000	6	4.608	27.648
	3	Puerta enrollable	1.500	4,5	864	3.888
Área de producción de yogur	4	Bomba centrifuga	22.000	88	60	5.280
	1	Desnatadora	30.000	30	288	8.640
	1	Estandarizadora	500	0,5	144	72
	3	Intercambiador de placas	96.000	288	72	20.736
	6	Bomba lobular	15.000	90	57,6	5.184
	1	Mezclador de corte alto	39.800	39,8	288	11.462,4
	1	Desaireador	37.000	37	96	3.552
	1	Homogeneizador	121.570	121,57	288	35.012,16
	1	Pasteurizador	15.000	15	288	4.320
	1	Tanque de cultivo	600	0,6	144	86,4
	1	Depósito de aromas	660	0,66	72	47,52
	1	Bomba dosificadora	370	0,37	144	53,28
	2	Tanque de mezcla	3.000	6	4.608	27.648
Área de envasado	1	Envasadora	18.000	18	288	5.184
	1	Transportador de rodillos	2.000	2	288	576
	1	Encajadora	4.800	4,8	288	1.382,4
	1	Paletizadora	4.800	4,8	288	1.382,4
	1	Transportador de palés	2.500	2,5	288	720
	1	Enfardadora	12.000	12	160	1.920
	1	Puerta guillotina	370	0,37	864	319,68
	3	Evaporador	89.100	267,3	4.608	1.231.718,4

Cámara de almacenamiento	1	Condensador	430.000	430	4.608	1.981.440
	2	Puerta guillotina	370	0,74	864	639,36
Área de expedición de nata	5	Depósito de nata	10.000	50	4.608	230.400
	2	Puerta enrollable	1.500	3	48	144
Área de limpieza CIP	1	Unidad CIP	17.000	17	576	9.792
Almacén de envasado y etiquetado	2	Puerta enrollable	1.500	3	864	2.592
Almacén de materias primas	1	Puerta enrollable	1.500	1,5	864	1.296
Área de expedición	2	Puerta enrollable	1.500	3	48	144
TOTAL						3.653.320

Tabla 133. Consumo energético de la maquinaria. (Elaboración propia).

b) Consumo energético de la iluminación

Como se ha mencionado anteriormente, dado que no tenemos hecho un estudio de instalación eléctrica, este consumo se va a estimar en un 5% respecto al valor del consumo energético de la maquinaria.

$$\begin{aligned}
 \text{Consumo energético iluminación} & \left(\frac{\text{kW} * \text{h}}{\text{año}} \right) \\
 & = \text{Consumo energético maquinaria} * 0,05 = 3.653.320 * 0,05 \\
 & = 182.666 \frac{\text{kW} * \text{h}}{\text{año}}
 \end{aligned}$$

Para calcular el consumo de energía en la industria, es importante considerar que esta opera 24 días al mes, con jornadas de 16 horas diarias.

La empresa se acoge a una tarifa eléctrica pensada especialmente para pequeñas y medianas empresas (pymes), la cual está diseñada para ajustarse a sus requerimientos específicos en el uso de servicios como la electricidad.

Por ejemplo, si una pyme registra un consumo eléctrico superior a 15 kilovatios (kW), se clasifica dentro de la tarifa 3.0TD. En estos casos, es recomendable analizar opciones tarifarias que respondan adecuadamente a este nivel de demanda.

Estas tarifas están estructuradas para atender las particularidades de consumo de las pymes, reconociendo que sus necesidades energéticas son distintas a las de los hogares o pequeños negocios. Al estar enfocadas en perfiles de mayor consumo, estas tarifas permiten una mayor personalización, incluyendo beneficios como descuentos,

flexibilidad en la facturación y un mejor ajuste a las condiciones operativas y financieras de este tipo de empresas, en contraste con las tarifas convencionales.

Usando como ejemplo a Iberdrola, uno de los principales proveedores de energía eléctrica, se puede encontrar una tarifa fija de 0,153 euros por kilovatio-hora (€/kWh). Este tipo de tarifa se caracteriza por mantener un precio estable por cada unidad de electricidad consumida, sin verse afectado por la hora del consumo ni por las variaciones estacionales.

Producto	Consumo (kW*h/año)	Tarifa eléctrica (€/kW*h)	Importe (€/año)
Maquinaria	3.653.320	0,153	558.957,96
Luminaria	182.666	0,153	27.947,90
TOTAL			586.905,86

Tabla 134. Pagos ordinarios por el consumo energético de la maquinaria y de la luminaria. (Elaboración propia).

12.4.1.5. Consumo de agua

Para realizar un análisis más preciso del consumo de agua, este puede clasificarse en dos grupos. El primero corresponde al agua utilizada en la elaboración del yogur y en la limpieza de los equipos. El segundo se refiere al consumo relacionado con la higiene de las instalaciones y del personal.

a) Consumo de agua para la producción de yogur y limpieza de maquinaria

Durante una jornada habitual de producción, se procesan de media cerca de 21.500 kg de yogur. Considerando que en una planta láctea el consumo promedio de agua es de 2 L/kg de yogur elaborado, el gasto diario de agua asociado tanto al proceso productivo como a las tareas de limpieza alcanza aproximadamente los 43.000 L.

b) Consumo de agua para la limpieza de instalaciones y personal

Se calcula que el consumo anual de agua destinado a la limpieza de las instalaciones alcanza los 250.000 L.

Además, se estima el volumen de agua requerido para cubrir las necesidades básicas del personal. Este consumo incluye tanto el agua potable para beber como la utilizada en instalaciones sanitarias, tales como baños, vestuarios y cocina. En entornos industriales, se considera que el consumo promedio por persona es de aproximadamente 20 L diarios. Con una plantilla diaria de 23 trabajadores, el gasto total de agua asociado al personal asciende a unos 460 L/día.

De acuerdo con el último informe del Instituto Nacional de Estadística (INE), el precio promedio del agua en la provincia de Cuenca se estableció en 1,42 €/m³.

Actividades	Consumo (L/día)	Consumo (L/año)	Consumo (m³/año)	Precio (€/m³)	Importe (€/año)
Producción y limpieza maquinaria	43.000	12.384.000	12.384	1,42	17.585,28
Limpieza instalaciones		250.000	250	1,42	355,00
Personal	460	132.480	132,48	1,42	188,12
TOTAL					18.128,40

Tabla 135. Pagos ordinarios por el consumo de agua. (Elaboración propia).

12.4.1.6. Seguros

La compañía de seguros ha determinado que la prima correspondiente tanto a la obra como a la maquinaria será equivalente al 2% del coste total de cada uno.

Capítulo	Importe (€)	Seguro (%)	Importe seguro (€/año)
Remodelación	976.525,90	2	19.530,52
Área de recepción y operaciones previas	71.478,50	2	1.429,57
Área de producción	152.563,60	2	3.051,27
Área de envasado	158.685,00	2	3.173,70
Área de expedición de la nata	10.000,00	2	200,00
Área de limpieza	14.500,00	2	290,00
Instalación de frío	128.089,35	2	2.561,79
TOTAL			30.236,85

Tabla 136. Pagos ordinarios de los seguros. (Elaboración propia).

12.4.1.7. Conservación y mantenimiento

Se estima un coste anual destinado al mantenimiento tanto de las instalaciones como del equipamiento (incluyendo toda la maquinaria utilizada en la producción de yogur y la cámara frigorífica). Este mantenimiento contempla cualquier reparación que sea necesaria debido a fallos o desperfectos que puedan presentarse durante el año. Se ha determinado que dicho gasto representará un 4% del valor total de las obras y los equipos.

Capítulo	Importe (€)	Mantenimiento (%)	Importe mantenimiento (€/año)
Remodelación	976.525,90	4	39.061,04
Área de recepción y operaciones previas	71.478,50	4	2.859,14

Área de producción	152.563,60	4	6.102,54
Área de envasado	158.685,00	4	6.347,40
Área de expedición de la nata	10.000,00	4	400,00
Área de limpieza	14.500,00	4	580,00
Instalación de frío	128.089,35	4	5.123,57
TOTAL			60.473,69

Tabla 137. Pagos ordinarios para la conservación y el mantenimiento. (Elaboración propia).

12.4.1.8. Distribución

Durante los días lunes, martes y miércoles, la industria se dedica a la elaboración de yogur natural, alcanzando una producción diaria de 170.455 unidades. Esta rutina se repite durante tres días a la semana, lo que se traduce en una producción semanal de 511.365 tarrinas de este tipo de yogur.

En cambio, los jueves, viernes y sábados se destinan a la fabricación de yogur de vainilla, con un volumen diario de 172.096 tarrinas. Como resultado, al final de la semana se producen 516.288 unidades de este sabor. En conjunto, la producción semanal total de yogures asciende a 1.027.653 tarrinas, mientras que, al cabo de un mes, se elaboran 4.110.612 unidades.

Dado que cada tarrina contiene 0,125 kg de yogur, el volumen mensual total de producto es de 513.826,50 kg. Por otro lado, cada envase pesa 6,8 g, lo que implica un peso total mensual de envases de 27.952,16 kg.

Para distribuir eficientemente los productos, se necesitan 9.519 cajas por semana, lo que suma un total mensual de 38.076 cajas. Suponiendo que cada una tiene un peso de 0,75 kg, esto representa 28.557 kg.

Además, el transporte requiere 300 palés cada semana, alcanzando un total de 1.200 palés al mes. Considerando que cada palé pesa 25 kg, el peso mensual asociado a ellos es de 30.000 kg.

La empresa tiene previsto externalizar el servicio de transporte a una compañía logística, la cual cobraría 0,10 €/kg movilizado.

La siguiente tabla muestra el total de kilogramos que deben ser transportados mensualmente, considerando el peso del producto, los envases, las cajas y los palés.

Concepto	Cantidad
Peso yogur (kg/mes)	513.826,50
Peso envase (6,8 g)	27.952,16
Peso caja (0,75 kg)	28.557
Peso palé (25 kg)	30.000
Peso total (kg)	600.335,66

Importe mensual (€)	60.033,57
Importe anual (€)	720.402,84

Tabla 138. Pagos ordinarios por la distribución. (Elaboración propia).

12.4.1.9. Otros pagos ordinarios

La industria también incurre en diversos gastos administrativos recurrentes, entre los que se encuentran los siguientes:

1. Servicios de mantenimiento para los equipos informáticos, con un importe anual de 2.000 €.
2. Adquisición de material de oficina y otros pequeños suministros, con un gasto total de 1.000 € al año.
3. Servicios de telecomunicaciones, incluyendo telefonía e internet, que suponen un desembolso anual de 2.500 €.

A esto se suman 4.000 € destinados cada año a la capacitación del personal.

En conjunto, estos gastos administrativos habituales alcanzan un total de 9.500 €/año.

12.4.1.10. Impuestos

El Impuesto sobre Bienes Inmuebles (IBI) es un tributo que se aplica anualmente sobre el valor catastral de las propiedades, según su tipo: urbano, rústico o con características especiales. En el municipio de Huete, la recaudación de este impuesto corresponde al ayuntamiento.

Los tipos impositivos generales son los siguientes:

- Para bienes inmuebles urbanos, el porcentaje aplicado oscila entre el 0,4 % y el 1,1 % del valor catastral.
- Para los bienes rústicos, la tasa se sitúa entre el 0,3 % y el 0,9 %.

En este trabajo, no se tomará en cuenta el IBI, ya que su cálculo depende de datos específicos proporcionados por los ayuntamientos y requiere la colaboración directa del propietario del inmueble.

12.4.1.11. Resumen de los pagos ordinarios

Pago ordinario	Importe anual (€/año)
Mano de obra	687.830
Materias primas	14.277.421,44
Materiales auxiliares	3.361.844,64
Consumo energético	586.905,86
Consumo de agua	18.128,40
Seguros	30.236,85
Conservación y mantenimiento	60.473,69
Distribución	720.402,84

Otros gastos	9.500,00
TOTAL	19.752.743,72

Tabla 139. Resumen de los pagos ordinarios. (Elaboración propia).

12.4.2. Pagos extraordinarios

12.4.2.1. Inversión inicial

La inversión inicial, previamente establecida, asciende a un total de 2.322.762,73 €.

12.4.2.2. Renovación de la maquinaria

Los pagos extraordinarios están relacionados con los costes derivados de la actualización de maquinaria y equipos auxiliares. Está previsto que estos gastos se efectúen transcurridos 15 años desde el comienzo de la puesta en marcha de la línea de producción. La renovación incluirá maquinaria de procesamiento, carretillas eléctricas, el sistema CIP y los equipos compactos utilizados en las cámaras frigoríficas. Se ha determinado que estos componentes deben ser reemplazados para asegurar un funcionamiento eficiente y sostenido de la fábrica.

Capítulo	Importe (€)
Área de recepción y operaciones previas	71.478,50
Área de producción	152.563,60
Área de envasado	158.685,00
Área de expedición de la nata	10.000,00
Área de limpieza	14.500,00
Instalación de frío	55.440,00
Carretillas eléctricas	25.000,00
TOTAL (sin IVA)	487.667,10
IVA (21%)	102.410,09
TOTAL	590.077,19

Tabla 140. Pagos extraordinarios por la renovación de la maquinaria. (Elaboración propia).

12.5. **Reconocimiento, medición y asignación de cobros**

12.5.1. Cobros ordinarios

Los ingresos principales provienen de la venta de productos elaborados por la industria, entre los que se incluyen yogures desnatados con edulcorantes y nata comercializada al por menor.

Según información recopilada en los portales web de cadenas de supermercados como Carrefour, Ahorramas o Supercor, el precio promedio del yogur elaborado con leche de oveja en España oscila entre los 9 y 12 €/kg. Esta variación depende de factores como el tipo de envase (plástico, cristal, frasco, tarrina), si el producto es ecológico, y la marca.

Considerando que una tarrina tiene un peso de 125 g, se estima que su precio individual ronda los 0,38 €. En consecuencia, un pack compuesto por 6 tarrinas tendría un valor aproximado de 2,28 € y el kg de yogur costaría unos 3,04 €, muy por debajo del precio actual en el mercado.

Por otro lado, el precio medio por litro de nata obtenida a partir de leche cruda de oveja se estima de la siguiente manera:

- Con 1 L de leche de oveja, teniendo en cuenta que tiene aproximadamente un 7% de grasa, se obtienen unos 70 mL de nata; luego haciendo la proporción correspondiente se necesitan unos 14,29 L de leche cruda para obtener 1 L de nata.
- Hemos estimado que el precio de leche cruda de oveja se situaba en 1,32 €/L, por tanto, si tomamos en cuenta este dato para evitar pérdidas, tenemos que:

$$\text{Precio litro nata} = 14,29 \text{ L leche cruda} * 1,32 \frac{\text{€}}{\text{L}} = 18,86 \text{ €}$$

Dado que esto no es un precio realista y como ya de por sí, viendo el número total de tarrinas a fabricar, vamos a obtener suficiente margen de beneficio, vamos a omitir el cálculo anterior y vamos a establecer que el precio para la nata va a ser de 1,40 €/L, por debajo de los precios actuales en el mercado para 1 litro de nata líquida según datos obtenidos de los supermercados anteriormente citados.

12.5.1.1. Cobros ordinarios del yogur

La elaboración de yogures en la industria sigue una planificación específica, que distribuye los sabores según los días de la semana. Desde el lunes hasta el miércoles, se fabrican 170.455 tarrinas/día de yogur natural, alcanzando un total semanal de 511.365 tarrinas.

Por otro lado, la producción de yogur de vainilla se lleva a cabo desde el jueves hasta el sábado, con 172.096 tarrinas/día, lo que representa una producción total semanal de 516.288 tarrinas.

Envase 125 g	Tarrinas semana	Tarrinas año	Precio yogur (€/125g)	Importe (€/año)
Natural	511.365	24.545.520	0,38	9.327.297,60
Vainilla	516.288	24.781.824	0,38	9.417.093,12
TOTAL				18.744.390,72

Tabla 141. Cobros ordinarios por la venta de yogures. (Elaboración propia).

12.5.1.2. Cobros ordinarios de la nata

Gracias al proceso de desnatado de la leche cruda, la industria obtiene una cantidad determinada de nata cada día. De lunes a sábado, esta producción diaria alcanza los 4.146,34 L. Si se proyecta esta cantidad a una semana completa, el volumen total de nata producida suma 24.878,04 L.

Producto	Cantidad semanal (L)	Cantidad anual (L)	Precio (€/L)	Importe (€/año)
Nata	24.878,04	1.194.145,92	1,40	1.671.804,29

Tabla 142. Cobros ordinarios por la venta de nata. (Elaboración propia).

12.5.1.3. Cobros ordinarios totales

Producto	Importe (€/año)
Yogur	18.744.390,72
Nata	1.671.804,29
TOTAL	20.416.195,01

Tabla 143. Resumen de los cobros ordinarios totales por la venta de yogur y nata. (Elaboración propia).

12.5.2. Cobros extraordinarios

12.5.2.1. Valor de desecho de la maquinaria

Se han previsto ingresos extraordinarios en dos etapas clave del ciclo operativo de la línea de producción: en el año 15 y en el año 30, que corresponde al final de su vida útil. En el año 15, estos ingresos provendrán de la venta de la maquinaria y los equipos auxiliares que serán sustituidos ese mismo año. Al llegar al año 30, se planea liquidar todo el equipamiento restante.

Durante esta última fase, los ingresos extraordinarios comprenderán tanto la venta de los equipos renovados en el año 15 como la del mobiliario, estanterías y material perteneciente a los laboratorios, oficinas, comedor y vestuarios. Para estimar el valor residual de la maquinaria y los equipos auxiliares en el año 30, se calcula un 30% del valor de adquisición (sin incluir el IVA), dado que solo habrán sido utilizados durante 15 años y mantendrán un estado funcional aceptable. En cuanto al mobiliario y demás materiales con una vida útil de 30 años, su valor residual se estima en un 10% del precio original (sin IVA). Este planteamiento permite realizar una estimación realista de los ingresos extraordinarios en ambos hitos de la línea.

- Cobros extraordinarios en el año 15 por renovación de la maquinaria:

Capítulo	Importe (€)	Valor residual (%)	Importe de desecho (€)
Área de recepción y operaciones previas	71.478,50	30	21.443,55
Área de producción	152.563,60	30	45.769,08
Área de envasado	158.685,00	30	47.605,50
Área de expedición de la nata	10.000,00	30	3.000,00
Área de limpieza	14.500,00	30	4.350,00

Instalación de frío	55.440,00	30	16.632,00
Carretillas eléctricas	25.000,00	30	7.500,00
TOTAL			146.300,13

Tabla 144. Cobros extraordinarios por la renovación de la maquinaria. (Elaboración propia).

- Cobros extraordinarios en el año 30 por el fin de la vida útil de la línea de producción:

Capítulo	Importe (€)	Valor residual (%)	Importe de desecho (€)
Área de recepción y operaciones previas	71.478,50	30	21.443,55
Área de producción	152.563,60	30	45.769,08
Área de envasado	158.685,00	30	47.605,50
Área de expedición de la nata	10.000,00	30	3.000,00
Área de limpieza	14.500,00	30	4.350,00
Instalación de frío	55.440,00	30	16.632,00
Carretillas eléctricas	25.000,00	30	7.500,00
Estanterías, mobiliario y equipos auxiliares	54.200	10	5.420,00
TOTAL			151.720,13

Tabla 145. Cobros extraordinarios por el desecho de la maquinaria. (Elaboración propia).

12.5.2.2. Valor residual de la remodelación de la fábrica

Al término de los 30 años de vida útil previstos para la línea de producción, se calcula que la remodelación de la fábrica mantendrá un valor residual equivalente al 50% de su coste original.

Capítulo	Importe (€)	Valor residual (%)	Importe residual (€)
Remodelación	976.525,90	50	488.262,95

Tabla 146. Cobros extraordinarios por la venta de la remodelación. (Elaboración propia).

12.6. Evaluación financiera

Durante el proceso de elaboración del presupuesto y el análisis económico de la línea de producción, se ha llevado a cabo una identificación, medición y evaluación detallada de todos los ingresos y gastos relacionados. A continuación, se procederá a estimar y

examinar los flujos de caja que se generarán a lo largo del ciclo de vida completo de la línea de producción. Como se mencionó previamente, evaluar la viabilidad del proyecto requiere evidencias claras que demuestren que los ingresos proyectados superan el monto de la inversión inicial. Esta afirmación se sustenta mediante el cálculo de indicadores financieros clave, como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el periodo de recuperación de la inversión (Payback).

1. VAN

El Valor Actual Neto (VAN) es un indicador clave para analizar la viabilidad económica de un proyecto. En términos simples, refleja el valor actual de los beneficios financieros que se espera obtener a partir de la inversión realizada. Este instrumento resulta fundamental para determinar si el proyecto generará una rentabilidad adecuada desde una perspectiva financiera.

$$VAN = -k + \sum_{j=1}^n \frac{R_j}{(1+r)^j} = -k + \frac{R_1}{(1+r)^1} + \frac{R_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{R_n}{(1+r)^n}$$

Siendo:

- k : la inversión realizada en el momento inicial ($j=0$).
- R_j : los flujos de caja en cada periodo de tiempo.
- j : el periodo de tiempo (año).
- r : la tasa de actualización (3%).

La evaluación de los resultados se realiza conforme al siguiente criterio:

- $VAN > 0$, la línea de producción es económicamente viable.
- $VAN = 0$, la línea de producción no genera ni beneficios ni pérdidas, por lo que su puesta en marcha es indiferente.
- $VAN < 0$, la línea de producción es económicamente inviable, produce pérdidas.

2. TIR

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es un indicador financiero utilizado para medir la rentabilidad de una inversión, expresada en forma de porcentaje. Básicamente, representa la tasa de interés que iguala el Valor Actual Neto (VAN) a cero. Es decir, indica el rendimiento esperado de una inversión. Si la TIR supera la tasa de descuento (r), el proyecto se considera rentable y factible.

$$VAN = 0 = -k + \sum_{j=1}^n \frac{R_j}{(1+r)^j} = -k + \frac{R_1}{(1+r)^1} + \frac{R_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{R_n}{(1+r)^n}$$

3. Payback

El Período de Recuperación de la Inversión, también conocido como Payback, se refiere al tiempo que transcurre desde que se realiza una inversión hasta que los flujos de efectivo acumulados igualan el capital invertido. Este indicador permite estimar cuánto tiempo llevará recuperar el capital inicial. En general, un período de recuperación más corto se percibe como más conveniente, ya que indica una recuperación más rápida del capital invertido.

$$Payback = \sum_{j=1}^h \frac{R_j}{(1+r)^j} \geq \sum_{j=1}^m \frac{K_j}{(1+r)^j}$$

Siendo:

- k : la inversión realizada en el momento inicial ($j=0$).
- R_j : los flujos de caja en cada periodo de tiempo.
- j : el periodo de tiempo (año).
- r : la tasa de actualización (3%).
- h : plazo de recuperación.
- m : año de recuperación de la inversión.

12.6.1. Premisas de evaluación

En el contexto del presente trabajo, se llevará a cabo un análisis comparativo entre dos alternativas de financiación con el propósito de evaluar su influencia sobre la rentabilidad de la línea de producción. En una primera etapa, se desarrollará un flujo de caja bajo un esquema de autofinanciación, en el cual el inversionista asume la totalidad del capital necesario. Posteriormente, se analizará una segunda opción que contempla el uso de financiación externa, mediante un préstamo que cubrirá el 70% del coste inicial. A partir de los indicadores financieros previamente descritos, se realizará una comparación entre ambas alternativas para identificar cuál resulta más rentable. Finalmente, el estudio concluirá con una recomendación sobre la opción más conveniente desde el punto de vista financiero.

12.6.2. Evaluación financiera propia

Analizar proyectos financiados con recursos propios es esencial para establecer si una inversión es viable y rentable sin recurrir a capital externo. En este tipo de evaluación, dos indicadores financieros adquieren particular relevancia: el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), ya que permiten medir el desempeño económico del proyecto.

Año	Inversión inicial (€)	Pagos (€)		Cobros (€)		Flujo de caja (€)
		Ordinarios	Extraordinarios	Ordinarios	Extraordinarios	
0	-2.322.762,73					-2.322.762,73
1		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
2		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
3		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
4		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
5		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
6		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
7		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
8		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
9		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
10		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
11		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
12		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
13		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
14		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
15		-19.752.743,72	-590.077,19	20.416.195,01	146.300,13	219.674,23
16		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
17		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
18		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
19		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
20		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
21		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
22		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
23		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
24		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
25		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
26		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
27		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
28		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
29		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
30		-19.752.743,72		20.416.195,01	639.983,08	1.303.434,37

Tabla 147. Flujo de caja con financiación propia. (Elaboración propia).

VAN	10.659.996,32 €
TIR	28%

Tabla 148. VAN y TIR con financiación propia. (Elaboración propia).

Con un Valor Actual Neto (VAN) de 10.659.996,32 € y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 28%, se concluye que el proyecto es financieramente viable. El hecho de que el VAN sea positivo indica que los flujos de caja proyectados, descontados a una tasa adecuada, superan la inversión inicial, generando un beneficio neto en términos presentes. Además, la TIR del 28% respalda esta conclusión, ya que se encuentra por encima de la tasa mínima de descuento exigida para este tipo de inversión (3%).

Año	Flujo de caja (€)	Valor acumulado (€)
0	-2.322.762,73	-2.322.762,73
1	663.451,29	-1.659.311,44
2	663.451,29	-995.860,15
3	663.451,29	-332.408,86
4	663.451,29	331.042,43

5	663.451,29	994.493,72
6	663.451,29	1.657.945,01
7	663.451,29	2.321.396,30
8	663.451,29	2.984.847,59
9	663.451,29	3.648.298,88
10	663.451,29	4.311.750,17
11	663.451,29	4.975.201,46
12	663.451,29	5.638.652,75
13	663.451,29	6.302.104,04
14	663.451,29	6.965.555,33
15	219.674,23	7.185.229,56
16	663.451,29	7.848.680,85
17	663.451,29	8.512.132,14
18	663.451,29	9.175.583,43
19	663.451,29	9.839.034,72
20	663.451,29	10.502.486,01
21	663.451,29	11.165.937,30
22	663.451,29	11.829.388,59
23	663.451,29	12.492.839,88
24	663.451,29	13.156.291,17
25	663.451,29	13.819.742,46
26	663.451,29	14.483.193,75
27	663.451,29	15.146.645,04
28	663.451,29	15.810.096,33
29	663.451,29	16.473.547,62
30	1.303.434,37	17.776.981,99

Tabla 149. Payback con financiación propia. (Elaboración propia).

Según el análisis de los flujos de caja y su acumulado, se determina que la inversión se recupera en el año 4. A partir de ese momento, los ingresos netos generados por el proyecto continúan en aumento, contribuyendo positivamente a su rentabilidad.

12.6.3. Evaluación con financiación ajena

Al analizar un proyecto que será financiado parcialmente con recursos externos, se considera la opción de cubrir una parte del capital requerido mediante un crédito. En esta situación particular, se plantea que dicho crédito represente el 70% del desembolso inicial. El préstamo contemplado tendría una duración de 15 años y aplicaría una tasa de interés compuesta por el Euribor a 12 meses más un margen adicional del 2%, lo que equivale a un 6% en total.

Datos del préstamo	
Inversión inicial	2.322.762,73 €
Préstamo	1.625.933,91 €
Periodo de amortización	15 años
Interés	6%

Tabla 150. Datos del préstamo. (Elaboración propia).

El método de amortización francés, igualmente denominado sistema de pagos constantes, consiste en que el deudor efectúe abonos anuales fijos durante toda la vida del préstamo. Cada una de estas cuotas cubre tanto una parte del capital adeudado como los intereses generados.

$$\alpha = \frac{C_0 * (1 + i)^n * i}{(1 + i)^n - 1}$$

Siendo:

- α : es la cuota periódica.
- C_0 : es el capital prestado.
- i : es la tasa de interés periódica.
- n : es el número total de pagos o periodos.

$$\alpha = \frac{1.625.933,91 * (1 + 0,06)^{15} * 0,06}{(1 + 0,06)^{15} - 1} = 167.410,65 \text{ €/año}$$

Año	Inversión inicial (€)	Pagos (€)		Cobros (€)		Flujo de caja (€)
		Ordinarios	Extraordinarios	Ordinarios	Extraordinarios	
0	-2.322.762,73					-2.322.762,73
1		-19.752.743,72	-167.410,65	20.416.195,01		496.040,64
2		-19.752.743,72	-167.410,65	20.416.195,01		496.040,64
3		-19.752.743,72	-167.410,65	20.416.195,01		496.040,64
4		-19.752.743,72	-167.410,65	20.416.195,01		496.040,64
5		-19.752.743,72	-167.410,65	20.416.195,01		496.040,64
6		-19.752.743,72	-167.410,65	20.416.195,01		496.040,64
7		-19.752.743,72	-167.410,65	20.416.195,01		496.040,64
8		-19.752.743,72	-167.410,65	20.416.195,01		496.040,64
9		-19.752.743,72	-167.410,65	20.416.195,01		496.040,64
10		-19.752.743,72	-167.410,65	20.416.195,01		496.040,64
11		-19.752.743,72	-167.410,65	20.416.195,01		496.040,64
12		-19.752.743,72	-167.410,65	20.416.195,01		496.040,64
13		-19.752.743,72	-167.410,65	20.416.195,01		496.040,64
14		-19.752.743,72	-167.410,65	20.416.195,01		496.040,64
15		-19.752.743,72	-757.487,84	20.416.195,01	146.300,13	52.263,58
16		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
17		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
18		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
19		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
20		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
21		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
22		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
23		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
24		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
25		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
26		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
27		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
28		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
29		-19.752.743,72		20.416.195,01		663.451,29
30		-19.752.743,72		20.416.195,01	639.983,08	1.303.434,37

Tabla 151. Flujo de caja con financiación ajena. (Elaboración propia).

VAN	8.661.458,84 €
TIR	21%

Tabla 152. VAN y TIR con financiación ajena. (Elaboración propia).

La inclusión de financiamiento externo también representa una alternativa factible. Si bien el Valor Actual Neto (VAN) resulta ligeramente más bajo en comparación con una financiación completamente propia, se mantiene en valores positivos, lo que refleja la viabilidad económica del proyecto. Por su parte, la Tasa Interna de Retorno (TIR), que alcanza un 21%, indica un rendimiento atractivo, aunque algo inferior al obtenido sin recurrir a financiación ajena.

Año	Flujo de caja (€)	Valor acumulado (€)
0	-2.322.762,73	-2.322.762,73
1	496.040,64	-1.826.722,09
2	496.040,64	-1.330.681,45
3	496.040,64	-834.640,81
4	496.040,64	-338.600,17
5	496.040,64	157.440,47
6	496.040,64	653.481,11
7	496.040,64	1.149.521,75
8	496.040,64	1.645.562,39
9	496.040,64	2.141.603,03
10	496.040,64	2.637.643,67
11	496.040,64	3.133.684,31
12	496.040,64	3.629.724,95
13	496.040,64	4.125.765,59
14	496.040,64	4.621.806,23
15	52.263,58	4.674.069,81
16	663.451,29	5.337.521,10
17	663.451,29	6.000.972,39
18	663.451,29	6.664.423,68
19	663.451,29	7.327.874,97
20	663.451,29	7.991.326,26
21	663.451,29	8.654.777,55
22	663.451,29	9.318.228,84
23	663.451,29	9.981.680,13
24	663.451,29	10.645.131,42
25	663.451,29	11.308.582,71
26	663.451,29	11.972.034,00
27	663.451,29	12.635.485,29
28	663.451,29	13.298.936,58
29	663.451,29	13.962.387,87
30	1.303.434,37	15.265.822,24

Tabla 153. Payback con financiación ajena. (Elaboración propia).

A partir del análisis de los flujos de caja y su valor acumulado, se puede determinar que el proyecto financiado con capital externo recupera la inversión realizada en el transcurso del año 5.

12.6.4. Conclusión

Tras examinar cuidadosamente los flujos de caja y los indicadores de rentabilidad en ambos escenarios, se observa que la opción de financiar el proyecto con recursos propios arroja los resultados más favorables en términos de VAN y TIR. Sin embargo, debido al elevado capital requerido al inicio, esta alternativa podría considerarse más ideal que factible.

En contextos más comunes y realistas, especialmente al establecer una industria que demanda una inversión considerable, es habitual recurrir a financiamiento externo. Aunque esta vía puede generar indicadores de rentabilidad algo más bajos que la autofinanciación, permite a los emprendedores llevar adelante el proyecto con un desembolso inicial más reducido. Esta estrategia, más pragmática, suele adaptarse mejor a las condiciones reales del entorno empresarial.

Dicho esto, si el promotor dispone del capital necesario para financiar el proyecto con fondos propios, esta opción puede representar la alternativa más rentable. No obstante, también es esencial valorar la disposición del inversor a asumir el riesgo financiero que dicha decisión conlleva.

13. BIBLIOGRAFÍA

13.1. Recursos web

39 y tú. (s.f.). *Lactobacillus acidophilus* NCFM y sus beneficios. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.39ytu.com/ucam-capsa/lactobacillus-acidophilus-ncfm-y-sus-beneficios>

39ytu.com. (s.f.). *Bifidobacterium lactis* ayuda a mejorar la irregularidad. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.39ytu.com/expertos/bifidobacterium-lactis-ayuda-mejorar-irregularidad>

Acta Pediátrica. (s.f.). *Los probióticos en el marco de la nueva normativa europea que regula los alimentos funcionales*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.actapediatrica.com/index.php/secciones/nutricion-infantil/348-los-probi%C3%B3ticos-en-el-marco-de-la-nueva-normativa-europea-que-regula-los-alimentos-funcionales>

Activia.es. (s.f.). *Bifidobacterium lactis*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.activia.es/actipedia/bifidobacterium-lactis/>

Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN). (s.f.). *Probióticos*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/subdetalle/probioticos.htm

Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN). (s.f.). *Evaluación de riesgos de Bifidobacterium lactis*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/evaluacion_riesgos/informes_comite/BIFIDOBACTERIUM_LACTIS.pdf

Agrarios, D. D. (2021a). *Estructura del sector vacuno lechero en España y en la Unión Europea*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/estructurasectorvacunoleche>

Agrarios, D. D. (2021b). *Informe de coyuntura del sector vacuno de la leche*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de https://www.mapa.gob.es/ca/agricultura/estadisticas/informedecoyuntura-junio2021_tcm34-441631.pdf

Albareda, E. (2022, 17 de abril). El valor nutricional del yogur. *Danonino; Danone*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://danonino.danone.es/beneficios/el-valor-nutricional-del-yogur/>

Aprimatic. (s.f.). *Puerta de elevación*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.aprimatic.es/wp-content/uploads/2021/12/Alustandard.pdf>

Aurora Nutrition. (s.f.). *Probióticos en la alimentación funcional*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.aurorainutrition.com/probioticos-en-la-alimentacion-funcional/>

Biblioteca digital Zamorano. (s.f.). *Repositorio digital*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/7b517165-22c5-4f25-95c7-f4a17dd18574/content>

Biblioteca UAJMS. (s.f.). *Repositorio institucional*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de https://biblioteca.uajms.edu.bo/biblioteca/opac_css/doc_num.php?explnum_id=37540

Boletín Oficial del Estado (BOE). (2004). Reglamento (CE) n.º 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 por el que se establecen normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://boe.es/doue/2004/139/L00055-00205.pdf>

Canal Salud IMQ. (s.f.). *Alimentos funcionales*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://canalsalud.imq.es/blog/alimentos-funcionales>

Casa Grande Xanceda. (s.f.). *El yogur y su evolución en la historia. De los tártaros para el mundo*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.casagrandexanceda.com/ampliar/537/El-yogur-y-su-evolucion-en-la-historia.-De-los-tartaros-para-el-mundo..html>

Cientisol. (2022, 29 de diciembre). *Método de Gerber para la determinación de grasa en leche*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://cientisol.com/metodo-de-gerber-para-la-determinacion-de-grasa-en-leche/>

CLAL. (2023, 19 de mayo). Producción de yogur en la Unión Europea en 2022, por país líder (en 1.000 toneladas) [Gráfica]. En Statista. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www-statista-com.bucm.idm.oclc.org/statistics/1190851/leading-producers-of-yogurt-in-europe/>

Climate-data.org. (s.f.). *Huete, Castilla-La Mancha, España: clima*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://es.climate-data.org/europa/espana/castilla-la-mancha/huete-200117/>

Clúster Alimentario de Galicia. (2020). *Tendencias globales sector lácteo 2020*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.clusteralimentariode-galicia.org/wp-content/uploads/2020/07/tendencias-globables-sector-lacteo-2020-informe-clusaga.pdf>

Clúster Alimentario de Galicia. (2020). *Tendencias globales sector lácteo 2020*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.clusteralimentariode-galicia.org/wp-content/uploads/2020/07/tendencias-globables-sector-lacteo-2020-informe-clusaga.pdf>

Codex Alimentarius. (s.f.). *Norma general para los aditivos alimentarios* (FAO-OMS Codex Alimentarius, CXS 192-1995). Recuperado el 18 de agosto de 2025, de

https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B192-1995%252FCXS_192s.pdf

Codex Alimentarius. (s.f.). Normas STAN. Norma para leches fermentadas (FAO-OMS Codex Alimentarius. CXS 243-2003). Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/list-standards/es/>

Codimar. (2018, 8 de octubre). *R10 transportadores de rodillos motorizados por bucle cadena*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.rodilloscodimar.com/producto/r10-transportadores-de-rodillos-motorizados-por-bucle-de-cadena-serie-ligera/>

Comercial Godó. (s.f.). La química del yogurt. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://comercialgodo.com/la-quimica-del-yogurt/>

Comunidad de Madrid. (s.f.). *Documento sobre leches fermentadas*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM009021.pdf>

Contatec-Flow, S.L. (2019, 25 de mayo). *Caudalímetros electromagnéticos interior de teflón (EMT)*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.contatec.es/caudalimetros/electromagneticos/de-acero-y-teflon/>

Dairy market in Spain. (2023, 17 de marzo). En Statista. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.statista.com/study/31531/milk-and-dairy-products-industry-in-spain-statista-dossier/>

Dairy Products & Eggs: Market Data & Analysis. (2023). En Statista. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.statista.com/study/48826/dairy-products-and-eggs-market-data-and-analysis/>

Danone España. (s.f.). *Beneficios del yogurt para la salud*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.danone.es/beneficios/beneficios-yogur-salud/>

Danone España. (s.f.). *La historia de Danone en España*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.danoneespana.es/danone-en-espana/la-historia-de-danone.html>

de Francqueville, A. G. (2022, 17 de octubre). ¿Los yogures contienen proteínas? *Yogurt in Nutrition*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.yogurtinnutrition.com/es/los-yogures-contienen-proteinas/>

Deonomiablog.com. (2014, julio). *Factores de localización de la empresa*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <http://www.deonomiablog.com/2014/07/factores-de-localizacion-de-la-empresa.html>

Derivadoslacteos.com. (2016, 9 de marzo). *Cultivos lácticos*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <http://derivadoslacteos.com/generalidades-de-los-lacteos/cultivos-lacticos>

Dippanel. (s.f.). *Cámaras frigoríficas: puertas frigoríficas*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de https://www.dippanel.com/camaras-frigorificas/puertas-frigorificas/?srsltid=AfmBOoobOcNonbR8FM_ZGpqYvRmg29cJXGstDoGxhXe8i_nm6WTTY68B

Directindustry. (s.f.). *ZENIT - Encajadora automática - DNC - Catálogo PDF*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://pdf.directindustry.es/pdf/dnc/zenit-encajadora-automatica/62317-934716.html>

Directo al Paladar. (s.f.). *Historia desconocida de Danone, empresa que sobrevivió a seis guerras y llevó el yogur a supermercados*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.directoalpaladar.com/cultura-gastronomica/historia-desconocida-danone-empresa-que-sobrevivio-a-seis-guerras-logro-llevar-yogur-a-supermercados>

DOSTEC. (s.f.). *Bomba dosificadora de pistón y membrana*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de https://www.itc.es/wp-content/uploads/ITC_Electric_Dostec_Range-EN-ES-FR.pdf

Econosublime.com. (2019, marzo). *Localización de la empresa*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.econosublime.com/2019/03/localizacion-empresa.html>

Ef-pack. (s.f.). *Paletizadora / Empacadora automática modelo RRM4500*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.ef-pack.com/la/maquinaria-empaque/paletizadoras-paletas-tarimas/automaticas/modelo-rrm4500>

Envaselia.com. (s.f.). *¿Qué es el polipropileno?* Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.ensavelia.com/blog/que-es-el-polipropileno-id13.htm>

Europ, O. D. (2023). *Observatorio del mercado de la leche*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de https://agriculture.ec.europa.eu/data-and-analysis/markets/overviews/market-observatories/milk_es

Eurostat. (2023, 10 de octubre). *Producción de leche de vaca en las explotaciones por regiones*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/agr_r_milkpr/settings_1/table?lang=en

FAO. (s.f.). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.fao.org/dairy-production-products/production/es/>

FAO. (s.f.). *Producción y productos lácteos: Animales lecheros*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.fao.org/dairy-production-products/production/dairy-animals/en/>

FAO. (s.f.-a). *Producción y productos lácteos: Producción*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.fao.org/dairy-production-products/production/es/>

Farmacéutico Online. (s.f.). *¿Qué son los alimentos funcionales?* Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.farmacauticonline.com/es/que-son-los-alimentos-funcionales/>

Fedeleche. (s.f.). *Historia y origen del yogurt, producto lácteo rico en microorganismos.* Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.fedeleche.cl/ww5/index.php/noticias/noticias-leche-y-salud/8170-historia-y-origen-del-yogurt-producto-lacteo-rico-en-microorganismos>

FEN (Fundación Española de Nutrición). (2013). *Composición nutricional del yogur entero natural.* Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/yogur.pdf>

FEN (Fundación Española de Nutrición). (2013). *Composición nutricional de la leche de vaca entera.* Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/lechevaca.pdf>

Fenil. (s.f.). *Comercio exterior lácteos.* Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://fenil.org/comercio-exterior-lacteos/>

FESNAD (Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética). (2013). *Evidencia científica sobre el papel del yogurt y otras leches fermentadas en la alimentación saludable de la población española.* Recuperado el 18 de agosto de 2025, de https://www.sennutricion.org/media/Docs_Consenso/Consenso_yogur_y_otras_leches_fermentadas_FESNAD_2013.pdf

Frigopack. (s.f.). *Puertas frigoríficas.* Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.frigopack.com/seccion/71/puertas-frigorificas.html>

Frimetal. (s.f.). *Evaporadores.* Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.frimetal.es/productos/evaporadores/>

Fundación del Corazón. (2022). *Cuidado con los alimentos funcionales.* Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://fundaciondelcorazon.com/blog-impulso-vital/2022-cuidado-con-los-alimentos-funcionales.html>

Gestión Agroganadera. (s.f.). *La leche de oveja.* Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://gestionagroganadera.com/la-leche-de-oveja/>

Gil, M. (2022, 9 de febrero). *Streptococcus thermophilus.* Lifeder. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.lifeder.com/streptococcusthermophilus/>

Heinrich-Böll-Stiftung, Amigos de la Tierra & BUND. (2021, 1 de septiembre). *Ventas de los principales productos lácteos a nivel mundial en 2019/2020 (en miles de millones de dólares) [Gráfica].* En Statista. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www-statista-com.bucm.idm.oclc.org/statistics/1278481/sales-of-leading-global-dairy-producers/>

- Hernández, A. (2011, 7 de diciembre). Beneficios del yogur para la salud. *Webconsultas.com; Webconsultas Healthcare*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.webconsultas.com/dieta-y-nutricion/alimentos-saludables/beneficios-del-yogur>
- Huete. (s.f.). *Wikipedia*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Huete>
- Inoxp. (s.f.). *Filtro malla*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.inoxpa.es/productos/valvulas-y-accesorios/filtros/filtros-817008270083700>
- Insumilk.com. (s.f.). *ABY 3 50U cultivo yogur probiótico*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.insumilk.com/product-page/aby-3-50u-cultivo-yogur-probi%C3%B3tico>
- Isoterm. (s.f.). *Panel de poliestireno extruido URSA XPS*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.isoterm.es/fotos-productos/sistemas-pyl-falsos-techos-y-acustica/aislamientos-termicos/xps/ursa-xps-f-n-iii-l-cubiertas-ficha-tecnica.pdf>
- Isotermia. (s.f.). *Puertas frigoríficas de guillotina*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.camarasfrigorificas.es/puertas-frigorificas-de-guillotina/>
- JIMEI. (s.f.-a). *Máquina automática formadora de vasos, llenadora y selladora*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <http://beverages-machine.com/2-6-cup-filling-sealing-machine/176150/>
- JIMEI. (s.f.-b). *Tanque de almacenamiento con aislante térmico*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <http://beverages-machine.com/3-7-insulated-tank/176163/>
- JIMEI. (s.f.-c). *Tanque de cultivo bacteriológico*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <http://beverages-machine.com/3-9-culture-tank/176165/>
- Kaltra. (s.f.). *Air cooled condensers*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.kaltra.com/products/air-cooled-condensers>
- Kartox.com. (s.f.). *Cajas y medida de pallet*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://kartox.com/cajas-medida-pallet>
- Krones. (s.f.). *Desaireador de producto VarioSpin*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.krones.com/es/productos/maquinas/sistema-de-desgasificacion-del-producto.php>
- Láctea, S. S. (2023). *Precio de la leche de vaca a nivel mundial*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://silacinlac.es/indicadores-sectoriales/indicadores/46>
- Lácteas, F. F. (2023). *Datos generales del sector lácteo en España*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://fenil.org/sector-industrial-lacteo/>

Lácteo, A. A. (2023). *Producción mundial de leche, precios al productor y cómo enfrentar el reto desde el sector lácteo*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://asodel.com/2021/09/28/produccion-mundial-de-leche-precios-al-productor-y-como-enfrent>

Lácteo, M. S. (2023). *La industria láctea ante la evolución del mercado y la concentración de la demanda*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de https://www.mercasa.es/wp-content/uploads/2022/09/1308130637_DYC_1995_23_116_116.pdf

Leche Puleva. (s.f.). *Beneficios de prebióticos y probióticos*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.lechepuleva.es/beneficios-prebioticos-probioticos>

Lifeder. (2022, 14 de abril). *Lactobacillus delbrueckii*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.lifeder.com/lactobacillus-delbrueckii/>

López, V. (2019, 15 de febrero). El yogur es un alimento muy nutritivo porque es una gran fuente de calcio. *Muy Saludable*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://muysaludable.sanitas.es/nutricion/alimentos/10-beneficios-del-yogur-natural-debes-conocer/>

MAPA. (2021). *Informe Anual del Consumo Alimentario 2021*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de https://www.fepex.es/Informe_anual_MAPA_2021_consumo_Extracto_FyH.pdf

MAPA. (2021). *Informe anual del consumo alimentario 2021*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.mapa.gob.es/dam/mapa/contenido/alimentacion/temas/consumo-y-tendencias-en-alimentacion/panel-de-consumo-alimentario/ultimos-datos/consumo-2021/informe-consumo-alimentario-2021-baja-res.pdf>

MAPA. (2022). *Informe Anual del Consumo Alimentario 2022*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-tendencias/panel-de-consumo-alimentario/ultimos-datos/default.aspx>

MAPA. (2022). *Informe anual del consumo alimentario 2022*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-tendencias/panel-de-consumo-alimentario/ultimos-datos/default.aspx>

MAPA. (s.f.). *Panel de consumo alimentario: Últimos datos*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-tendencias/panel-de-consumo-alimentario/ultimos-datos/>

MAPA. (s.f.). *Producción y mercados ganaderos*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/>

Mayo Clinic. (s.f.). *Acidophilus: usos y beneficios*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.mayoclinic.org/es/drugs-supplements-acidophilus/art-20361967>

Mecalux. (s.f.). *Estanterías convencionales para palets*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de https://www.mecalux.es/estanterias-industriales/estanterias-convencionales-palets?_gl=1*1ezpfzh*_up*MQ..&gclid=EAiaIQob-ChMI7I6gs-fSgQMVPtCgAB36_gqyEAYASAAEgL38vD_BwE

Mecalux. (s.f.). *Palet europeo (medidas y características)*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.mecalux.es/manual-almacen/palets/palet-europeo-medidas>

Mercasa RSS. (2023). *Alimentación en España*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.mercasa.es/publicaciones/alimentacion-en-espana/>

Mercasa. (s.f.). *Alimentación en España*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.mercasa.es/publicaciones/alimentacion-en-espana/>

Milkplan. (s.f.). *Tanque de almacenamiento de nata*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://milkplan.com/site/index.php/es/products/cooling-storage/mp-vertitank>

MordorIntelligence. (2023). *Mercado europeo de yogur: Crecimiento, impacto de Covid-19 y pronóstico*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/europe-yogurt-market>

Naturopathic.cat. (s.f.). *Bifidobacterium lactis*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.naturopathic.cat/es/el-2%C2%AA-cerebro-intestino/probioticos-6-especies-centrales/bifidobacterium-lactis/>

Neroliane. (s.f.-c). *Vainilla orgánica*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.neroliane.es/aroma-naturale-vainilla-bio.html>

OCDE-FAO. (2018-2027). *Perspectivas agrícolas. Consumo mundial de lácteos (en sólidos lácteos)*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-perspectivas-agricolas-2018-2027/consumo-mundial-de-lacteos-en-solidos-lacteos_agr_outl

Panel Sándwich Group. (s.f.). *Características del panel sándwich cubierta frigorífica*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.panelsandwich.com/wp-content/uploads/2019/04/panel-5g-cubierta-frigorifica.pdf>

Plastico.com. (s.f.). *Polipropileno: qué es y sus características*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.plastico.com/es/noticias/polipropileno-que-es-y-sus-caracteristicas>

Portalechero. (2021). *Comercio mundial de productos lácteos*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://portalechero.com/category/articulos-tecnicos/industria-lactea/>

Real Decreto 271/2014, de 11 de abril, por el que se aprueba la Norma de Calidad para el yogur o yoghurt. *Boletín Oficial del Estado*, Núm. 102, pp. 33154-33157. Recuperado

el 18 de agosto de 2025, de <https://www.boe.es/boe/dias/2014/04/28/pdfs/BOE-A-2014-4515.pdf>

Rivero. (2020, 6 de noviembre). *Envases de polipropileno PP*. Monouso Blog. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://blog.monouso.es/envases-de-polipropileno/>

Rumiantes.com. (s.f.). *Observatorio sector lácteo UE publica datos actualizados*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://rumiantes.com/observatorio-sector-lacteo-ue-publica-datos-actualizados>

Rumiantes.com. (s.f.). *Observatorio sector lácteo UE publica datos actualizados*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://rumiantes.com/observatorio-sector-lacteo-ue-publica-datos-actualizados/>

Sanitas. (s.f.). *10 beneficios del yogur natural que debes conocer*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.sanitas.es/biblioteca-de-salud/dieta-alimentacion/nutricion/10-beneficios-del-yogur-natural-debes-conocer>

Sanitas. (s.f.). *Alimentos funcionales*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.sanitas.es/biblioteca-de-salud/dieta-alimentacion/alimentos/alimentos-funcionales>

Science Photo Library. (s.f.). *Lactobacillus acidophilus and L. casei* [Imagen]. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.sciencephoto.com/media/79522/view/lactobacillus-acidophilus-and-l-casei>

Servicio Agrícola Exterior del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). (2023, 21 de julio). Producción de leche de vaca en todo el mundo de 2015 a 2023 (en millones de toneladas métricas) [Gráfica]. En Statista. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www-statista-com.bucm.idm.oclc.org/statistics/263952/production-of-milk-worldwide/>

Shahbandeh, M. (2023, 18 de julio). Topic: Dairy industry worldwide. En Statista. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.statista.com/topics/4649/dairy-industry/>

Silac Inlac. (s.f.). *Indicadores sectoriales: Indicadores 46*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://silacinlac.es/indicadores-sectoriales/indicadores/46>

Silac Inlac. (s.f.). *Indicadores sectoriales: Indicadores 46*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://silacinlac.es/indicadores-sectoriales/indicadores/46>

Silac Inlac. (s.f.). *Indicadores sectoriales: Indicadores 55*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://silacinlac.es/indicadores-sectoriales/indicadores/55>

Silac Inlac. (s.f.). *Indicadores sectoriales: Indicadores 55*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://silacinlac.es/indicadores-sectoriales/indicadores/55>

SMI. (s.f.). *Alimentos funcionales: probióticos y prebióticos*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.smi.com.uy/mvdcms/Institucion/Alimentos-funcionales--probioticos-prebioticos-uc282>

Sociedad Española de Gastroenterología, Hepatología y Nutrición Pediátrica (SEGHP). (s.f.). *Ponencias*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.seghnp.org/sites/default/files/actividades-files/ponencias.pdf>

Solenutro.es. (s.f.). *Palet europeo: medidas y características*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.solenutro.es/blog/palet-europeo-medidas-y-caracteristicas/>

Statista. (2023a). Yogurt: production share by leading country in Europe 2022. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.statista.com/statistics/1190860/yogurt-production-share-by-leading-european-country/>

Statista. (2023b). Yogurt: production by leading country in the EU-27 2022. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.statista.com/statistics/1190851/leading-producers-of-yogurt-in-europe/>

Statista. (2024). Sector lácteo. El sector lácteo en España. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://es.statista.com/buscar/?q=sector+l%C3%A1cteo&Buscar=&qKat=search&newSearch=true&p=1>

Statista. (s.f.). *Consumo de los hogares de derivados lácteos en España*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://es.statista.com/estadisticas/496211/consumo-de-los-hogares-de-derivados-lacteos-en-espana/>

Statista. (s.f.). *Consumo de los hogares españoles de yogur*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://es.statista.com/estadisticas/492370/consumo-de-los-hogares-espanoles-de-yogur/>

Statista. (s.f.). *Consumo per cápita de yogur en España*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://es.statista.com/estadisticas/492632/consumo-per-capita-de-yogur-en-espana/>

Statista. (s.f.). *Dairy products and eggs market data and analysis*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.statista.com/study/48826/dairy-products-and-eggs-market-data-and-analysis/>

Statista. (s.f.). *Exportaciones de leche y productos lácteos en España por tipo de producto*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://es.statista.com/estadisticas/557809/exportaciones-de-leche-y-productos-lacteos-en-espana-por-tipo-de-producto/>

Statista. (s.f.). *Gasto per cápita en productos lácteos en España*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://es.statista.com/estadisticas/492713/gasto-per-capita-en-productos-lacteos-en-espana/>

Statista. (s.f.). *Leading producers of yogurt in Europe*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www-statista-com.bucm.idm.oclc.org/statistics/1190851/leading-producers-of-yogurt-in-europe/>

Statista. (s.f.). *Países líderes en exportación de productos lácteos según volumen*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://es.statista.com/estadisticas/1310298/paises-lideres-en-exportacion-de-productos-lacteos-segun-volumen/>

Statista. (s.f.). *Países líderes en importación de productos lácteos según volumen*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://es.statista.com/estadisticas/1310299/paises-lideres-en-importacion-de-productos-lacteos-segun-volumen/>

Statista. (s.f.). *Principales empresas de yogures en España según volumen de ventas*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://es.statista.com/estadisticas/560229/principales-empresas-de-yogures-en-espana-segun-volumen-de-ventas/>

Statista. (s.f.). *Principales exportadores de productos lácteos a nivel mundial*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://es.statista.com/estadisticas/1310197/principales-exportadores-de-productos-lacteos-a-nivel-mundial/>

Statista. (s.f.). *Principales países consumidores de leche líquida de vaca del mundo*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://es.statista.com/estadisticas/499197/principales-paises-consumidores-de-leche-liquida-de-vaca-del-mundo/>

Statista. (s.f.). *Principales productores de leche de vaca en el mundo*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://es.statista.com/estadisticas/600241/principales-productores-de-leche-de-vaca-en-el-mundo-en/>

Statista. (s.f.). *Sales of leading global dairy producers*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www-statista-com.bucm.idm.oclc.org/statistics/1278481/sales-of-leading-global-dairy-producers/>

Statista. (s.f.). *Valor del mercado mundial de productos lácteos*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://es.statista.com/estadisticas/1311315/valor-del-mercado-mundial-de-productos-lacteos/>

Statista. (s.f.). *Volumen de exportación de productos lácteos globales por región*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de

<https://es.statista.com/estadisticas/1311312/volumen-de-exportacion-de-productos-lacteos-globales-por-region/>

Statista. (s.f.). *Volumen de leche de vaca producida en España*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://es.statista.com/estadisticas/557003/volumen-de-leche-de-vaca-producida-en-espana/>

Tetrapak. (s.f.-a). *Estandarizadora*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://productxplorer.tetrapak.com/equipment/processing-equipment-application-dairy/tetra-pak-standardization-unit>

Tetrapak. (s.f.-a). *Intercambiador de placas*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://productxplorer.tetrapak.com/equipment/processing-equipment-application-dairy/tetra-pak-plate-heat-exchanger>

Tetrapak. (s.f.-b). *Homogeneizador*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://productxplorer.tetrapak.com/equipment/processing-equipment-application-dairy/tetra-pak-homogenizer>

Tetrapak. (s.f.-b). *Mezclador de corte alto*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://productxplorer.tetrapak.com/equipment/processing-equipment-application-dairy/tetra-pak-high-shear-mixer>

Tetrapak. (s.f.-c). *Pasteurizador Tetra Pak D para pasteurización de productos lácteos*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.tetrapak.com/es/solutions/processing/main-technology-area/pasteurization/tetra-pak-pasteurizer-d>

Tetrapak. (s.f.-d). *Unidad Bactófuga Tetra Pak para la eliminación de esporas*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.tetrapak.com/es/solutions/processing/main-technology-area/separation/tetra-pak-bactofuge-unit>

Tetrapak. (s.f.-e). *Unidad CIP P Tetra Pak®, sistema de limpieza en el sitio*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.tetrapak.com/es/solutions/processing/main-technology-area/cleaning-in-place/tetra-pak-cip-unit-p>

Todoalimentos.org. (s.f.). *Tabla nutricional: Yogurt natural*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.todoalimentos.org/yogurt-natural/>

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). (s.f.). *Repositorio digital*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/2655>

Verderliquids. (s.f.-a). *Bomba centrífuga Pump series MCP2*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de https://www.verderliquids.com/fileadmin/user_upload/Test/Packo_Datasheet/Packo_Industrial%20Pumps_MCP2_INT_English_Datasheet.pdf

Verderliquids. (s.f.-b). *Bomba lobular*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.verderliquids.com/int/es/packo/packo-zl?view=comparator>

WTEEx. (2023, 17 de julio). Principales exportadores de leche a nivel mundial en 2022 (en miles de millones de dólares) [Gráfica]. En Statista. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www-statista-com.bucm.idm.oclc.org/statistics/805280/top-exporters-of-milk-global/>

Yale. (s.f.). *Carretilla retráctil*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.yale.com/es-es/emea/carretillas-retr%C3%A1ctiles/mro16-20/>

ZMB. (2022, 31 de octubre). Volumen de producción de productos lácteos en la Unión Europea (UE-28) de 2021 a 2022* (en 1.000 toneladas métricas) [Gráfica]. En Statista. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www-statista-com.bucm.idm.oclc.org/statistics/693913/dairy-product-production-volume-european-union-eu/>

13.2. Artículos y documentos académicos/científicos

Alimentaria, A. A. (2003). *Leches fermentadas: aspectos nutritivos, tecnológicos y probióticos más relevantes*. Recuperado el 18 de agosto de 2025 de https://www.aragon.es/documents/20127/674325/LECHES_FERMENTADAS.pdf

Alimentarius, C. (2003). *Norma para leches fermentadas* (Normas STAN). FAO-OMS Codex Alimentarius. Recuperado el 18 de agosto de 2025 de https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/normatividad-lacteos/Codex_alimentarius/Norma_del_Codex_par

Ballesteros-Pomar, M. D., & González Arnaiz, E. (2018). *Papel de los prebióticos y los probióticos en la funcionalidad de la microbiota del paciente con nutrición enteral*. Nutrición Hospitalaria. Sección de Endocrinología y Nutrición, Complejo Asistencial Universitario de León, León. Recuperado el 18 de agosto de 2025 de <https://www.redalyc.org/journal/3092/309257184008/html/>

FAO. (2023). *Portal lácteo*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado el 18 de agosto de 2025 de <https://www.fao.org/dairy-platform/es/>

Larrea, V., Morell, P., Quiles, A., & Hernando, I. (s.f.). *Alimentos funcionales: probióticos, prebióticos y simbióticos*. Departamento de Tecnología de Alimentos, Universitat Politècnica de València. Recuperado el 18 de agosto de 2025 de <https://riunet.upv.es/handle/10251/68934>

Luengo Fernández, E. (Coord.). (2007). *Alimentos funcionales y nutraceuticos*. Sociedad Española de Cardiología. Recuperado el 18 de agosto de 2025 de <https://secardiologia.es/images/publicaciones/libros/2007-sec-monografia-nutraceuticos.pdf>

Martínez-Cuesta, M. C., Peláez, C., & Requena, T. (s.f.). *Probióticos en la salud humana*. Grupo de Biología Funcional de Bacterias Lácticas, Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación (CIAL, CSIC-UAM). Recuperado el 18 de agosto de 2025 de https://www.icial.csic.es/documentos/Probióticos_en_la_salud_humana.pdf

Martín Martínez, B. (s.f.). *Puesta al día: alimentos funcionales: prebióticos, probióticos*. Unidad de Gastroenterología y Nutrición Infantil, Hospital de Terrassa (Barcelona). Recuperado el 18 de agosto de 2025 de https://www.fundaciondelcorazon.com/images/stories/biblioteca/revistas/2009/julio-septiembre/Puesta_al_dia_alimentos_funcionales.pdf

Montero Marín, A. L. (2007). *Leches fermentadas en la Comunidad de Madrid* (Documentos Técnicos de Salud Pública, nº 106). Dirección General de Salud Pública y Alimentación, Comunidad de Madrid. Recuperado el 18 de agosto de 2025 de <https://repositorio.uam.es/handle/10486/679141>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2006). *Probióticos en los alimentos: propiedades saludables y nutricionales y directrices para la evaluación*. FAO. Recuperado el 18 de agosto de 2025 de <https://www.fao.org/3/a0512s/a0512s.pdf>

Ramírez Viscarra, C., Pérez Zabaleta, A. S., & Portando Condori, C. A. (2006). *Alimentos funcionales: prebióticos y probióticos, una nueva alternativa para la salud*. Revista Científica Ciencia Médica, 9(1), 49–52. Universidad Mayor de San Simón. Recuperado el 18 de agosto de 2025 de <https://www.redalyc.org/pdf/4260/426041215022.pdf>

Reglero Rada, G. (s.f.). *Los alimentos funcionales: un tesoro cuestionado*. Universidad Autónoma de Madrid, Instituto IMDEA-Alimentación. Recuperado el 18 de agosto de 2025 de https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/679141/EM_37_5.pdf

Romero, M., & Menchén, L. (2013). *Probióticos: nuevas líneas de investigación y aplicaciones terapéuticas en patología digestiva*. Hospital General Universitario Gregorio Marañón; Instituto de Investigación Sanitaria Gregorio Marañón; Universidad Complutense de Madrid. Recuperado el 18 de agosto de 2025 de <https://scielo.isciii.es/pdf/diges/v103n9/revision1.pdf>

Ros, E. (2001). *Introducción a los alimentos funcionales*. Sección de Lípidos, Servicio de Nutrición y Dietética, IDIBAPS, Hospital Clínic de Barcelona. Recuperado el 18 de agosto de 2025 de https://static.elsevier.es/multimedia/00257753/0000011600000016/v0_201607121330/13013429/v0_201607121331/es/2v116n16a13013429pdf001.pdf

SEFAC & SEPyP. (2018). *Guía de actuación y documento de consenso sobre el manejo de preparados con probióticos y/o prebióticos en la farmacia comunitaria*. Guillermo Álvarez Calatayud & Ana María Mateos Lardiés (Coords.). Sociedad Española de Farmacia Familiar y Comunitaria. Recuperado el 18 de agosto de 2025 de https://www.cgcom.es/sites/main/files/mig/gbpc_alimentos_funcionales.pdf

13.3. Libros y apuntes

Alais, C., & Lacasa Godina, A. (2018). *Ciencia de la leche* (1ª ed.). Barcelona: Editorial Reverté. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Alcolea López, C., González de Garay Sanzo, J., et al. (2005). *Manual del plan APPCC en establecimientos alimentarios de Castilla-La Mancha*. Servicios de Sanidad Alimentaria. Recuperado 18 de agosto de 2025.
https://pagina.jccm.es/sanidad/sanidad_alimentaria/PTOs/man-appcc-01.pdf

Álvarez Cruz, N. S., & Bague Serrano, A. J. (2011). *Los alimentos funcionales: una oportunidad para una mejor salud*. Madrid: A. Madrid Vicente. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Amigo Martín, P. (2005). *Tecnología del frío y frigoconservación de alimentos*. Madrid: AMV. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Barberá Mateos, J. M., Marcos, A., et al. (2007). *Alimentos funcionales*. Dirección General de Salud Pública y Alimentación. Recuperado 18 de agosto de 2025.
<https://www.fen.org.es/publicacion/alimentos-funcionales-aproximacion-a-una-nueva-alimentacion>

Benito Hernández, S. (2015-2016). *La empresa y su gestión* [Apuntes de asignatura]. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Cabeza, F. (2009). *Las bases del frío* (4ª ed.). Montauban: Didafrio. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Casp Vanaclocha, A. (2004). *Diseño de industrias agroalimentarias*. Madrid: Mundi Prensa. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Celaya Carrillo, C., Cedrón Remartínez, E., et al. (2007). *Guía para el diseño, implantación y mantenimiento de un sistema APPCC y prácticas correctas de higiene en las empresas alimentarias*. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Cook, N., & López Gómez, A. (2001). *Curso práctico de refrigeración y aire acondicionado*. Madrid: A. Madrid Vicente. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Cuervo, A., et al. (2008). *Introducción a la administración de empresas*. Thomson Civitas. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Díaz Barcos, V., & Correa Hernando, E. C. (2018-2019). *Ingeniería de procesos* [Apuntes de asignatura]. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Díaz Barcos, V., & Correa Hernando, E. C. (2018-2019). *Tecnología del frío* [Apuntes de asignatura]. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Díaz Bayo, J. (2019-2020). *Productos lácteos fermentados* [Apuntes de asignatura]. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Federación Empresarial de Agroalimentación de la Comunidad Valenciana. (2007). *Manual para la implantación de sistemas de autocontrol basados en el APPCC en la industria agroalimentaria*. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Federación Nacional Industrias Lácteas (FENIL). (2015). *Guía de análisis de peligros y puntos de control crítico (APPCC)*. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Ferrando Clemente, C., Romero Castelló, A., et al. (2017). *Guía de prácticas correctas de higiene del sector lácteo*. Recuperado 18 de agosto de 2025. https://www.fedacova.org/wp-content/uploads/2017/03/GUIA-LACTEO-PCH_-2017_c.pdf

Forsythe, S. J. (2003). *Alimentos seguros: microbiología*. Zaragoza: Acribia. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. (2005). Juárez, M., Olano Villen, A., & Morais, F. (Eds.). *Alimentos funcionales*. Madrid: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Instituto de Castilla-La Mancha (ICS). (2009). *Manual de aplicación del sistema APPCC en industrias lácteas de Castilla-La Mancha*. Lorenzo Lizcano Moreno, Cecilia López de la Torre Garrido, et al. Recuperado 18 de agosto de 2025. http://ics.jccm.es/uploads/media/Manual_de_aplicacion_del_sistema_APPCC_en_industrias_lacteas_de_Castilla-La_Mancha.pdf

Jurado García-Posada, M. (2019-2020). *Producción industrial de leches de consumo* [Apuntes de asignatura]. Recuperado 18 de agosto de 2025.

López Gómez, A. (1994). *Las instalaciones frigoríficas en las industrias agroalimentarias: manual de diseño*. Madrid: A. Madrid Vicente. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Madrid Vicente, A. (1996). *Curso de industrias lácteas*. Madrid: A. Madrid Vicente. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Manual de industrias lácteas Tetra Pak. (1996). Madrid: A. Madrid Vicente. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Manual de Industrias Lácteas. (1990). Alfa Laval Food Lund Suecia (Trad. A. Madrid Vicente). Madrid: Mundi-Prensa. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Muther, R. (1965). *Distribución en planta*. Barcelona: Editorial Hispano Europea. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Neufert, E. (1995). *Arte de proyectar en arquitectura: fundamentos, normas y prescripciones sobre construcción, dimensiones de edificios, locales y utensilios, instalaciones, distribución y programas de necesidades* (14ª ed., totalmente renovada y muy ampliada). Barcelona: Gustavo Gili. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Ordoñez Pereda, J. A. (1998). *Alimentos de origen animal*. Madrid: Síntesis. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2006). *Probióticos en los alimentos: propiedades saludables y nutricionales y directrices para la evaluación*. Roma: FAO. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Ortega Anta, R. M., Cobo Sanz, J. M., Burnat Vilà, A., & López Sobaler, A. M. (2002). *Alimentos funcionales: probióticos*. Madrid: Médica Panamericana. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Red Europea de Queserías y Productores Lácteos de Campo y Artesanos. (s.f.). *Guía europea de prácticas correctas de higiene para la elaboración de queso y productos lácteos artesanos*. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Romero del Castillo Shelly, R., & Mestres Lagarriga, J. (2004). *Productos lácteos: tecnología*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña (UPC). Recuperado 18 de agosto de 2025.

Sánchez y Pineda de las Infantas, M. T. (2001). *Ingeniería del frío: teoría y práctica*. Madrid: A. Madrid Vicente; Mundi-Prensa. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Sistemas de Calidad e Inocuidad de los Alimentos. (2002). *Manual de capacitación sobre higiene de los alimentos y sobre el sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC)*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y Ministerio de Sanidad y Consumo de España. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Tamime, Y. A., & Robinson, R. K. (1990). *Yogur: ciencia y tecnología*. Zaragoza: Acribia S.A. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola. (2010). *Obras e instalaciones en la industria alimentaria*. Madrid: s.n. Recuperado 18 de agosto de 2025.

Walstra, P. (2001). *Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos*. Zaragoza: Acribia. Recuperado 18 de agosto de 2025.

13.4. Trabajos fin de grado/Proyectos fin de carrera

Corbacho Loarte, A. (2018). *Estudio para elaboración de yogures y leches fermentadas funcionales con abastecimiento de 80.000 litros leche/día* [Proyecto fin de carrera, Universidad Politécnica de Madrid]. https://ingenio.upm.es/discovery/fulldisplay?docid=alma991005524738204212&context=L&vid=34UPM_INST:34UPM_VU1&lang=es&search_scope=MyInst_and_CI&adaptor=Local%20Search%20Engine&tab=Everything&query=any,contains,andr%C3%A9s%20corbacho&offset=0

Fecha de consulta: 18 de agosto de 2025.

Díaz Díaz, L. (2015). *Tecnología de elaboración de yogur firme probiótico enriquecido en ácidos grasos omega 3 con capacidad de 15.000 litros leche/día* [Trabajo fin de grado, Universidad Politécnica de Madrid]. https://ingenio.upm.es/discovery/fulldisplay?docid=alma991002224929704212&context=L&vid=34UPM_INST:34UPM_VU1&lang=es&search_scope=MyInst_and_CI&adaptor=Local%20Search%20Engine&tab=Everything&query=any,contains,Laura%20d%C3%ADaz%20d%C3%ADaz&offset=0

Fecha de consulta: 18 de agosto de 2025.

Gómez Maroto, M. (2020). *Diseño y dimensionamiento de una línea de elaboración de queso D.O Mancha a partir de 2500 l/día de leche en el T.M de Villacañas (Toledo)* [Trabajo fin de grado, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://oa.upm.es/65897/>

Fecha de consulta: 18 de agosto de 2025.

Jaén Moras, Á. (2024). *Diseño y dimensionamiento de una línea de yogur batido funcional con adición de grasas vegetales con una capacidad de 12.000 l/día (100.000 u/día) en Getafe (Madrid)* [Trabajo fin de grado, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://oa.upm.es/84002>

Fecha de consulta: 18 de agosto de 2025.

Moreno Rua, L. (2024). *Diseño y dimensionamiento de una industria dedicada a la elaboración de yogur firme con una capacidad de 15.000 l/día en Llanes (Asturias)* [Trabajo fin de grado, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://oa.upm.es/80862>

Fecha de consulta: 18 de agosto de 2025.

Pino, N. del. (2021). *Diseño y dimensionamiento de una línea de producción de yogur con una producción de 80.000 u/día en la Sierra Noroeste de Madrid* [Trabajo fin de grado, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://oa.upm.es/69076/>

Fecha de consulta: 18 de agosto de 2025.

Puertas Pérez, C. (2018). *Sistema APPCC en una quesería* [Trabajo de fin de grado, Universidad de Valladolid].

Fecha de consulta: 18 de agosto de 2025.

Romero Vargas, A. (2019). *Estudio de la aplicación de un sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC) en una quesería y una bodega* [Trabajo fin de grado, Universidad de Sevilla].

Fecha de consulta: 18 de agosto de 2025.