

Trabajo Final de Ingeniería en Alimentos

**Desarrollo de yogur descremado  
deslactosado reducido en  
sacarosa mediante hidrólisis  
enzimática.  
Diseño de la línea de elaboración.**

Trabajo realizado en convenio con la Cooperativa de Trabajo  
Nuevo Amanecer Ltda.

Dominguez, Rocío C.  
Fernandez, Agustina R.  
Fuertes, Guadalupe  
Perez Cenci, Marianina

2019



RINFI se desarrolla en forma conjunta entre el INTEMA y la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-  
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

## **Agradecimientos**

Antes que comience con la lectura del presente trabajo, nos parece adecuado agradecer a todos los que hicieron posible el desarrollo del mismo y a aquellos que nos apoyaron a lo largo del año.

En primer lugar, queremos agradecer a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata por ser nuestra casa de altos estudios. Además, a la cátedra de Trabajo Final de Ingeniería en Alimentos, integrada por Alejandra Tomac, José Fardín, Marión Marchetti, María Paula Giacomini y Silvina Pérez, ya que fueron ellos quienes nos acompañaron y nos condujeron en la realización del último trabajo de la carrera.

A Belén Mena y a la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda. por brindarnos sus conocimientos y experiencia, proveyéndonos con los materiales requeridos y confinado en nosotras.

A las empresas Lumatec S.R.L., Industria Citrolac S.A. y Tate & Lile quienes nos donaron materia prima para lograr el correcto desarrollo de nuestro producto.

Por último, y no por eso menos importante, a nuestras familias y amigos que siempre estuvieron a nuestro lado compartiendo nuestras alegrías, nuestro esfuerzo y superación personal.

# Índice

Resumen .....	5
Abstract.....	5
1. Objetivos .....	6
2. Introducción .....	7
2.1. Generación de la idea del proyecto.....	7
2.2. Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda. ....	7
2.3. ¿Qué es el yogur?.....	8
2.3.1. Origen del yogur.....	10
2.3.2. El yogur y la salud.....	10
2.3.3. Distintos tipos de yogur.....	11
3. Análisis de mercado .....	12
3.1. Mercado interno .....	12
3.1.1. Mercado objetivo .....	12
3.1.2. Análisis de la oferta .....	12
3.1.2.1. Análisis de la competencia .....	13
3.1.3. Análisis de la demanda .....	16
3.2. Mercado externo.....	16
4. Determinación del volumen de producción .....	19
4.1. Producción de yogur de la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda. ....	19
4.2. Análisis y conclusiones .....	20
5. Desarrollo de producto .....	22
5.1. Definición y concepto del producto .....	22
5.2. Materias primas principales y sus características.....	22
5.2.1. Leche .....	22
5.2.1.1. Leche en polvo .....	25
5.2.2. Enzima.....	25
5.2.3. Fermento láctico .....	27
5.3. Tecnología del yogur .....	30
5.4. Experiencias realizadas.....	30
5.4.1. Experiencia 1: determinación del tiempo de deslactosado .....	31
5.4.1.1. Análisis de resultados.....	33
5.4.2. Experiencia 2: determinación del dulzor alcanzado con la hidrólisis.....	33
5.4.2.1. Análisis de resultados.....	37
5.4.3. Experiencia 3: elección del endulzante .....	38
5.4.3.1. Análisis de resultados.....	41
5.4.4. Experiencia 4: selección del espesante .....	42
5.4.5. Experiencia 5: determinación experimental del rendimiento .....	45
5.5. Conclusiones de las experiencias realizadas.....	45
5.6. Estabilizantes y endulzantes seleccionados.....	46
5.6.1. Estabilizantes.....	46
5.6.2. Endulzantes .....	48
5.7. Formulación del yogur.....	49
6. Proceso de elaboración del yogur .....	51
6.1. Diagrama de flujo .....	51

6.2. Descripción de las etapas .....	51
7. Balances .....	57
7.1. Balances de materia .....	57
7.1.1. Balance de materia global del proceso.....	58
7.2. Balances de energía.....	62
7.2.1. Balances de energía por etapas.....	63
8. Descripción de equipos y duración de las etapas para la elaboración de yogur.....	69
8.1. Diagrama tecnológico.....	69
8.2. Diseño de equipos .....	70
8.2.1. Intercambiadores de calor .....	70
8.2.1.1. Intercambiador I: Calentamiento I, Pasteurización I y Enfriamiento I .....	70
8.2.1.2. Intercambiador II: Enfriamiento II y III.....	76
8.2.2. Túnel de enfriamiento .....	78
8.2.2.1. Análisis de requerimientos .....	78
8.2.2.2. Selección túnel de enfriamiento.....	80
8.2.3. Cámara frigorífica .....	81
8.2.3.1. Cubicaje .....	81
8.2.3.2. Cálculo de carga frigorífica .....	82
8.2.3.3. Equipamiento .....	86
8.3. Selección de equipos .....	86
8.3.1. Filtro .....	86
8.3.2. Tanque refrigerado.....	86
8.3.3. Desnatadora .....	86
8.3.4. Homogeneizador .....	87
8.3.5. Fermentador .....	87
8.3.6. Caldera .....	88
8.3.6.1. Cálculo de los requerimientos de vapor .....	88
8.3.6.2. Selección de la caldera .....	89
8.3.7. Chiller .....	89
8.3.8. Envasadora .....	91
8.3.9. Detector por rayos X .....	91
8.4. Determinación de la duración de las etapas .....	92
9. Diagrama de Gantt .....	97
10. Sistema de control de la inocuidad del proceso .....	99
10.1. Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) .....	99
10.2. Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES).....	102
10.3. Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP).....	104
11. Layout.....	113
11.1. Análisis de relaciones de actividades.....	113
11.2. Análisis de los 8 factores que afectan la distribución en planta .....	114
12. Impacto ambiental .....	122
12.1. Tratamiento de efluentes.....	123
12.1.1. Caracterización del efluente .....	123
12.1.2. Regulación vigente .....	124
12.1.3. Diseño del decantador .....	124

12.1.3.1. Cálculo de velocidad de sedimentación .....	125
12.1.3.2. Cálculo de caudal de efluente .....	126
12.1.3.3. Cálculo de las dimensiones del decantador.....	126
12.2. Gestión de residuos sólidos.....	127
13. Análisis económico del proyecto .....	128
13.1. Conceptos básicos .....	128
13.1.1.1. Inversión fija total .....	128
13.1.1.2. Inversión en capital de trabajo .....	130
13.1.2. Costos de producción .....	130
13.1.3. Rentabilidad .....	133
13.1.3.1. Cuadro de fuentes y usos de fondos para evaluar la rentabilidad económica .....	133
13.1.3.2. Métodos de evaluación de la rentabilidad .....	134
13.1.3.3. Determinación de la rentabilidad del proyecto .....	134
13.1.4. Punto de equilibrio.....	134
13.1.4.1 Modelo lineal de punto de equilibrio .....	134
13.1.4.2. Cálculo del punto de equilibrio.....	135
13.2. Cálculos .....	135
13.2.1. Cálculo de la Inversión Total.....	135
13.2.2. Cálculo de los costos de producción.....	138
13.2.2.1. Materias primas .....	138
13.2.2.10. Depreciación .....	141
13.2.2.11. Impuestos.....	142
13.2.2.12. Seguros.....	142
13.2.2.13. Ventas y distribución.....	142
13.2.2.14. Dirección y administración .....	143
13.2.2.15. Investigación y desarrollo.....	143
13.2.2.16. Resumen de costos de producción.....	143
13.2.2.2 Envases.....	138
13.2.2.3. Mano de obra directa.....	138
13.2.2.4. Supervisión.....	139
13.2.2.5. Servicios .....	139
13.2.2.6. Mantenimiento .....	141
13.2.2.7. Suministros.....	141
13.2.2.8. Laboratorio.....	141
13.2.2.9. Regalías y patentes.....	141
13.2.3. Cálculo de la rentabilidad .....	144
13.2.4. Análisis de sensibilidad.....	147
13.2.5. Cálculo del punto de equilibrio.....	149
14. Conclusiones .....	150
15. Bibliografía .....	151

## Resumen

Como Trabajo Final de la carrera Ingeniería en Alimentos, se buscó desarrollar un yogur descremado deslactosado, reducido en sacarosa a partir de la utilización de la enzima  $\beta$ -galactosidasa. Su formulación reducida en lactosa fue obtenida a partir de las experiencias prácticas llevadas a cabo en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Las materias primas requeridas fueron provistas por la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda. con quien se llevó a cabo el proyecto, en conjunto. Además de las prácticas de laboratorio, se realizaron cuatro instancias de análisis sensorial, con la colaboración de 10 panelistas entrenados en cada una. A partir de ellas se pudieron determinar el tiempo de deslactosado, el dulzor alcanzado con la hidrólisis y los endulzantes y espesantes a utilizar.

Por otro lado, una vez obtenido el desarrollo del producto, se procedió con el diseño de la línea de producción y el layout de la planta elaboradora de yogur. Se diseñaron equipos tales como intercambiadores de calor de placas, túnel de enfriamiento y cámara frigorífica, para permitir su adaptación a los requerimientos del proceso. Por último, se estipuló la implementación de un sistema de control de la inocuidad del proceso (que incluye BPM, POES y HACCP) y se realizaron un análisis de impacto ambiental y un análisis económico, que permitió concluir el proyecto con un producto rentable y de precio reducido, lo que lo hace accesible para los consumidores.

**Palabras clave:** yogur, deslactosado, enzima, reducido en sacarosa, diseño de equipos, inocuidad, BPM, POES, HACCP, rentabilidad.

## Abstract

As a final project to obtain an Engineering degree, it was sought to develop a skim, low in saccharose and hydrolized lactose yogurt, using the  $\beta$ -galactosidase enzyme. Its formulation was obtained after the practical experiences carried out in the facilities of the Faculty of Engineering, in the National University of Mar del Plata. All the raw materials needed were provided by the Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda., a small company who was also part of the project. As an addition to the work done in the laboratories, four different sensory analysis instances were carried out, in which ten trained panelists were evaluated. From those experiences, the duration of lactose hydrolysis and sweetness achieved could be determined, as well as the sweeteners and stabilizers to use.

Moreover, once the final product was obtained, the design of the production line and the layout of the yogurt processing plant were established. Equipment like plate heat exchangers, cooling tunnel, and cooling chamber, were designed to allow adaptation to process requirements. Finally, a food safety control system (which includes GMP, SSOP and HACCP) was implemented. Two different analyses were carried out, for both environmental and economic impact, the latter leading to a conclusion of a profitable product with a low price, accessible for consumers.

**Key words:** yogurt, hydrolized lactose, enzyme, low in saccharose, equipment design, food safety, GMP, SSOP, HACCP, cost effectiveness.

## **1. Objetivos**

El presente proyecto es realizado en el marco de la materia Trabajo Final, de la carrera Ingeniería en Alimentos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata. El mismo fue elaborado durante el año 2019 en convenio con la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda.. Con la aprobación del trabajo se busca la obtención del título de grado. Al mismo tiempo, y como cierre de una etapa muy importante de la vida, se busca potenciar el trabajo en equipo y adquirir una visión global de los conceptos aprendidos y aplicar las herramientas incorporadas durante todos los años de estudio. Para llevar esto a cabo, se propone realizar el desarrollo de un yogur que se adapte a los requerimientos y especificaciones propuestos por la Cooperativa.

En cuanto a los objetivos específicos se busca obtener la formulación del producto y diseñar la línea de producción en la planta elaboradora. Para ello se definirán las etapas del proceso requeridas para transformar las materias primas en el producto buscado estableciéndose el diagrama de flujo del proceso. Además, se diseñarán y/o seleccionarán los equipos adecuados para cumplir con los requisitos del proceso estimándose los tiempos de cada etapa. Se determinará la distribución en planta mediante métodos apropiados. También se tiene como objetivo realizar un análisis del potencial impacto ambiental de la actividad a desarrollarse y un análisis económico del producto para analizar la rentabilidad del proyecto.



## **2. Introducción**

### **2.1. Generación de la idea del proyecto**

Desde el comienzo, la idea se centró en desarrollar un producto que satisfaga las necesidades de una porción de la población que eligiera un estilo de vida más saludable, buscando mantener la salud a partir de los alimentos elegidos para consumo cotidiano. Además, siempre se consideró interesante el hecho de facilitar el acceso a dichos alimentos. Es por ello que la idea de realizar un alimento saludable y accesible para toda la comunidad estuvo siempre presente.

Luego, se presentó la posibilidad de trabajar en convenio con una industria tradicional de la ciudad, como es la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda., y se tuvo en consideración la experiencia enriquecedora que supone estar en contacto directo con la industria.

La propuesta planteada por la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda. fue mejorar la formulación de un producto ya existente como es el yogur descremado saborizado. La mejora consiste en reducir la cantidad de sacarosa agregada mediante un tratamiento enzimático, ya que se entiende que los consumidores que buscan un producto descremado, también desean que sea reducido en azúcares.

### **2.2. Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda.**

Los orígenes de la Cooperativa que hoy se conoce como “Nuevo Amanecer”, se remontan al año 1939. Los hermanos De Vega conformaron una fábrica de lácteos en la ciudad de Mar del Plata, la cual se transformó en una insignia de la ciudad. La empresa se expandió durante años, tanto en infraestructura, como en productos y distribución, lo que se vio reflejado en la construcción de plantas en distintas ciudades como Tandil y Trenque Lauquen (Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda., 2017).

A fines de la década del '90, El Amanecer fue vendida a grupos económicos que disminuyeron la producción. Además, de los 180 empleados que llegó a tener la fábrica, despidieron a 97, quedando para mediados del año 2012 sólo 83 y, en esta etapa, los propietarios decidieron abandonar la empresa. Ante este suceso, 70 empleados se reunieron en Asamblea y decidieron formar una cooperativa para mantener sus puestos de trabajo (Las Voces, 2016). En el mes de noviembre de 2012 se firmó el acta constitutiva y en abril del año siguiente se matricularon en el Instituto Nacional de Asociativismo y Economía Social. Distintos organismos como son el INTI, el INTA y el SENASA colaboraron con los trabajadores, así como también la Universidad Nacional de Mar del Plata. Por otro lado, el Ministerio de Desarrollo Social capacitó a los cooperativistas a cambio de que dicten talleres de oficios a estudiantes de escuelas locales (Telam, 2014).

La Cooperativa de trabajo Nuevo Amanecer Ltda. hoy en día ha sumado nuevos puestos de trabajo y ha ampliado su llegada a la población instalando puntos de venta externos en distintas zonas de la ciudad. Además, se producen diferentes tipos de quesos, dulce de leche y yogures bebibles y firmes. El objetivo de la Cooperativa es continuar creciendo e insertarse en el mercado a partir del lanzamiento de nuevos productos para sus consumidores.

### 2.3. ¿Qué es el yogur?

Para referirse al yogur según la normativa vigente es necesario recurrir al CAA en cuyo Artículo 576 define de manera general a las leches fermentadas como los productos, adicionados o no de otras sustancias alimenticias, obtenidos por coagulación y disminución del pH de la leche, adicionada o no de otros productos lácteos, por fermentación láctica mediante la acción de cultivos de microorganismos específicos. Estos últimos deben ser viables, activos y abundantes en el producto final durante su período de validez.

Luego, específicamente establece que se entiende por yogur al producto incluido en la definición anterior cuya fermentación se realiza con cultivos protosimbóticos de *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* a los que en forma complementaria pueden acompañar otras bacterias acidolácticas que, por su actividad, contribuyen a la determinación de las características del producto terminado.

De acuerdo con el contenido de materia grasa, las leches fermentadas, y por lo tanto el yogur, se pueden clasificar de la siguiente manera (Tabla 1):

Tabla 1. Clasificación de leches fermentadas.

Clasificación	Contenido de materia grasa de la base láctea (g/100 g)
Con crema	Mínimo 6,0
Enteras	3,0 – 5,9
Parcialmente descremadas	0,6 – 2,9
Descremadas	Máximo 0,5

En la elaboración de las leches fermentadas se pueden clasificar los ingredientes a utilizar en dos grupos:

#### Ingredientes obligatorios

- Leche estandarizada en su contenido de materia grasa.
- Cultivos de bacterias lácticas.
- Cultivos de bacterias lácticas específicas, según corresponda.

#### Ingredientes opcionales

- Leche concentrada, crema, manteca, grasa anhidra de leche o butteroil, leche en polvo, caseinatos alimenticios, proteínas lácteas, otros sólidos de origen lácteo, sueros lácteos, concentrados de sueros lácteos.
- Frutas en trozos, pulpa, jugo u otros preparados a base de frutas.
- Otras sustancias alimenticias tales como miel, coco, cereales, vegetales, frutas secas, chocolate, especias, café, otras, solas o combinadas.
- Cultivos de bacterias lácticas subsidiarias.
- Azúcares y/o glúcidos (excepto polisacáridos y polialcoholes).
- Maltodextrinas.
- Almidones o almidones modificados.

En caso de que los ingredientes opcionales sean sólo azúcares, solos o acompañados de otros endulzantes, se clasifican como leches fermentadas endulzadas o azucaradas.

En cuanto al uso de aditivos, no se admite su uso en la elaboración de las leches fermentadas para las cuales se hayan utilizado exclusivamente ingredientes lácteos. Se exceptúa de esta prohibición la clase “descremadas”, en cuyo caso se admite el uso de los aditivos espesantes/estabilizantes consignados en el Artículo 567 en las concentraciones máximas permitidas.

La regulación establece que el yogur deberá responder a los siguientes requisitos:

#### **Características sensoriales**

- Aspecto: consistencia firme, pastosa o semisólida, líquida.
- Color: blanco o de acuerdo con la o las sustancias alimenticias y/o colorante(s) adicionadas.
- Sabor y olor: característico o de acuerdo con la o las sustancias alimenticias y/o aromatizantes/saborizantes adicionadas.

#### **Requisitos físico-químicos**

Los mismos se detallan en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Requisitos físico-químicos del yogur.

<b>Requisito</b>	<b>Valores aceptados</b>	<b>Método de análisis</b>
Materia grasa láctea (g/100 g)	Entera: 3 a 5,9 Descremada: máx. 0,5	Norma FIL 116A:1987
Acidez (g de ác. láctico/ 100 g)	0,6 a 1,5	Norma FIL 150:1991
Proteínas lácteas (g/100 g)	Mín.2,9	-
Etanol (%m/v)	-	-
Recuento de bacterias lácticas totales (UFC/g)	Mín. 10 <sup>7</sup>	Norma FIL 117 A:1988

#### **Criterios microbiológicos**

Los mismos se detallan en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Criterios microbiológicos del yogur.

<b>Microorganismos</b>	<b>Criterios de aceptación</b>	<b>Categoría ICMSF</b>	<b>Métodos de Ensayo</b>
Coliformes/g (30°C)	n = 5 c = 2 m = 10 M = 100	4	FIL 73A : 1985
Coliformes/g (45°C)	n = 5 c = 2 m < 3 M = 10	4	APHA 1992, Cap. 24 (1)
Hongos y Levaduras/g	n = 5 c = 2 m = 50 M = 200	2	FIL 94B : 1990

Donde n es el número de unidades de muestra analizada, m el nivel máximo del microorganismo en el alimento, para una calidad aceptable, M el nivel máximo del microorganismo en el alimento, para una calidad aceptable provisionalmente y c el número máximo de unidades de muestra cuyos resultados pueden estar comprendidos entre m y M.

## **Otros**

- Los contaminantes orgánicos e inorgánicos no deben estar presentes en cantidades superiores a los límites establecidos.
- Las leches fermentadas no deberán ser sometidas a ningún tratamiento térmico luego de la fermentación ya que los microorganismos de los cultivos utilizados deben ser viables y activos y estar en concentración igual o superior a la consignada en el producto final y durante su período de validez.
- Las leches fermentadas deberán ser envasadas con materiales bromatológicamente aptos de conformidad con la reglamentación y adecuados para las condiciones de almacenamiento previstas y que confieran al producto una protección adecuada.
- Las leches fermentadas deberán conservarse y comercializarse a una temperatura no superior a 10° C.

### **2.3.1. Origen del yogur**

Desde la antigüedad los pueblos nómades balcánicos (Europa Central y del Este) percibieron que la leche se convertía en una masa semisólida al transportarla en sacos de piel de diferentes animales. Dicha transformación no sólo facilitaba su traslado y conservación, sino también, le otorgaba un sabor agradable.

Según los historiadores, el yogur permaneció durante muchos años como una comida típica de Asia y de la tierra de los Balcanes, y fue recién a fines del siglo XIX que comenzó a adquirir relevancia en la sociedad Occidental.

Científicos relacionan el alto consumo de yogur en el pasado con la longevidad de los pueblos que consumían frecuentemente productos fermentados frente a los que no lo hacían. Se sabe en la actualidad que el consumo de yogur no es suficiente para alcanzar una mayor expectativa de vida, pero sí puede mejorar su calidad, por ciertas acciones que cumplen los microorganismos presentes en el producto (Alimentos Argentinos, 2016).

### **2.3.2. El yogur y la salud**

Los beneficios del consumo de yogur residen principalmente en el gran número de microorganismos vivos que el mismo contiene. Dichos microorganismos vivos hacen del yogur un alimento probiótico. Se define con este término a los organismos vivos que administrados en cantidades adecuadas proporcionan un beneficio saludable en el huésped (FAO, 2001). Es así como los microorganismos generan beneficios mejorando el balance microbiano intestinal, lo que hace del yogur un alimento funcional, considerado un alimento que pueda proporcionar un beneficio a la salud, superior al de los nutrientes tradicionales que contiene, según la Academia Nacional de Ciencia de los Estados Unidos.

Se sabe que los microorganismos probióticos aparecen en el tracto gastrointestinal de los seres humanos desde etapas tempranas de la vida. Luego, al pasar el tiempo, y debido a factores como la edad, la dieta, el ambiente, el estrés y la medicación, descienden a cantidades que pueden llegar a ser muy pequeñas lo cual puede favorecer el crecimiento de bacterias patógenas. Se considera que las bacterias ácido lácticas (BAL) presentan tales beneficios ya que al quedar retenidas en el intestino luego de consumir un yogur, desplazan las toxinas

producidas por bacterias, impiden el crecimiento de bacterias patógenas y mejoran la calidad de vida del consumidor.

Los probióticos han sido muy utilizados en aplicaciones terapéuticas que incluyen: prevención de enfermedades urogenitales (candidal vaginitis), protección y prevención contra la diarrea, control de enfermedades inflamatorias del intestino como enfermedad de Crohn y pouchitis, síndrome del intestino irritable, alivio de los síntomas de intolerancia a la lactosa, reducción del colesterol y reducción de la presión arterial. Otros beneficios incluyen la producción de enzimas, estabilización de la microflora, y reducción del riesgo de algunos cánceres, especialmente el de colon, prevención de alergias alimentarias y control, prevención, y tratamiento de úlcera gástrica causada por *Helicobacter pylori*. Como fue mencionado anteriormente, es necesario que los microorganismos se encuentren vivos al momento de la ingesta del yogur para que todos sus beneficios sean aprovechados (Parra Huertas, 2012).

### 2.3.3. Distintos tipos de yogur

Hoy en día, en el mercado se pueden encontrar diferentes tipos de yogures. Los mismos se pueden clasificar según los ingredientes que contengan o según el proceso de elaboración (Figura 1).

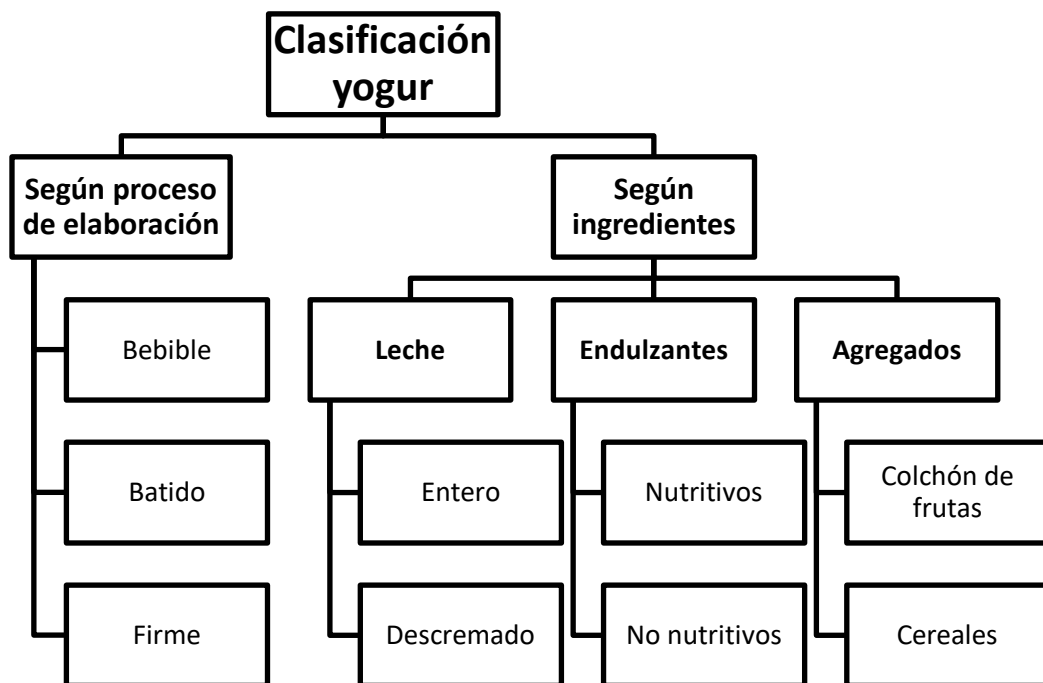


Figura 1. Esquema de clasificación de los diferentes tipos de yogur.

### 3. Análisis de mercado

El objetivo de este capítulo es analizar el mercado de productos lácteos en Argentina, en particular, del yogur. Además, se busca conocer y analizar los potenciales consumidores y se pretende realizar un relevamiento de la competencia existente en el país, para conocer el posicionamiento que podría tener el nuevo producto.

#### 3.1. Mercado interno

A continuación, se analizarán el mercado objetivo y las tendencias del mercado nacional de yogur en los últimos años, evaluando la oferta y la demanda del producto.

##### 3.1.1. Mercado objetivo

Como punto de partida, se define al mercado objetivo del producto como la fracción de población de la provincia de Buenos Aires que posee una predilección por los alimentos reducidos en grasas y/o azúcares y que, además, por las actividades diarias que realizan, requieran un producto de fácil acceso y práctico consumo. Se abarcan todas las edades y ambos sexos.

##### 3.1.2. Análisis de la oferta

En el gráfico de la Figura 2 se observa la producción anual de yogur en Argentina desde el año 2000 hasta la actualidad.

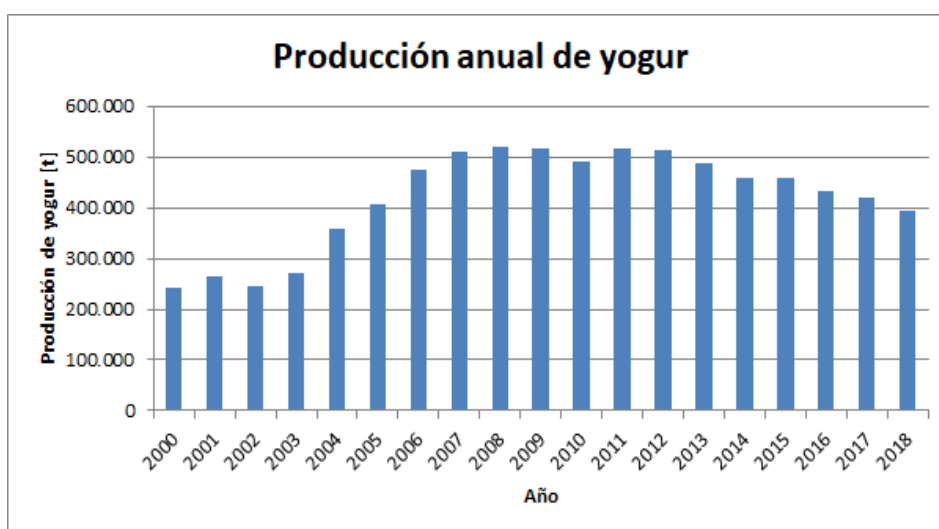
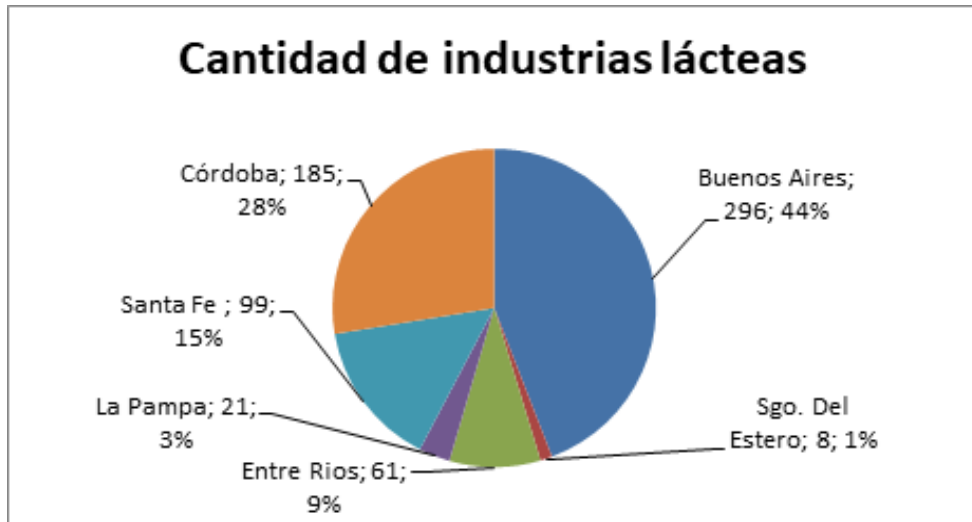


Figura 2. Producción anual de yogur en Argentina.

Como se puede observar en el gráfico de la Figura 2, la tendencia de la producción de yogur hasta 2008 se mantuvo en alza, manteniéndose relativamente constante hasta 2012. A partir de dicho año, los niveles de producción comenzaron a bajar, lo que continúa hasta el momento (Secretaría de Agroindustria, 2016b; INDEC, 2019).

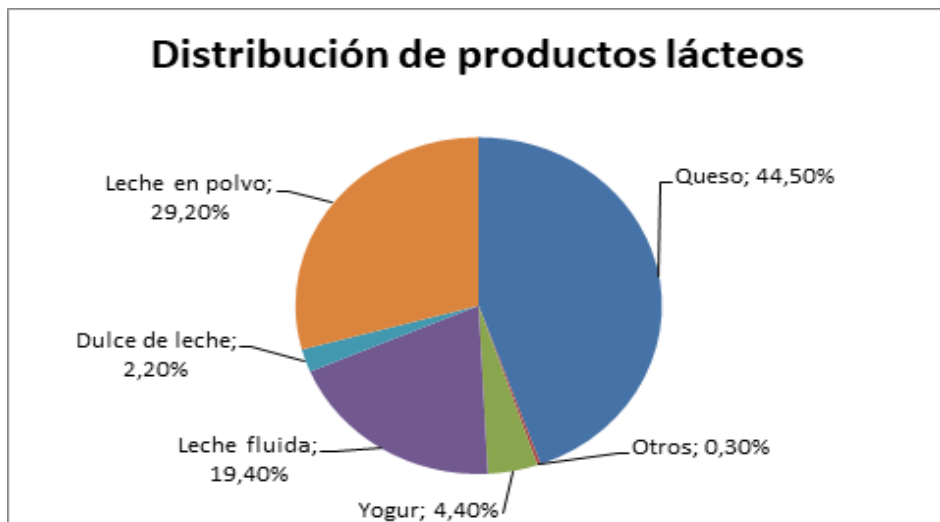
En la actualidad, la producción láctea argentina se centra en las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos, La Pampa y Santiago del Estero. En 2018, se realizó un relevamiento en estas seis provincias en referencia a la cantidad de industrias lácteas. Se contabilizó un total de 670 industrias, las cuales procesan alrededor de 27 millones de litros de

leche por día, lo que representa aproximadamente 10000 millones de litros anuales (OCLA, 2018a). Estos resultados se presentan en la Figura 3:



**Figura 3.** Cantidad de industrias en las principales provincias lácteas.

El destino de la leche producida se puede observar en la Figura 4, destacándose la producción de queso que representa el 44,50 %, seguido por la leche en polvo que cubre el 29,20 %, mientras que para el yogur se destina solo el 4,40 % del total.



**Figura 4.** Destinos de la leche.

La utilización de la capacidad industrial instalada teórica fue en promedio del 48,1% durante 2018 y la misma se obtuvo como el porcentaje cubierto de la capacidad de recepción de leche cruda por mes (OCLA, 2019a).

### 3.1.2.1. Análisis de la competencia

A continuación, en la Figura 5, se presenta un ranking con las 33 empresas argentinas que más litros de leche procesan, detallando su participación en el mercado. Este relevamiento se realizó para el período julio 2018 – junio 2019, excepto para la empresa Adecoagro que comprende sólo la producción desde el 01/04/19 hasta el 30/06/19.

RANKING DE INDUSTRIAS LACTEAS DE ARGENTINA				jul18-jun19
Ranking	Empresa Láctea	Procesamiento en litros de leche por día	Participación respecto al total de leche producida	Participación acumulada respecto al total de leche producida
1	Mastellone Hnos. SA - La Serenísima	3.315.068	<b>11,8%</b>	11,8%
2	Saputo	3.218.589	11,5%	23,3%
3	Williner - Ilolay	1.361.918	4,9%	28,1%
4	SanCor Coops. Udas. Ltda.	840.087	3,0%	<b>31,1%</b>
5	Noal SA	758.341	2,7%	33,8%
6	Verónica	710.052	2,5%	36,3%
7	García Hnos. Agroindustrial SRL - Tregar	697.472	2,5%	38,8%
8	Nestlé	695.712	2,5%	41,3%
9	Milkaut - Savencia Argentina	653.988	2,3%	43,6%
10	Danone	609.551	2,2%	45,8%
11	Corlasa - Grupo Gloria	517.823	1,8%	47,7%
12	La Sibila	472.958	1,7%	49,3%
13	Manfrey Cooperativa de Tamberos	408.216	1,5%	50,8%
14	Adecoagro (1)	388.260	1,4%	52,2%
15	Sobrero y Cagnolo SA	342.552	1,2%	53,4%
16	La Ramada	342.244	1,2%	54,6%
17	Lácteos Vacalín - Rodríguez e Hijos SA	297.000	1,1%	55,7%
18	Ramolac - Peiretti y Otros	243.054	0,9%	56,5%
19	Cremigal	225.918	0,8%	57,3%
20	Cooperativa Arroyo Cabral	185.454	0,7%	58,0%
21	Tonutti	177.954	0,6%	58,6%
22	Fabrica de Alimentos Santa Clara	176.196	0,6%	59,3%
23	Tremblay	165.957	0,6%	59,9%
24	Barraza	153.863	0,5%	60,4%
25	Alimentos Refrigerados SA	141.064	0,5%	60,9%
26	La Lácteo	140.268	0,5%	61,4%
27	Lactear	139.887	0,5%	61,9%
28	Pampa Cheese SA	132.691	0,5%	62,4%
29	Remotti	127.004	0,5%	62,8%
30	Vidal	109.401	0,4%	63,2%
31	La Varense SRL	101.294	0,4%	63,6%
32	M. Peiretti	100.936	0,4%	63,9%
33	Cassini y Cesaratto	97.172	0,3%	64,3%
<b>Total</b>		<b>18.047.943</b>	<b>64,3%</b>	<b>64,3%</b>
Promedio leche producida 2018/19		28.072.877	100,0%	100,0%

Figura 5. Ranking de las industrias lácteas argentina 2018-2019.

Los valores resaltados en la Figura 5 muestran el porcentaje de la empresa con mayor participación (11,8 %), el índice C4 (producción que abarcan las primeras 4 empresas) y la participación de las 33 empresas con respecto al volumen total procesado (64,3 %).

Como puede observarse, la industria con mayor participación es Mastellone Hnos. SA – La Serenísima, con aproximadamente 3,3 millones de litros de leche procesados. El puesto siguiente es para la empresa Saputo, conocida como la marca La Paulina principalmente, con 3,2 millones (OCLA, 2019b). Esta última empresa, si bien tiene un alto porcentaje de participación, no tiene dentro de sus productos de elaboración al yogur, por lo que no se analiza en cuanto a su competencia en este mercado.

El nivel de participación de las empresas se refleja en la disponibilidad de productos en el mercado (Figura 6).





**Figura 6.** Góndola de un supermercado, tomada el 6 de octubre de 2019.

En cuanto a los competidores directos, se debe tener en cuenta a todos los yogures descremados del mercado, firmes y bebibles. Dentro de estos productos puede encontrarse principalmente el yogur Ser (perteneciente a La Serenísima) con colchón de frutas, natural, de distintos sabores y con cereales. También se comercializa el yogur descremado Ilolay y Yogs (perteneciente a SanCor).

A modo comparativo, se presenta en la Tabla 4 el precio de los yogures mencionados (valor promedio obtenido de supermercados Vea, Carrefour y Disco) y el precio del yogur firme descremado de la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda.. Los mismos se detallan por pote y por 160 g (contenido neto del yogur firme descremado de la Cooperativa), tanto en pesos como en dólares. Se tomó una conversión del dólar según su precio el día 9 de noviembre de 2019. El mismo valía \$59,51.

**Tabla 4.** Comparación de precios y productos disponibles en el mercado. Precios al 10 de noviembre de 2019.

Yogur	Precio [\$/pote]	Precio [\$/160 g]	Precio [USD/160 g]
Ser con colchón de frutas (175 g)	64,50	58,97	0,99
Ser con cereales (164 g)	71,50	69,76	1,17
Ser firme de vainilla (195 g)	55,80	45,78	0,77
SanCor vida cremoso (240 g)	43,90	29,27	0,49
Ilolay firme de vainilla (240 g)	40,80	27,20	0,46
Yogur descremado Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer (160 g)	21,00	21,00	0,35

Por otro lado, forman parte de la competencia indirecta todo tipo de postres individuales refrigerados, como pueden ser flanes, arroz con leche, postres de diversos sabores, yogures

enteros y con diferentes agregados como frutas y/o cereales. El rango de precio de estos productos es similar al obtenido para los yogures descremados evaluados.

La estrategia de comercialización de la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda. tiene como finalidad eliminar eslabones intermedios en la cadena de distribución utilizando canales de venta directa mayorista y minorista en fábrica, el sistema de preventa y las bocas de expendio propias distribuidas en distintos barrios de Mar del Plata. De esta forma, se logra un precio más bajo que el de la competencia, pudiendo considerarse como una ventaja competitiva. Sin embargo, esta estrategia tiene como desventaja que el producto no se comercializa en grandes cadenas de supermercados, en las cuales sí se venden los productos de la competencia y tienen un gran número de clientes (Mena, 2019a).

### 3.1.3. Análisis de la demanda

En el gráfico de la Figura 7 se observa el consumo anual de yogur en Argentina desde el año 2000 hasta la actualidad, considerando datos de consumo hasta 2016 y datos de ventas para los últimos dos años (Secretaría de Agroindustria, 2016a; 2018).

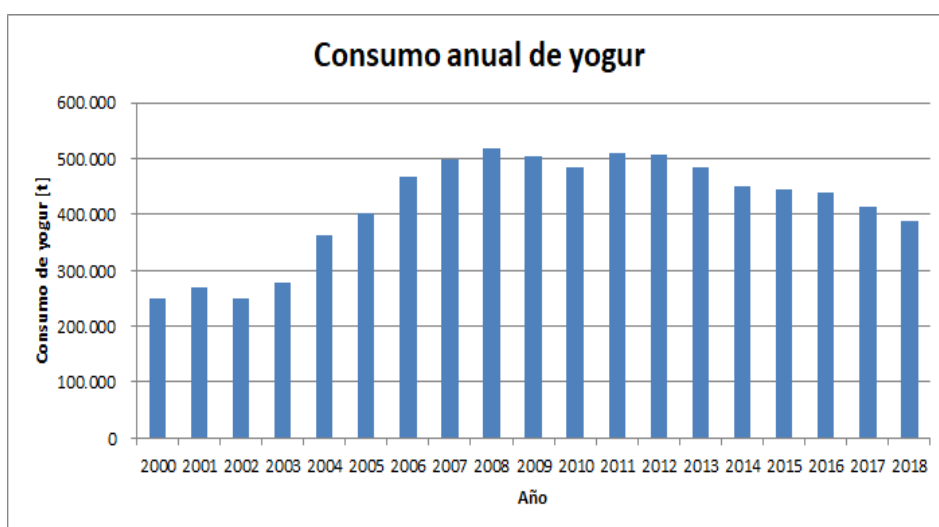


Figura 7. Consumo anual de yogur en Argentina.

En el gráfico de la Figura 7 se observa que, según lo esperado, el consumo siguió la misma tendencia que la producción a partir del año 2000.

Actualmente se observa una tendencia de disminución del consumo que puede estar relacionada con diversos factores. El principal está estrechamente asociado a los cambios socioeconómicos que surgen como consecuencia de la situación económica actual del país. A raíz de esto, los consumidores tienden a disminuir el consumo de productos de primeras marcas, los cuales son producidos por las industrias lácteas de mayor volumen de producción y alcance en el mercado.

## 3.2. Mercado externo

En cuanto a las exportaciones de productos lácteos en general, se pueden observar en la Figura 8 las variaciones que tuvieron lugar a lo largo de los últimos años. Se presenta un máximo entre los años 2011 y 2013 seguido de una tendencia decreciente hasta el año 2017.

En el año 2018, se observa un crecimiento de las exportaciones del 33 % en millones de litros de leche equivalente respecto del año anterior (OCLA, 2018b).



Figura 8. Evolución histórica de las exportaciones.

Los principales países importadores de productos lácteos argentinos son Brasil y Argelia cubriendo el 55 % del total de las exportaciones (OCLA, 2018b). Los productos que se exportan en mayor cantidad son leche en polvo entera y suero, seguidos por leche en polvo descremada, quesos de pasta dura, semidura y mozzarella (Secretaría de Agroindustria, 2019).

En cuanto a la exportación de yogur (Figura 9), hasta el año 2008 se observa una tendencia creciente que se corresponde con las exportaciones de los productos lácteos en general (Figura 8). Luego de este año, las exportaciones decrecieron continuamente hasta el año 2017 representando una baja del 85 % expresado en toneladas (Secretaría de Agroindustria, 2017). En este último año, las exportaciones de yogur representaron únicamente un 1 % de las exportaciones de productos lácteos. Si bien no se conoce con exactitud el destino del yogur, se considera que dicho porcentaje se comercializa en el mercado regional, que abarca a Brasil, Paraguay, Bolivia, Perú, Chile y Uruguay, teniendo en cuenta que se trata de un producto perecedero (La Serenísima, n.d.; Sancor, n.d.).

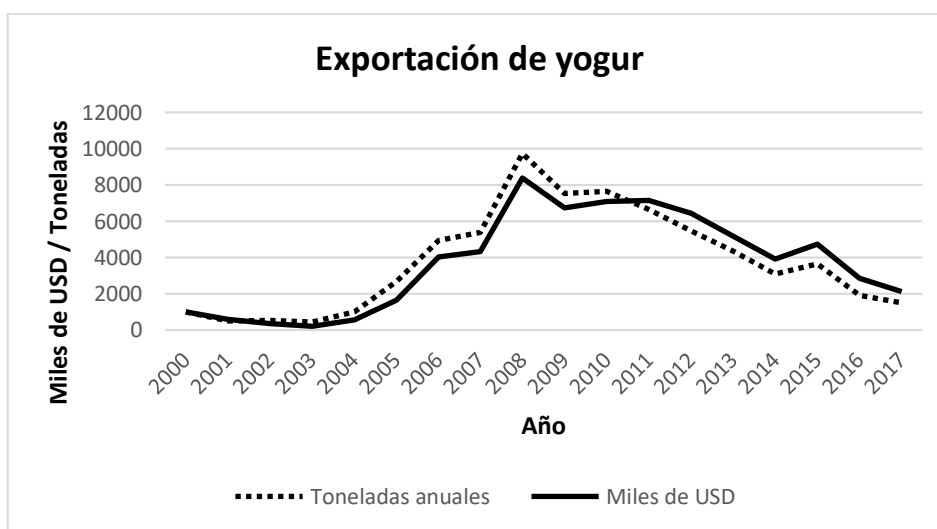


Figura 9. Exportación de yogur.

En cuanto a las importaciones de productos lácteos en general se pueden observar, en la Figura 10, las variaciones que tuvieron lugar a lo largo de los últimos años. Se observa un notable aumento en el año 1991 debido a la política de liberalización comercial que se caracterizó por reducir las restricciones a las importaciones, que surgió a raíz de las altas tasas de inflación (Macaya, n.d). A partir de dicho año, la tendencia es decreciente hasta volverse prácticamente nula en la actualidad (OCLA, 2018b), lo que se debe al gran volumen de producción de lácteos en el país.

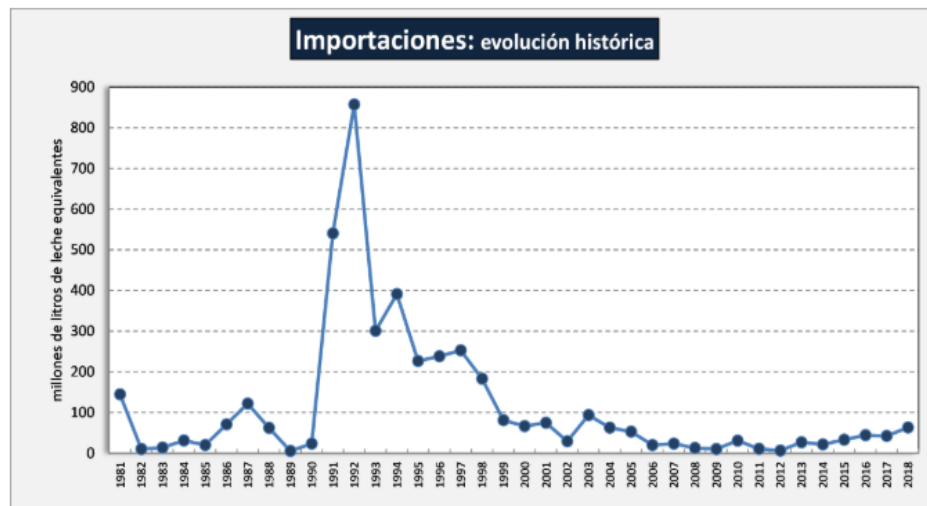


Figura 10. Evolución histórica de las importaciones.

## 4. Determinación del volumen de producción

En esta sección se realizará un análisis de la producción de yogur de la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda. y, a partir del mismo, se determinará el volumen de producción a alcanzar como objetivo en el desarrollo del presente trabajo.

### 4.1. Producción de yogur de la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda.

En la Figura 11, se observa la producción de yogur de la Cooperativa Nuevo Amanecer para los últimos tres años, discriminando entre entero y descremado. Como puede observarse, la producción varía año a año.

Para el 2018 la producción total alcanzó un valor de 876053 kg/año representando un 0,22 % de la producción nacional. Para el yogur descremado, la cifra fue de 192732 kg/año. El porcentaje de producción de este último aumentó un 2 % con respecto a años anteriores, lo que puede deberse al cambio en la alimentación de la población, la cual se inclina por productos de menor tenor graso.

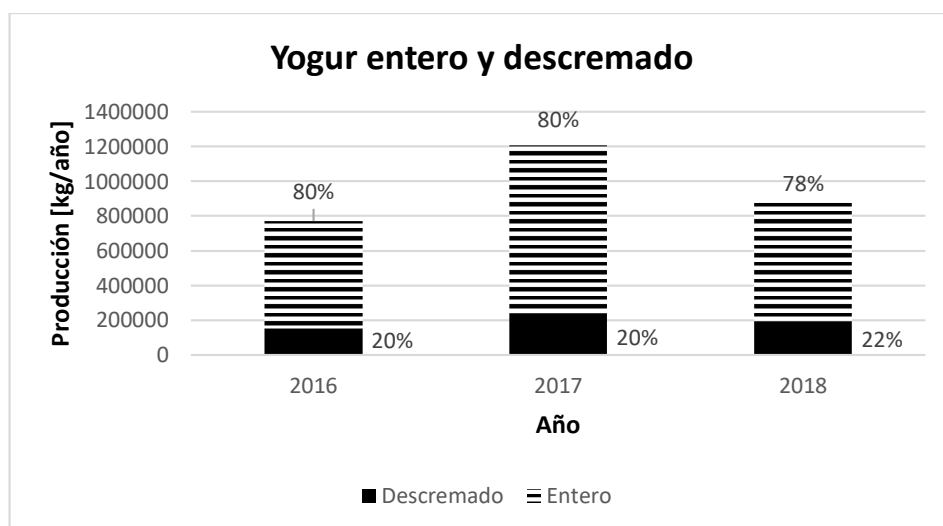


Figura 11. Relación de producción anual de yogur entero y descremado.

En cuanto a la producción de yogur descremado, en el gráfico de la Figura 12, se observan los porcentajes de yogur firme y bebible producidos para los últimos tres años. Se evidencia un mayor porcentaje de yogur bebible, lo que puede atribuirse al menor costo de producción y precio de venta, con respecto al firme. Según datos extraídos de la página de la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda. el día 10 de noviembre de 2019, los precios son \$45,50 para el yogur bebible en presentación de sachet de 1 L y de \$21 para el yogur firme en presentación en pote de 160 g. A partir de los datos de composición indicados en el rótulo del yogur de vainilla firme descremado, se estimó por Choi-Okos su densidad, obteniéndose un valor de 1070 kg/m<sup>3</sup>. A partir de ello, se obtuvo el precio por litro de este último producto siendo de \$140,4. Puede observarse que el precio de venta del yogur firme es de aproximadamente 3 veces más que el bebible.

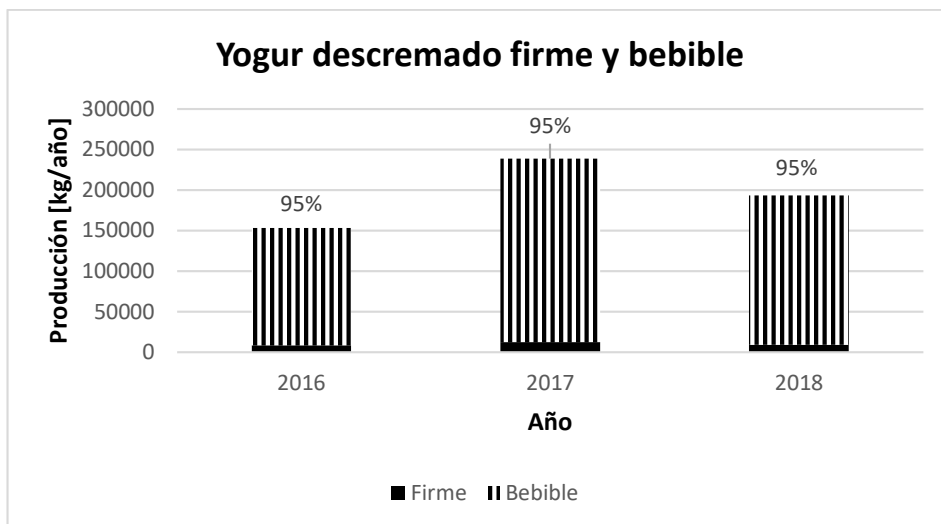


Figura 12. Relación de producción anual de yogur descremado firme y bebible.

En el gráfico de la Figura 13 se presenta la variación estacional de la producción de yogur descremado tanto firme como bebible en el año 2018. Puede observarse un aumento en los meses de verano debido a la mayor demanda de este tipo de producto (Mena, 2019c).

A partir de este análisis, puede evidenciarse la existencia de capacidad ociosa en los meses de menor producción con respecto a los de mayor producción.

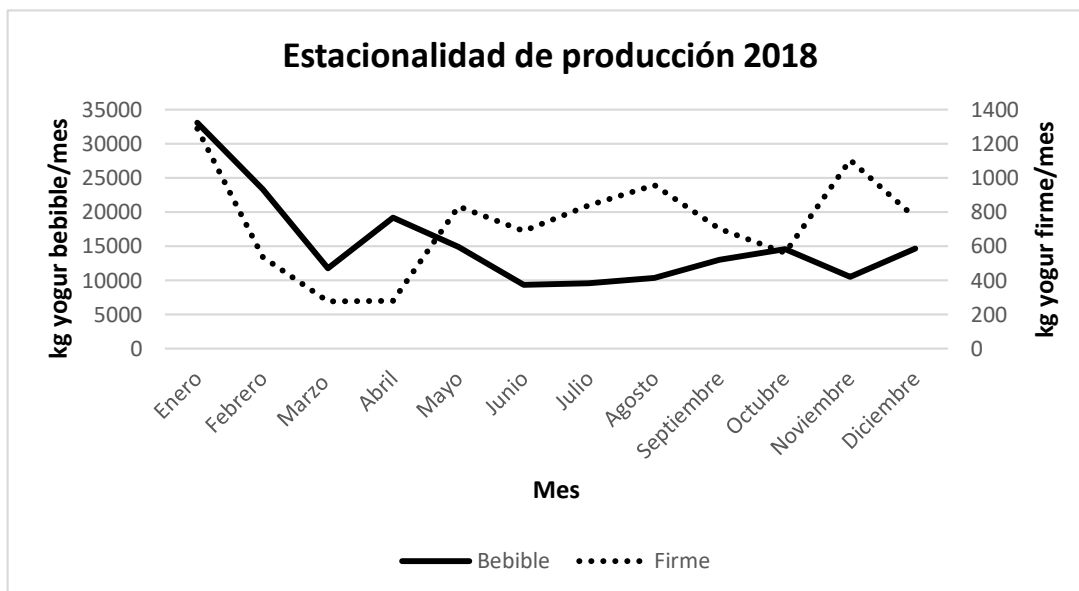


Figura 13. Estacionalidad de la producción de yogur descremado firme y bebible.

## 4.2. Análisis y conclusiones

Como se mencionó anteriormente, a partir de los resultados del análisis de mercado y poblacional, se observa que la demanda a nivel provincial se encuentra satisfecha.

A pesar de la disminución observada en el consumo, en los casos en que no se desea dejar de consumir lácteos, la población opta por productos de marcas más económicas. Esto se ve reflejado en la situación actual de la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda. donde la

demanda excede a la oferta (Mena, 2019a). Considerando esta situación, se propone competir en dicho segmento del mercado, presentando un producto que tenga como ventaja competitiva tanto sus beneficios nutricionales como su bajo precio de venta.

La producción de yogur descremado por parte de la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda. corresponde al 20-22 % de la producción total de yogur (entero y descremado) y, además, se conoce que en 2018 los argentinos destinaron un 24,5 % de sus gastos en productos light (Ámbito, 2018). Observando que los porcentajes son aproximadamente iguales, y considerando que también representan el consumo de yogur descremado frente al entero, se calcula la cantidad de yogur descremado demandado en 2018 a nivel nación, teniendo en cuenta los datos de demanda de yogur en este mismo año (Figura 7). El valor calculado es de 95016 t/año y se propone cubrir un 0,5 % del mismo, dando como resultado una producción anual de 475080 kg.

Se propone que dicha cantidad sea de yogur firme. A pesar de su mayor costo de producción y venta, este tipo de yogur cumple el requerimiento de brindar un producto accesible a ser consumido de manera práctica y rápida. Además, como se observa en la Figura 6, es evidente que la mayor competencia en el mercado se da en el nicho de los yogures y postres en pote. Por otro lado, este producto podría ampliar el mercado de la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda. y disminuir la brecha de producción y comercialización entre las presentaciones bebible y firme.

Teniendo en cuenta lo mencionado en la sección 4.1. *Producción de yogur de la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda.* en cuanto a la producción de yogur descremado en 2018 (192732 kg/año), del cual el 5 % es de tipo firme, se obtiene que la producción de yogur firme resulta ser 49 veces mayor a la actual. Para ello, se propone la construcción de una nueva línea de elaboración para satisfacer dicho requerimiento.

## **5. Desarrollo de producto**

En este capítulo se presenta la definición y el concepto del producto a desarrollar. Además, se analizarán las materias primas que lo conforman desde un aspecto tecnológico y, a partir del detalle de las experiencias realizadas en el laboratorio, se evaluarán las condiciones del proceso y el agregado de diferentes endulzantes y estabilizantes para obtener la formulación que cumpla con los objetivos establecidos en cuanto a sus características, su calidad e inocuidad.

Como se mencionó previamente, desde el inicio del proyecto, nuestro interés estuvo puesto en desarrollar un producto que esté asociado a una alimentación saludable, que va de la mano con las nuevas tendencias alimentarias de la población. En paralelo a nuestra idea, se presentó la oportunidad de trabajar en el marco de un convenio con la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda., cuya propuesta fue reformular un producto ya existente reduciendo la cantidad de sacarosa agregada. La estrategia propuesta por la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda. para lograr el objetivo se basa en la hidrólisis del disacárido lactosa (proceso denominado deslactosado) que está presente en la leche (materia prima), obteniendo de esta manera glucosa y galactosa, los cuales son monosacáridos con un poder edulcorante mayor que el del disacárido mencionado. Esto permitiría, además, enmarcar el producto como apto para intolerantes a la lactosa, lo que lograría ampliar el mercado y brindar un producto a un sector de la población cuyas opciones de consumo son limitadas.

### **5.1. Definición y concepto del producto**

Se propone como objetivo desarrollar un yogur descremado deslactosado firme sabor vainilla, con un menor contenido de sacarosa que el yogur descremado actual de la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda.. Este producto podría ser declarado como reducido o bajo en lactosa según el porcentaje de hidrólisis de lactosa alcanzado.

Se desea que el yogur a desarrollar sea una opción nutritiva para los consumidores que buscan llevar un estilo de vida saludable.

### **5.2. Materias primas principales y sus características**

A continuación, se detallarán las materias primas utilizadas en la producción del yogur a elaborar, teniendo en cuenta sus características y cómo contribuye cada una de ellas en la obtención del producto final. Cabe aclarar que los endulzantes y los espesante utilizados no se presentan en esta sección ya que se determinaron en experiencias de laboratorio, las cuales se detallan en la sección 5.4. *Experiencias realizadas*.

#### **5.2.1. Leche**

##### **Composición de la leche**

La leche, compuesta principalmente por agua, macronutrientes y micronutrientes, no se trata de un fluido simple que contiene todos estos componentes en su matriz. Por el contrario, es un conjunto de biomoléculas que se encuentran interactuando continuamente en un estado complejo de orden superior (Figura 14).



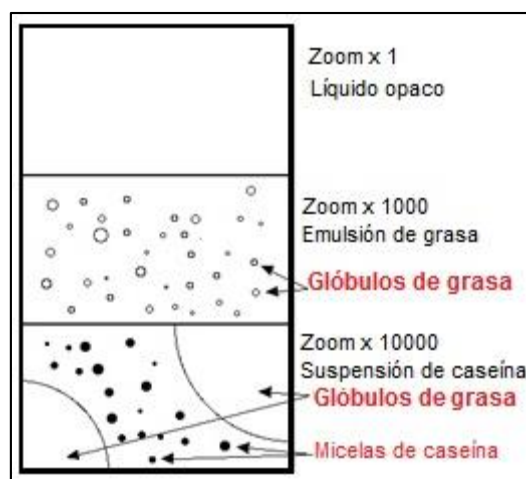


Figura 14. Estructura de la leche.

Se sabe que la composición real de la leche depende de la especie de mamífero que la produce, de la raza de dicha especie, del período de lactancia y del estado nutricional de la madre, entre otros factores. Es así que en la Tabla 5 se muestra una aproximación de la distribución de los componentes más abundantes de la leche vacuna (FAO, 2019).

Tabla 5. Contenido de nutrientes cada 100 g de leche fluida entera y descremada.

	Leche fluida entera*	Leche fluida descremada*
Energía [kcal]	64	34
Proteínas [g]	3,3	3,4
Hidratos de carbono [g]	4,7	5
Grasas totales [g]	3,7	0,1
Grasas saturadas [g]	2,3	0,1
Grasas monoinsaturadas [g]	1,1	0
Grasas poliinsaturadas [g]	0,1	0
Calcio [mg]	119	122
Sodio [mg]	49	42
Colesterol [mg]	14	2

\*Nombre del alimento según USDA (Departamento de Agricultura de Estados Unidos).

Una vez que se conocen los principales componentes, es posible hacer referencia a todos ellos por separado.

### Proteínas

Existen diferentes tipos de proteínas presentes en la leche. Siendo las principales las caseínas, ya que representan el 80 %, seguidas de las proteínas de suero (17 %) y de la sangre (3 %).

- Caseínas: son las proteínas más abundantes de la leche y se encuentran en una fase coloidal estable. Una agrupación de diferentes caseínas como consecuencia de la fosforilación y del ordenamiento en el espacio según las características anfífilas de cada una, da lugar a la formación de submicelas. Un conjunto de submicelas unidas por fosfato de calcio da lugar a las micelas, de una estructura esférica única y compleja (Figura 15). Éstas últimas están conformadas en un 92 % p/p por caseínas altamente fosforiladas ( $\alpha$ 1-Caseínas,  $\alpha$ 2-Caseínas,  $\beta$ -Caseínas) que se encuentran en el interior

de las micelas por ser hidrofóbicas, y caseínas con pocos residuos de fosfoserinas ( $\kappa$ -Caseínas), presentes en el exterior de las micelas por sus características anfifílicas. El 8 % restante incluye sales como fosfato de calcio, citrato de magnesio y  $\gamma$ -Caseínas, que resultan de la escisión de otras proteínas (principalmente  $\beta$ -Caseínas) a partir de enzimas proteolíticas presentes en la leche (Fennema, 2017).

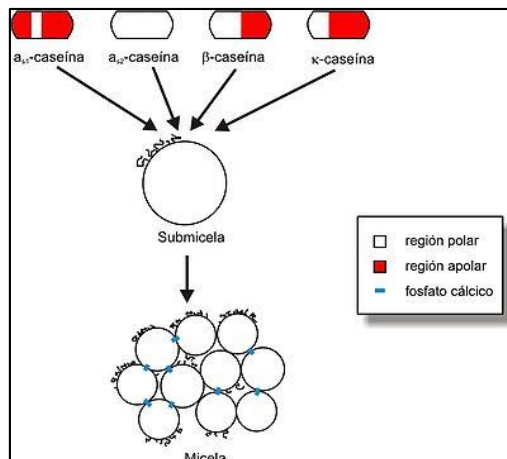


Figura 15. Estructura de la micela de caseína.

- **Proteínas del suero:** se encuentran presentes en una proporción menor a las caseínas. Son solubles en agua ya que adoptan una estructura terciaria típica globular dejando expuestos los extremos hidrofílicos, es por ello que se encuentran en la fase acuosa de la leche. Las más abundantes de las proteínas del suero son la  $\beta$ -Lactoglobulina y la  $\alpha$ -Lactoalbúmina, presentes en un 55 % y 25 % del total de las proteínas del suero, respectivamente. Por un lado, la  $\beta$ -Lactoglobulina puede presentar una estructura cuaternaria de monómeros, dímeros u oligómeros dependiendo del pH, temperatura y fuerza iónica de la fase acuosa. A pH neutro y a una temperatura cercana a 70 °C, la estructura terciaria se empieza a desdoblarse, dejando expuestas las zonas hidrofóbicas, lo que lleva a la agregación de dichas proteínas. Los complejos que se formarán como consecuencia de la desnaturalización irreversible impartirán una textura favorable para una posterior acidificación de la leche. Por otro lado, la  $\alpha$ -Lactoalbúmina se desnaturaliza a una temperatura menor que la  $\beta$ -Lactoglobulina, aunque en este caso se trata de un proceso reversible. (Fennema, 2017).
- **Proteínas de la sangre:** estas proteínas también se encuentran en el suero, pero a diferencia de otras, no son sintetizadas en la glándula mamaria, sino que son aportadas por el animal que produce la leche, una vez ya formadas, a través de la sangre.

### **Grasas**

Los triglicéridos son los lípidos más abundantes, representando entre el 95-98 % del total de la fracción lipídica. Además, se pueden encontrar otros lípidos en menor proporción, tales como diglicéridos, fosfolípidos, colesterol, ácidos grasos libres, monoglicéridos, ésteres de colesterol e hidrocarburos.

Los lípidos que se encuentran en la leche son considerados los más complejos de todos los lípidos naturales ya que contienen aproximadamente 400 ácidos grasos diferentes que provienen de la alimentación del animal y de la actividad microbiana que se lleva a cabo en su

primer estómago (FAO, 2019). No obstante, sólo 13 ácidos grasos superan una concentración mayor a 1 % p/p.

### **Hidratos de carbono**

La lactosa es el carbohidrato predominante y representa un 50 % del total de sólidos de la leche descremada. Es un disacárido formado por dos monosacáridos, D-glucosa y D-galactosa unidos por un enlace glucosídico. Ambos monosacáridos presentan mayor dulzor que la lactosa (Fennema, 2000). Por lo tanto, la hidrólisis de la lactosa genera un aumento del sabor dulce en la leche.

### **Vitaminas y minerales**

La leche es una fuente importante de vitaminas y minerales. Su distribución se observa en la Tabla 6:

**Tabla 6.** Composición nutritiva de la leche entera.

<b>Nutriente</b>	<b>Cantidad en 100 g [mg]</b>	<b>% VD* en 250 mL</b>
Vitamina A	31 RE <sup>1</sup>	8,9
Vitamina C	0,94	4,2
Tiamina	0,038	8,2
Riboflavina	0,162	30
Niacina	0,85 NE <sup>2</sup>	13,9
Vitamina B6	0,042	6,5
Folacina	0,005	6,4
Vitamina B12	0,00357	46,1
Calcio	119	32
Fósforo	93	25
Magnesio	13	10,2
Hierro	0,05	0,9
Cinc	0,38	6,5

<sup>1</sup>RE: equivalentes de retinol.

<sup>2</sup>NE: equivalentes de niacina.

\*Valores de %VD calculados en base a una dieta de 2000 kcal diarias.

Como se puede observar en la tabla, la leche es una fuente de nutrientes. Hay que tener presente que las vitaminas liposolubles (A, D y E) son separadas de la leche fluida con el proceso de descremado, quedando en la fracción lipídica (Fennema, 2000).

#### **5.2.1.1. Leche en polvo**

La leche en polvo es un ingrediente agregado con el objetivo de aumentar el contenido de sólidos secos no grasos para mejorar la consistencia del producto. La explicación detallada se encuentra en la sección 5.3. *Tecnología del yogur*.

#### **5.2.2. Enzima**

Como se mencionó anteriormente, la estrategia propuesta para disminuir la cantidad de sacarosa agregada al yogur es el deslactosado. Este proceso consiste en hidrolizar la lactosa presente en la leche (Figura 16), y así obtener glucosa y galactosa mediante la actividad enzimática de la lactasa.

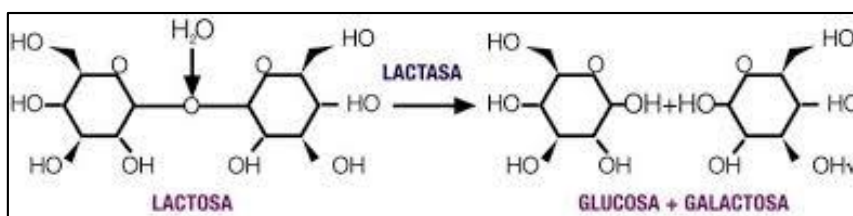


Figura 16. Hidrólisis de la lactosa.

Es importante, en este caso, introducir el concepto de poder edulcorante. Este es un valor relativo que mide la capacidad de la sustancia de provocar sabor dulce en relación a una solución de sacarosa en ciertas condiciones a la que se le atribuye el valor de 1. A continuación se puede observar el poder edulcorante de la lactosa, glucosa y galactosa (Tabla 7):

Tabla 7. Poder edulcorante de distintos compuestos.

Compuesto	Poder edulcorante
Lactosa	0,16
Glucosa	0,74
Galactosa	0,32

En base a estos valores se puede notar que, si la lactosa se transforma en glucosa y galactosa mediante su hidrólisis, el dulzor que puede obtenerse es mayor y así lograr el objetivo perseguido.

Ya que las bacterias ácido lácticas presentes hidrolizan en primera instancia la lactosa para luego a través de la glucosa formar ácido láctico (esta información se detalla en la sección 5.2.3. *Fermento láctico*), se produce un proceso de deslactosado naturalmente en el yogur. Igualmente, este proceso no permite generar un dulzor considerable en el producto final ya que se produce en una proporción del 20-30 % y la glucosa generada es consumida (Bourgeois y Larpent, 1995). Es por ello, que para que el deslactosado tenga lugar en una proporción mayor y genere el aumento de la intensidad de sabor dulce en el yogur, se propone utilizar la enzima comercial  $\beta$ -galactosidasa.

Las enzimas son moléculas de naturaleza proteica que actúan como catalizadores biológicos con una alta especificidad. Según el Capítulo XVI del Código Alimentario Argentino, “*son sustancias de origen animal, vegetal o microbiano que actúan favoreciendo las reacciones químicas deseables*”. Más específicamente para este trabajo, se decidió trabajar con la enzima Ha-Lactase 5200 de CHR HANSEN. Su ficha técnica se encuentra en el Anexo I. Esta enzima se obtiene a partir de la levadura *Kluyveromyces lactis*, por lo que se trata de una lactasa termolábil siendo su temperatura de desnaturalización  $> 50\text{ }^{\circ}\text{C}$  y su temperatura óptima entre  $35\text{ y }45\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Además, debido a su origen, se trata de una lactasa neutra y su actividad disminuye considerablemente a  $\text{pH} < 5,5$  (Sánchez Jauregui et al., 2015). Para lograr que los procesos sean óptimos, tanto de activación como de inactivación de la enzima, es requisito necesario tener en cuenta estos parámetros.

La utilización de la lactasa ( $\beta$ -galactosidasa obtenida de *Kluyveromyces lactis*) está permitida como coadyuvante de tecnología para uso en la industria de alimentos y bebidas, siendo su N° IUPAC EC 3.2.1.23. Un coadyuvante de tecnología es “*toda sustancia, excluyendo los equipamientos y los utensilios, que no se consume por si sola como ingrediente alimenticio y*

que se emplea intencionalmente en la elaboración de materias primas, alimentos o sus ingredientes, para obtener una finalidad tecnológica durante el tratamiento o elaboración. Deberá ser eliminado del alimento o inactivado, pudiendo admitirse la presencia de trazas de la sustancia, o sus derivados, en el producto final". Debido a esto es que en el procedimiento de elaboración del yogur es imprescindible la inactivación de la enzima antes de su envasado (CAA, 2010).

### 5.2.3. Fermento láctico

La microbiota esencial para la formación del yogur está constituida por las bacterias ácido lácticas *Lactobacillus delbrückii sub. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*.

#### **Bacterias ácido lácticas y yogur**

Las BAL tienen un rol clave en el desarrollo del típico sabor, textura y aroma de los productos lácteos fermentados. Esto es así porque producen pequeñas cantidades de acetaldehído y diacetilo a partir de citratos, aportando un sabor y aroma agradables. Sin embargo, su principal función es la producción de ácidos orgánicos, principalmente el ácido láctico. No obstante, si bien estos microorganismos actúan sobre los azúcares fermentables, desvían una pequeña porción de los mismos para la biosíntesis de exopolisacáridos (polisacáridos ramificados de glucosa, galactosa y ramnosa de cadena larga), los cuales contribuyen a la textura, reología, sabor, percepción sensorial general y estabilidad final del producto.

Estas bacterias comprenden un diverso grupo de microorganismos gram positivos, no esporulados, anaerobios facultativos, carentes de flagelos y catalasa negativos. Su crecimiento depende de ciertos factores del medio como son la temperatura, la salinidad y la disponibilidad de nutrientes, demandando generalmente aminoácidos y vitaminas del grupo B (tiamina, ácido fólico, biotina, etc.) (Parra Huertas, 2010).

Las BAL pueden ser divididas fisiológicamente en dos grupos dependiendo de la ruta metabólica que utilicen para fermentar glucosa. De esta manera, las homofermentativas degradan la glucosa utilizando la ruta Embden-Meyerhoff-Parnas, produciendo más del 85 % de ácido láctico a partir de la glucosa. Por otro lado, las heterofermentativas utilizan la ruta de las pentosas para generar ácido láctico (hasta 50 %), CO<sub>2</sub>, ácido acético y/o etanol (Zúñiga et al., 1993; Parra Huertas, 2010).

Es así que, en la producción de yogur, las BAL fermentan la lactosa utilizándola como fuente energética y transformando cerca del 20-30 % de dicho azúcar en ácido láctico y otros compuestos. En la primera etapa de la fermentación interviene la enzima lactasa, la cual es formada por las mismas BAL y es similar a la producida por la mucosa intestinal, que transforma al sustrato en glucosa y galactosa. La galactosa no suele ser utilizada por los microorganismos fermentativos, por lo que se acumula progresivamente en la leche (Bourgeois y Larpent, 1995), mientras que la glucosa es fermentada produciendo principalmente ácido láctico. Este compuesto es responsable de la formación del coágulo, firmeza y sabor característico del yogur. Es así que la coagulación se produce por la pérdida de estabilidad de las caseínas, las cuales poseen cargas negativas y a pH normal de la leche (6,7) se repelen entre sí, mientras que al disminuir el pH lo hace también su carga negativa y por lo tanto su repulsión, llevando a la coagulación (Chávez Álvarez, 2004). El ácido láctico, además, favorece a la solubilización de algunas sustancias minerales, protegiendo también algunas

vitaminas contra su eventual inactivación. Por último, una porción del ácido láctico del yogur pasa al extremo distal del intestino delgado y ayuda a formar un medio más favorable para la flora acidófila que allí reside habitualmente, constituyendo un beneficio para la salud.

- *Lactobacillus delbrückii sub. bulgaricus*: en cuanto a su morfología, consisten en bacilos alargados de un tamaño medio de 0,8-1  $\mu\text{m}$  de ancho y 4-6  $\mu\text{m}$  de largo y se encuentran aislados o formando cadenas.

Respecto a su metabolismo, corresponde a las bacterias homofermentativas, produciendo en la leche hasta 1,7 % de ácido láctico D(-). Además, produce pequeñas cantidades de ácidos grasos volátiles (acético, propiónico, butírico, isovalérico, cáprico y caprónico entre otros). No obstante, tiene la capacidad de utilizar como fuentes de carbono manosa, glucosa, galactosa, levulosa y tiene limitaciones para fermentar sacarosa, maltosa y arabinosa entre otras. En cuanto a su actividad proteolítica, su acción es moderada en la leche, pero resulta importante por la liberación de aminoácidos y péptidos.

Se trata de microorganismos termófilos, cuya temperatura óptima de crecimiento es entre 40-43 °C, aunque lo pueden hacer en un rango más amplio (15-52 °C, algunas cepas hasta 60 °C).

Estas BAL son sensibles a la presencia de determinadas sustancias, siendo inhibidas por la penicilina, aunque tienen mayor resistencia a los antibióticos que la *S. thermophilus*. Además, son muy sensibles a la sal, no pudiendo desarrollarse en presencia de sales biliares o medios con 2 % de NaCl (Romero del Castillo Shelly y Mestres Lagarriga, 2004).

- *Streptococcus thermophilus*: en cuanto a su morfología, son células esféricas u ovoides de 0,7 a 0,9  $\mu\text{m}$  de diámetro unidas de a pares o en largas cadenas, según la temperatura de crecimiento y el medio de cultivo. Poseen metabolismo homofermentativo, produciendo en la leche 0,7-0,8 % de ácido láctico L(+) y hasta un 1 % para algunas cepas. Además, algunas de ellas producen exopolisacáridos que favorecen a la formación de un mucílago, lo cual es importante para la viscosidad del yogur.

En la leche, además, producen ácidos grasos volátiles (fórmico, acético, propiónico, butírico, isovalérico y caprónico), acetoína, y pequeñas cantidades de acetaldehído, los cuales favorecen a las características sensoriales propias de los productos lácteos fermentados. Presentan poca actividad proteolítica en la leche y la mayoría de los aminoácidos liberados son consumidos durante la fase de crecimiento logarítmico. Su temperatura óptima de crecimiento es de 42-45 °C ya que se trata de un microorganismo termófilo, aunque lo puede hacer en el rango de 10-50 °C.

Estos microorganismos son altamente sensibles a la presencia de inhibidores y en especial a los antibióticos como la penicilina o la estreptomina. También lo son a la sal, la cual inhibe su crecimiento si su concentración es de 2 o 4 %, según la cepa (Romero del Castillo Shelly y Mestres Lagarriga, 2004).

### **Simbiosis de las bacterias del yogur**

Cuando las bacterias se desarrollan conjuntamente, se genera ácido láctico a mayor velocidad que cuando se cultivan por separado, lo que es debido a una mutua estimulación del

crecimiento denominada simbiosis o proto cooperación. Los lactobacilos, como poseen una actividad proteolítica moderada, liberan péptidos pequeños y aminoácidos que favorecen el crecimiento de estreptococos, y estos últimos producen ácido fórmico a partir de ácido pirúvico en anaerobiosis y  $\text{CO}_2$ , los cuales están implicados en el desarrollo de los lactobacilos (Figura 17).

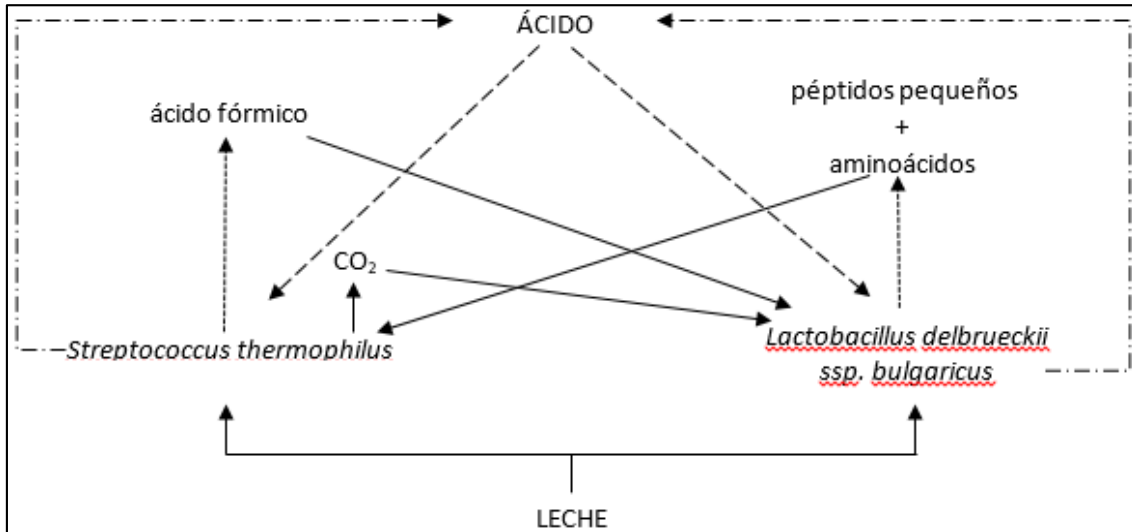


Figura 17. Simbiosis de las BAL.

La proporción de las bacterias depende de las características de las cepas y del producto que se desea obtener, pero generalmente se utilizan en relación 1:1. Sin embargo, esta proporción varía durante la fermentación, ya que en el inicio los estreptococos crecen más rápidamente debido a que los lactobacilos sintetizan compuestos de crecimiento y probablemente por el agregado de estos compuestos en el inóculo. Luego, el desarrollo de los estreptococos se hace más lento por el ácido presente y paralelamente los lactobacilos comienzan a crecer más rápidamente estimulados por el ácido fórmico y el  $\text{CO}_2$  producidos por los estreptococos. Al final, la proporción vuelve a ser la inicial y cuando esto ocurre, la acidez alcanzada debe ser la deseada. Si la incubación continua o no se refrigera el yogur, los lactobacilos serán la bacteria predominante. Por el contrario, si se disminuye el tiempo de incubación, se acidifica el medio en menor medida y hay un aumento relativo de los estreptococos.

Si el porcentaje de inóculo es mayor al 2,5-3 %, aumenta la velocidad de acidificación y se detiene más prontamente el crecimiento de los estreptococos, favoreciendo a los lactobacilos. Si el inóculo es menor, el equilibrio se desplaza a favor de los estreptococos. En cuanto a la temperatura, si es baja favorece a los estreptococos por poseer una temperatura óptima inferior a la de los lactobacilos.

Cabe destacar que el mantenimiento de la proporción 1:1 de bacterias es importante debido a que ambas contribuyen a las propiedades organolépticas del yogur, debiendo evaluar las combinaciones utilizadas de cepas ya que no todas son compatibles (Romero del Castillo Shelly y Mestres Lagarriga, 2004).

### 5.3. Tecnología del yogur

Se conoce como fermentación al proceso clave en la producción de yogur. Dicho proceso llevado a cabo por el cultivo iniciador, genera cambios físicos y químicos deseados en la leche, siempre que las condiciones del medio sean las óptimas.

Como fue explicado en la sección 5.2.3. *Fermento láctico*, los microorganismos metabolizan la lactosa presente en la leche para cubrir sus necesidades energéticas propias del crecimiento, obteniendo como producto ácido láctico. Por un lado, la aparición gradual de este último provoca la solubilización del fosfato cálcico y del citrato de magnesio dentro de las micelas de caseína, lo que genera una desestabilización de las mismas, que induce a una reducción de tamaño. Por otro lado, la reducción del pH y, por ende, aumento de la concentración de protones neutraliza las cargas negativas, provenientes de los extremos de las  $\kappa$ -Caseínas, presentes en la superficie de las micelas. De esta manera, alrededor de un pH entre 4,6-4,7 se llega al punto isoeléctrico de las proteínas, donde existe un acercamiento entre ellas, permitiendo la coalescencia de las micelas, y como consecuencia la formación del gel. Es así que las propiedades hidrofóbicas de las proteínas se ven reducidas con la acidificación.

El gel formado presenta una textura suave, una consistencia ligera, es semisólido, opaco, resistente y blanco. Es entonces una red tridimensional proteica que atrapa en su interior el resto de los componentes de la leche, incluyendo el agua. Existen tres formas en las que el agua se puede encontrar en el gel:

- Agua ligada: es el agua de hidratación de las proteínas. A mayor grado de hidratación, mayor es la fuerza y consistencia del coágulo. El grado de hidratación presenta un máximo por lo que, al superarlo, una hidratación excesiva podría producir la disolución de las proteínas y la disminución de la firmeza del gel. Para aumentar la consistencia se recurre al agregado de leche en polvo, ingrediente que aporta extracto seco no graso (proteínas y lactosa) cuyo objetivo es ligar agua y obtener una mejora en la textura del producto.
- Agua libre: es el agua que se encuentra presente en el coágulo, pero no interactúa con las moléculas. Con el paso del tiempo puede separarse del gel y dejar expuestas dos fases, efecto conocido como sinéresis. Para evitar que este efecto indeseado tenga lugar, se busca estabilizar el agua libre mediante el agregado de estabilizantes que formen uniones con ella. El aporte de proteínas de la leche en polvo también puede favorecer a la retención de suero en el coágulo.
- Agua capilar: es el agua ocluida entre los coágulos de gel formados. La misma no se encuentra disponible para que se lleven a cabo reacciones ni aporta a que se produzca la sinéresis (Romero del Castillo Shelly y Mestres Lagarriga, 2004).

### 5.4. Experiencias realizadas

En esta sección se detallarán las experiencias realizadas en el laboratorio utilizando como base la formulación actual de la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda. Las mismas permitieron determinar las variables del proceso de elaboración del yogur y las materias primas a utilizar en la formulación del mismo.



#### 5.4.1. Experiencia 1: determinación del tiempo de deslactosado

El objetivo de la primera experiencia fue determinar el tiempo mínimo de hidrólisis de lactosa para alcanzar el máximo dulzor posible. Para ello se adicionó la enzima Ha-Lactase 5200 de CHR HANSEN a una muestra de leche con un contenido de materia grasa de 0,5 % p/p. La elección de la dosis de enzima (2000 NLU/L) y la temperatura de operación (40 °C) se realizó en base a los datos provistos por la ficha técnica (Anexo I). En estas condiciones se ha observado una hidrólisis de entre 80 y 90 % en un tiempo de entre 2 y 4 h. Por este motivo, se ensayó el deslactosado hasta 5 h, tomando muestras a diferentes tiempos.

Se decidió evaluar el dulzor alcanzado en cada tiempo de deslactosado a través de una evaluación sensorial con 10 jueces entrenados. No se realizó de manera analítica la determinación de lactosa, glucosa y galactosa ya que no se contaba con el instrumental necesario en el tiempo disponible.

La planilla que se le entregó a cada evaluador se presenta en el Anexo II. La evaluación se basó en un test descriptivo, en el cual se evaluó la intensidad de sabor dulce utilizando una escala continua.

La experiencia se realizó como se detalla a continuación:

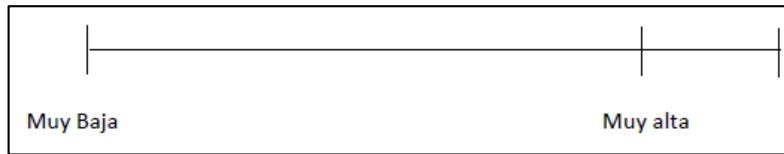
1. Se colocaron 5 L de leche con 0,5 % p/p de contenido graso en un recipiente y se llevó a T = 40 °C utilizando una olla y mechero con difusor.
2. Se agregaron 206 g de leche en polvo descremada y se agitó.
3. Se reservó una muestra de 500 mL de leche y se virtió en 2 recipientes de 250 mL (muestra t0).
4. A los 4,5 L restantes se les agregó 2 g (2000 NLU/L) de la enzima Ha-Lactase 5200 de CHR HANSEN y se agitó.
5. Se dividió el volumen total en 18 recipientes de 250 mL y se los colocó en baños termostáticos a 40 °C.
6. Se retiraron del baño termostático 3 muestras para cada uno de los tiempos de deslactosado (Tabla 8).

**Tabla 8.** Tiempos de deslactosado.

Muestra	Tiempo [h]
t1	0,5
t2	1
t3	2
t4	3
t5	4
t6	5

7. A medida que se retiraron las muestras del baño termostático a 40 °C, se las colocó en otro baño a 90 °C. Una vez que la temperatura en el interior del recipiente alcanzó 85 °C, se dejó durante 5 min para inactivar la enzima y se dejó templar a temperatura ambiente.
8. Se refrigeraron las muestras en heladera a 4 °C hasta su utilización en la evaluación sensorial.

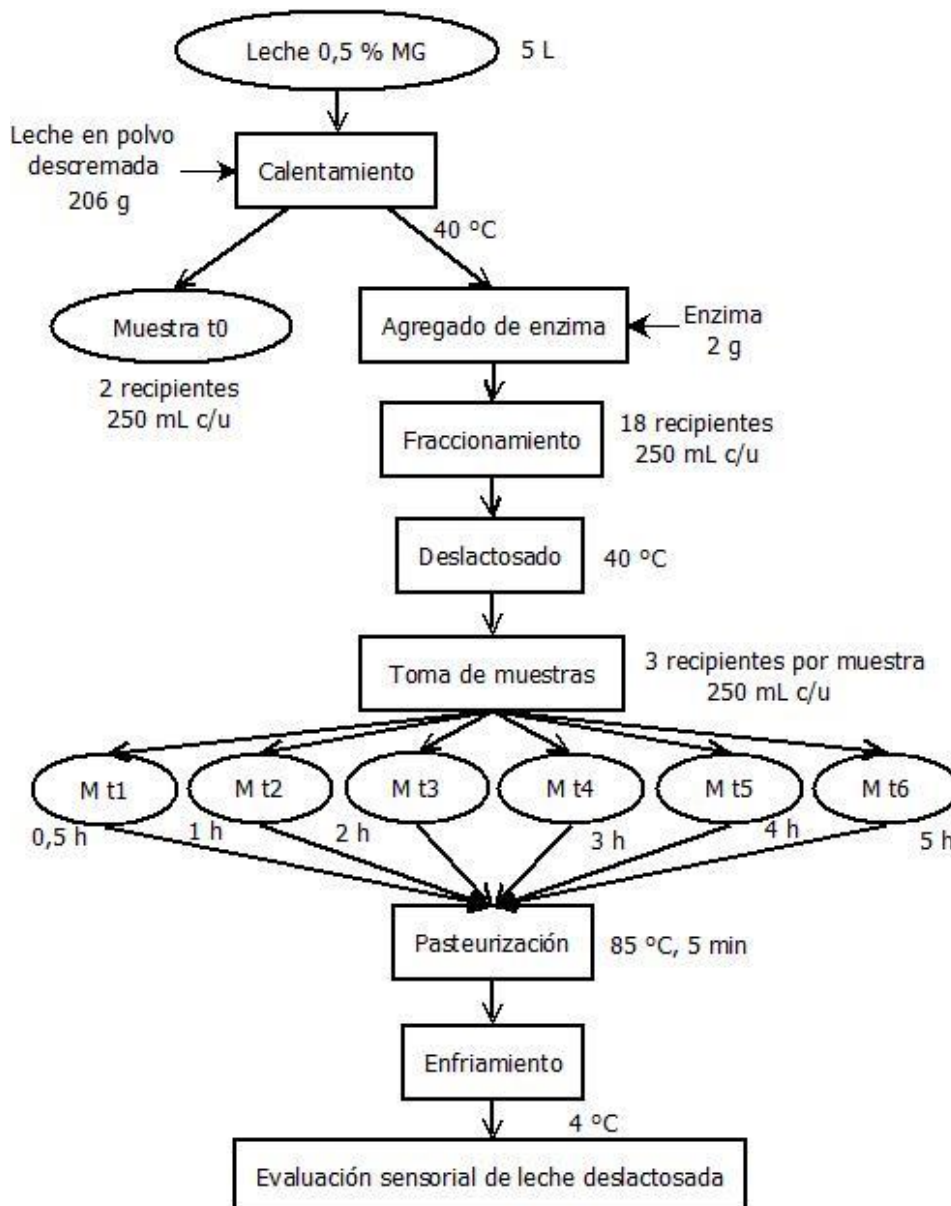
9. Se realizó el análisis sensorial de las muestras t1, t2, t3, t4 y t5 para intensidad de sabor dulce, utilizando como anclajes las muestras t0 como muy baja y la muestra t6 como muy alta (Figura 18).



**Figura 18.** Escala de evaluación sensorial evaluando de 0 (muy baja) a 10, representando el anclaje “muy alto” el valor de 8.

Los resultados obtenidos se analizaron con ANOVA y posteriormente se utilizó el test de comparaciones múltiples de Tukey, en caso de hallarse diferencia significativa en las muestras. El nivel de significancia ( $\alpha$ ) utilizado fue de 0,05.

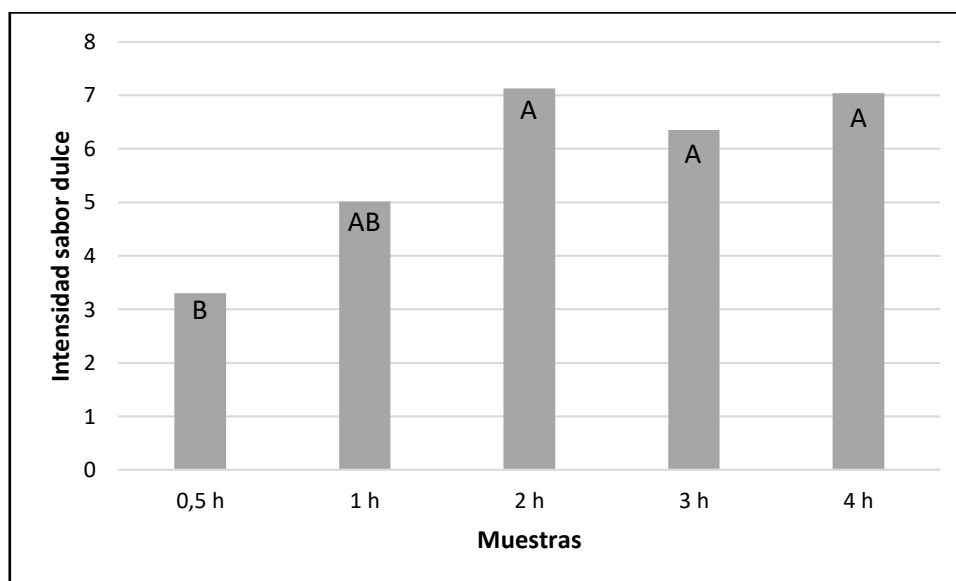
En la Figura 19 se presenta un diagrama que resume el procedimiento previamente detallado.



**Figura 19.** Diagrama resumen del procedimiento de la Experiencia 1.

#### 5.4.1.1. Análisis de resultados

El test de ANOVA permitió determinar que al menos una muestra tenía diferencia significativa con respecto al resto, ya que F resultó mayor a F crítico, siendo estos valores 8,7 y 2,7 respectivamente. El test de Tukey permitió, mediante una comparación múltiple, identificar cuáles son las muestras entre las que existe diferencia significativa. Estos resultados se observan en el gráfico siguiente (Figura 20).



**Figura 20.** Resultados de la intensidad de sabor dulce de leche descremada en función del tiempo de deslactosado con la enzima  $\beta$ -galactosidasa. Letras diferentes indican diferencias significativas en el sabor dulce debido al tiempo de deslactosado (Test de Tukey,  $\alpha=0,05$ ).

A partir de estos análisis fue posible determinar que el tiempo mínimo de hidrólisis para alcanzar el máximo dulzor es de 2 h. Considerando que se trata de un proceso enzimático, el cual es susceptible a cambios en el medio, y que se pueden presentar variaciones tanto en la composición de la materia prima como en las condiciones del proceso, al tiempo de deslactosado determinado se le adicionará un 25 % más. De esta manera se establece que esta etapa del proceso será de 2,5 h.

#### 5.4.2. Experiencia 2: determinación del dulzor alcanzado con la hidrólisis

Los objetivos planteados para esta experiencia fueron:

- Analizar la intensidad de sabor dulce del yogur elaborado con leche deslactosada y con diferentes cantidades agregadas de sacarosa, a fin de determinar qué cantidad de sacarosa se puede reducir en la formulación original del yogur.
- Analizar la aceptabilidad sensorial de las diferentes muestras de yogur.
- Realizar un perfil de acidez del yogur durante la fermentación.

Para llevar a cabo esta experiencia se prepararon muestras de yogur con diferentes porcentajes de sacarosa respecto de la formulación original, las cuales fueron evaluadas por 10 jueces entrenados. La planilla que se le entregó a cada evaluador se presenta en el Anexo III. La evaluación se basó en un test descriptivo, para el cual se utilizó una escala continua de intensidad de sabor dulce y un test de aceptabilidad sensorial, en el que se utilizó escala hedónica de 9 puntos.

La experiencia se realizó como se detalla a continuación:

1. Se colocaron 5 L de leche con 0,5 % p/p de contenido graso en un recipiente y se llevó a T = 40 °C utilizando una olla y mechero con difusor.
2. Se agregaron 206 g de leche en polvo descremada y se agitó.
3. Se reservaron 800 mL en un Erlenmeyer y se refrigeró a 4 °C (muestra A).
4. A los 4 L restantes en la olla se les agregó 1,6 g de enzima Ha-Lactase 5200 de CHR HANSEN y se agitó.
5. Se tomaron 4 Erlenmeyers, se vertieron 800 mL de la mezcla en cada uno de ellos y se colocaron en un baño termostático a 40 °C durante 2,5 h.
6. Se colocaron en todos los Erlenmeyers 4,7 g de estabilizante comercial E1, incluyendo la muestra A reservada en el paso 3.
7. Se agregaron distintas cantidades de sacarosa en cada uno de los Erlenmeyers como se indica en la Tabla 9:

**Tabla 9.** Contenido de sacarosa de las diferentes muestras.

<b>Muestra</b>	<b>Contenido de sacarosa [g]</b>	<b>% de agregado de sacarosa con respecto a la formulación original</b>
A	75,3	100
B	60,2	80
C	37,7	50
D	22,6	30
E	0	0

8. Se colocaron los recipientes en un baño termostático a 95 °C y una vez alcanzados los 85 °C dentro de los recipientes se esperaron 5 min.
9. Se retiraron las muestras del baño termostático y se las enfrió hasta 42 °C bajo un chorro de agua de red, con agitación continua.
10. Se disolvieron 50 U del fermento CHR HANSEN en 1 L de leche 0,5 % p/p de contenido graso, con agitación en un matraz.
11. Se agregaron 3 mL del fermento disuelto a cada muestra y se incubaron a 40-42 °C.
12. Se tomaron 10 mL de cada muestra con ayuda de una pipeta a diferentes tiempos (1 h, 1,5 h, 2 h, 2,5 h, 2,75 h, 3 h, 3,25 h) y se realizó una titulación con solución Dornic (0,09 N NaOH) utilizando fenolftaleína como indicador. Se registró el volumen gastado y los valores obtenidos como grados Dornic (°D) se presentan en la Figura 23.
13. Al registrar un volumen gastado mayor a 6 mL (60 °D), se retiraron las muestras del baño termostático y se le agregaron 0,1 mL de esencia de vainilla.
14. Se colocaron 40 mL de cada muestra en 10 vasos plásticos (cada uno de 100 mL de capacidad) y se almacenaron a 4 °C hasta su utilización en la evaluación sensorial.
15. Se realizó una evaluación en la que se analizó la intensidad de sabor dulce de las muestras y la aceptabilidad sensorial de diferentes atributos de cada una de ellas (aroma, apariencia, color y brillo, textura en boca, sabor, sabor dulce y aceptabilidad global). Para el caso del análisis de la intensidad de sabor dulce se utilizaron como anclaje la muestra A como “alta” y la muestra E como “baja”.

La escala utilizada para la intensidad de sabor dulce es la presentada en la experiencia anterior (Figura 18). A continuación, se muestra la escala hedónica de 9 puntos utilizada en la evaluación de los diferentes atributos de cada muestra (Figura 21):



**Figura 21.** Escala hedónica de 9 puntos utilizada para la evaluación sensorial de los atributos de las muestras.

En la Figura **22** se presenta un diagrama que resume el procedimiento previamente detallado.

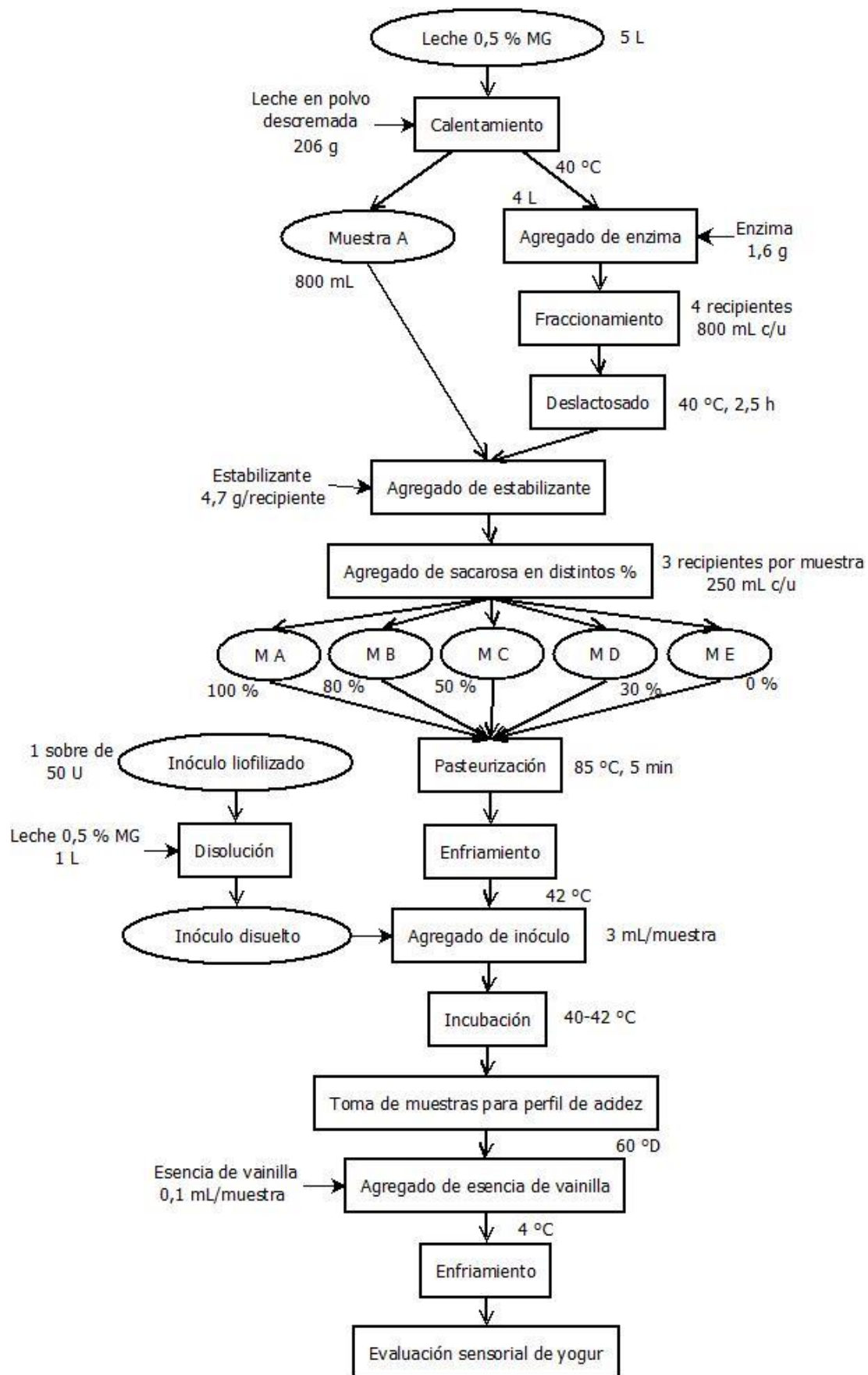
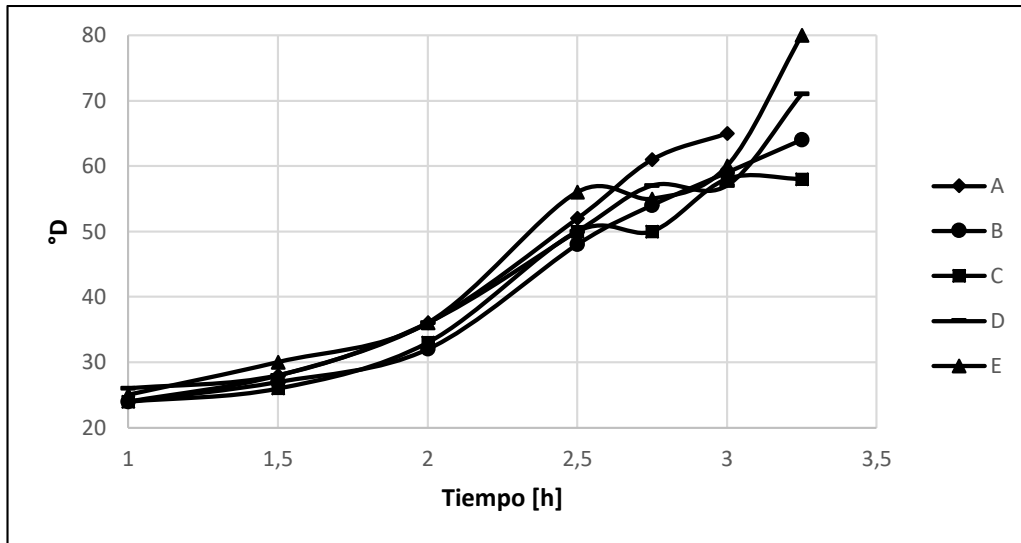


Figura 22. Diagrama resumen del procedimiento de la Experiencia 2.

#### 5.4.2.1. Análisis de resultados

##### Perfil de acidez

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la acidez en las titulaciones realizadas (Figura 23):



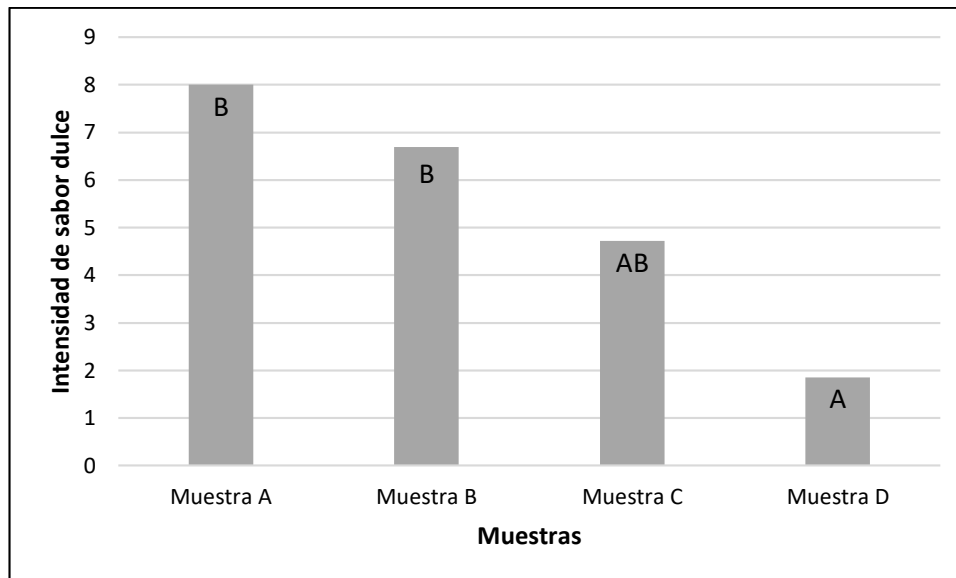
**Figura 23.** Resultados obtenidos de la acidez del yogur durante la fermentación en función del tiempo.

En el gráfico de la Figura 23 puede observarse que todas las muestras acidifican el medio de manera similar a lo largo del tiempo. Al ser el ácido láctico un producto del metabolismo de las BAL inoculadas, su concentración es proporcional a la población microbiana que se desarrolla en la etapa de fermentación. Esto puede relacionarse debido a que la forma de las curvas obtenidas coincide con la curva típica de crecimiento microbiano, en la que se distinguen tres fases: latencia, exponencial y estacionaria (Blanch y Clark, 1997).

##### Evaluación sensorial

El análisis de los datos recopilados en la evaluación sensorial se realizó de igual manera que en la experiencia 1 (utilizando el mismo nivel de significancia  $\alpha=0,05$ ) y los resultados se observan en el gráfico de la Figura 24.

El test de ANOVA permitió determinar que al menos una muestra tenía diferencia significativa con respecto al resto, ya que F resultó mayor a F crítico, siendo estos valores 52,8 y 2,9 respectivamente. El test de Tukey permitió, mediante una comparación múltiple, identificar cuáles son las muestras entre las que existe diferencia significativa.



**Figura 24.** Resultados de la intensidad de sabor dulce de yogur en función de la cantidad agregada de sacarosa. Letras diferentes indican diferencias significativas en el sabor dulce debido al agregado de sacarosa en distintas proporciones (Test de Tukey,  $\alpha=0,05$ ).

Como puede observarse, si bien la muestra A se utilizó como anclaje en 8 puntos, se decidió analizarla de igual manera que el resto. Esto es así ya que contiene la misma cantidad de sacarosa que el producto actual de la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda. y, de esta manera, permite realizar una comparación entre esta muestra y el resto, estableciendo o no diferencias significativas.

En el gráfico se observa que las muestras pueden ordenarse, según su intensidad de sabor dulce percibida por los panelistas, de manera coincidente con la cantidad de sacarosa agregada.

En cuanto al análisis estadístico, se puede observar que entre la muestra A y la muestra B no existe diferencia significativa en la intensidad de sabor dulce percibida por los panelistas. De esta manera se concluye que es posible reducir la sacarosa agregada al yogur en un 20 %.

### 5.4.3. Experiencia 3: elección del endulzante

En esta experiencia se evaluaron dos tipos de endulzantes para reemplazar una parte o la totalidad de la sacarosa, teniendo en cuenta que se debe cubrir el dulzor que aporta el 80 % de sacarosa de la formulación original. Los endulzantes seleccionados fueron estevia y sucralosa, el primero por tratarse de un endulzante natural que no aporta cantidades significantes de calorías y el segundo por ser una halogenación del azúcar de mesa, que presenta un sabor similar al mismo, con un poder edulcorante 600 veces mayor, pero sin aporte calórico (Mancheno Mora, 2011). Para realizar la elección, se llevó a cabo una evaluación sensorial con 9 jueces entrenados. La planilla que se les entregó a cada uno de ellos se presenta en el Anexo IV. La evaluación se basó en una prueba hedónica para la cual se utilizó una escala de 9 puntos.

La experiencia se realizó como se detalla a continuación:

1. Se colocaron 4 L de leche con 0,5 % p/p de contenido graso en un recipiente y se llevó a  $T = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$  utilizando una olla y mechero con difusor.
2. Se agregaron 164,8 g de leche en polvo descremada y se agitó.



3. Se agregó 1,6 g de enzima Ha-Lactase 5200 de CHR HANSEN y se agitó.
4. El recipiente con la mezcla se colocó en un baño termostático a 40 °C durante 2,5 h.
5. Se adicionaron 23,53 g de estabilizante comercial E1 a la mezcla, previamente disuelto en leche con 0,5 % p/p de contenido graso a 85 °C.
6. Se tomaron 5 Erlenmeyers y se colocaron 800 mL de la mezcla en cada uno.
7. Se agregaron distintas cantidades de endulzantes comerciales (solución líquida de esteviósidos 117 % p/v y sucralosa en polvo) en cada una de las muestras como se indica a continuación (Tabla 10):

**Tabla 10.** Agregado de endulzantes (sacarosa, estevia y sucralosa) para las diferentes muestras.

<b>Muestra</b>	<b>Agregado de sacarosa [g]</b>	<b>Agregado de estevia [g]</b>	<b>Agregado de sucralosa [g]</b>
A	60,2	-	-
B	30,1	3,5	-
C	30,1	-	0,037
D	-	3,5	0,037
E	-	-	0,074

8. Las muestras se colocaron a 95 °C en un baño termostático y una vez alcanzados los 85 °C dentro de los recipientes se esperaron 5 min.
9. Las muestras se enfriaron hasta 42 °C bajo un chorro de agua de red, con agitación continua.
10. Se disolvieron 50 U del fermento CHR HANSEN en 1 L de leche 0,5 % p/p de contenido graso con agitación en un matraz.
11. Se agregaron 3 mL del fermento disuelto a cada muestra y se incubaron a 40-42 °C. El sobrante del fermento disuelto se congeló para utilizar en experiencias posteriores.
12. Utilizando una pipeta, se tomaron alícuotas de 10 mL de las muestras A y D (testigos) a diferentes tiempos (0 h, 0,5 h, 1 h, 1,5 h, 2 h, 2,5 h, 2,75 h, 3 h, 3,25 h) y se realizó medición de pH y titulación con solución Dornic (0,09 N NaOH) utilizando fenolftaleína como indicador. Se registró el volumen gastado.
13. Al registrar un volumen gastado mayor a 6 mL (60 °D), se retiraron las muestras del baño termostático y se le agregaron 0,1 mL de esencia de vainilla.
14. Se colocaron 40 mL de cada muestra en 9 vasos plásticos (cada uno de 100 mL de capacidad) y se almacenaron a 4 °C hasta su utilización en la evaluación sensorial.
15. Se realizó una evaluación sensorial en la que se analizó aceptabilidad de apariencia, textura en boca y sabor y aceptabilidad global, utilizando la escala presentada en la Figura 21.

En la Figura 25 se presenta un diagrama que resume el procedimiento previamente detallado.

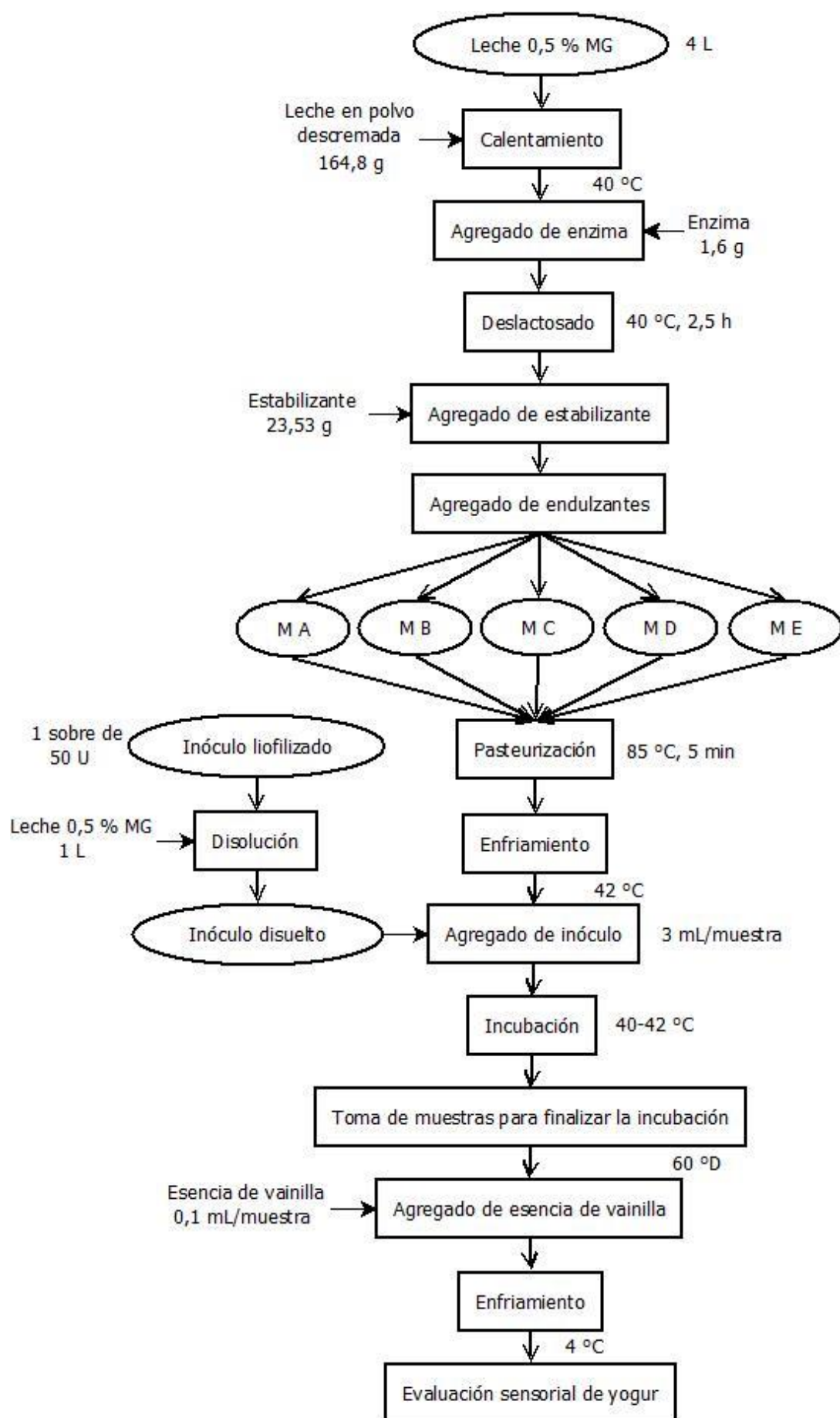


Figura 25. Diagrama resumen del procedimiento de la Experiencia 3.

### 5.4.3.1. Análisis de resultados

El análisis de los datos recopilados en la evaluación sensorial se realizó de igual manera que en la experiencia 1 (utilizando el mismo nivel de significancia  $\alpha=0,05$ ). El test de ANOVA arrojó como resultado que no hay diferencias significativas entre las muestras en ninguno de los atributos, por lo que no fue necesario realizar el test de Tukey. Considerando que una variación del endulzante afecta principalmente el sabor y la aceptabilidad global, se muestran en la Figura 26 y en la Figura 27 los promedios de los puntajes obtenidos para cada muestra en estos atributos.



Figura 26. Puntajes promedio obtenidos en la evaluación sensorial para la aceptabilidad del sabor (Sa: sacarosa, E: estevia, Su: sucralosa).

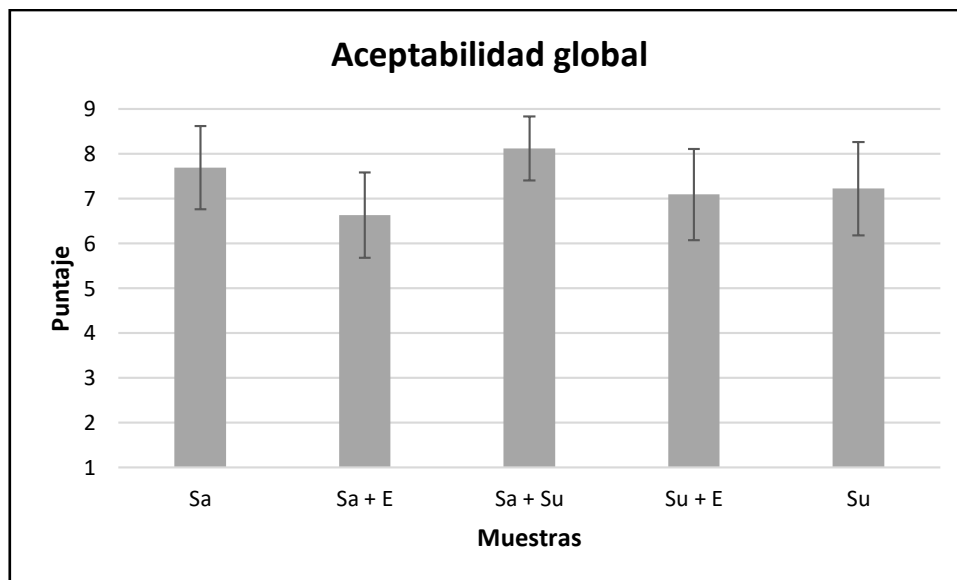


Figura 27. Puntajes promedio obtenidos en la evaluación sensorial para la aceptabilidad global (Sa: sacarosa, E: estevia, Su: sucralosa).

Si bien no se observaron diferencias significativas en la aceptabilidad de los atributos ni en la aceptabilidad global de las muestras, cabe destacar que la de mayor puntaje fue la de sacarosa con sucralosa tanto en aceptabilidad del sabor como en aceptabilidad global.

Por otro lado, también puede notarse que todas las muestras obtuvieron puntajes mayores a 6, siendo el menor puntaje obtenido de aproximadamente 6,5, representando en la escala un punto medio entre “Me gusta poco” y “Me gusta”. Esto demuestra que todas las muestras son aceptadas y, por lo tanto, la elección del endulzante o mezcla de endulzantes a utilizar en la formulación final dependerá del concepto de producto que se desea o de su costo de producción.

#### 5.4.4. Experiencia 4: selección del espesante

En las experiencias anteriores se trabajó con el espesante comercial E1, el cual fue provisto por la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda. Si bien se trabajó a nivel laboratorio en condiciones similares a las que se trabaja en la industria, no se logró la consistencia esperada para el yogur firme. Por ello se decidió realizar una cuarta experiencia para alcanzar la textura deseada, trabajando con otros espesantes o una combinación de ellos. La mezcla de endulzantes utilizada para esta experiencia en particular fue la de sacarosa con sucralosa, correspondiente a la muestra C de la experiencia 3, considerando que fue la que obtuvo mayor promedio en su puntaje de aceptabilidad.

La experiencia se realizó como se detalla a continuación:

1. Se colocaron 1,8 L de leche con 0,5 % p/p de contenido graso en un recipiente y se llevó a T = 40 °C utilizando una olla y mechero con difusor.
2. Se agregaron 74,16 g de leche en polvo descremada y se agitó.
3. Se agregó 0,72 g de enzima Ha-Lactase 5200 de CHR HANSEN y se agitó.
4. El recipiente con la mezcla se colocó en un baño termostático a 40 °C durante 2,5 h.
5. Se calentó la mezcla hasta 90 °C aproximadamente utilizando la misma olla y mechero con difusor. Se agregaron 67,73 g de sacarosa y 0,087 g de sucralosa en polvo. Se mezcló para homogeneizar con un batidor.
6. Se tomaron 6 Erlenmeyers y se colocaron 300 mL de la muestra en cada uno de ellos.
7. Se agregaron distintas cantidades de espesantes previamente disueltos (E1, E2 y E3) en cada uno de las muestras como se indica a continuación en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Agregado de espesantes para las distintas muestras.

Muestra	E1 [g]	E2 [g]	E3 [g]	% en la formulación
A	-	1,96	-	0,6
B	-	2,62	-	0,8
C	-	3,28	-	1
D	-	-	0,98	0,3
E	1,63	-	0,33	0,5 de E1 y 0,1 de E3
F	1,63	-	0,65	0,5 de E1 y 0,2 de E3

8. Se colocaron las muestras en un baño termostático a 100 °C y una vez alcanzados los 95 °C dentro de los recipientes se esperaron 5 min.
9. Las muestras se enfriaron hasta 42 °C bajo un chorro de agua de red, con agitación continua.
10. Se colocó en cada muestra 1,2 mL del fermento descongelado conservado en la experiencia anterior y se incubaron a 40-42 °C.

11. Utilizando una pipeta, se tomaron alícuotas de 10 mL de las muestras a las 3 h y se realizó una titulación con solución Dornic (0,09 N NaOH) utilizando fenolftaleína como indicador. Se registró el volumen gastado.
12. Se retiraron las muestras del baño termostático y se le agregaron 0,03 mL de esencia de vainilla.
13. Se almacenaron las muestras a temperatura de refrigeración hasta realizar la evaluación sensorial.
14. La apariencia y la textura en boca fueron analizadas sensorialmente por 5 jueces entrenados en yogur, de manera grupal, comparando las muestras con el yogur firme descremado sabor vainilla de la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda..

En la Figura 28 se presenta un diagrama que resume el procedimiento previamente detallado.

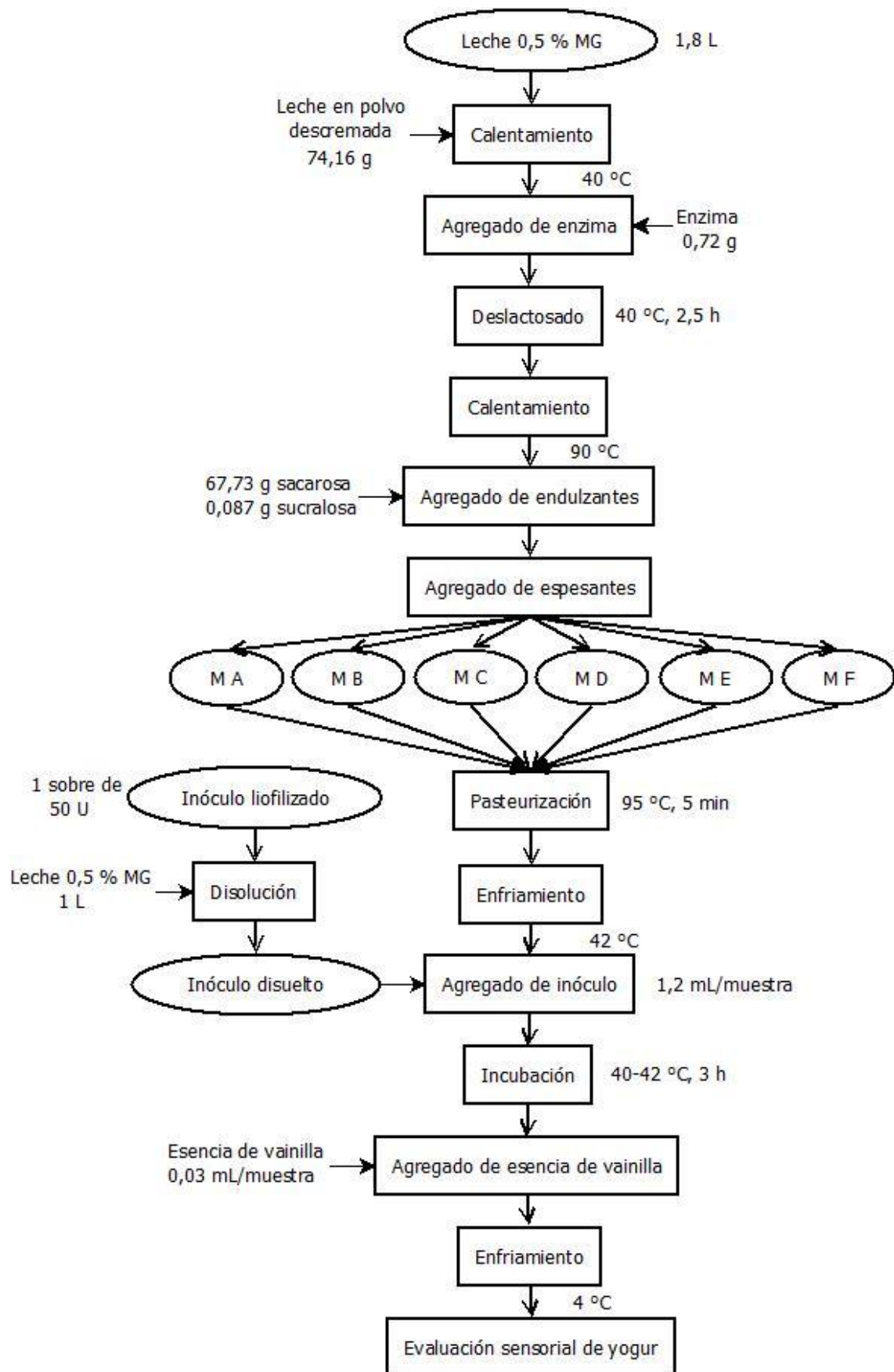


Figura 28. Diagrama resumen del procedimiento de la Experiencia 4.

A partir de la evaluación y la comparación con el yogur firme descremado sabor vainilla utilizado como referencia, se determinó que la muestra B presentó mejor apariencia y textura en boca. La firmeza del coágulo fue similar a la del yogur de la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda., además, presentó un corte limpio acorde con la consistencia de un yogur firme.

#### 5.4.5. Experiencia 5: determinación experimental del rendimiento

Para determinar el rendimiento experimental del yogur elaborado, se llevó a cabo el seguimiento de las muestras B y F en simultáneo a la realización de la Experiencia 4. Se registraron los pesos en distintas etapas del proceso y al final del mismo, es decir, finalizada la fermentación. En este caso, es de especial interés el cálculo del rendimiento total del proceso, el cual se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{masa final} \cdot 100}{\text{masa inicial}}$$

Para ello, se tuvieron en cuenta los pesos iniciales y finales de las muestras B y F. A partir de dichos datos, se obtuvo el rendimiento para ambas muestras y, finalmente, el rendimiento promedio del proceso (Tabla 12).

**Tabla 12.** Masa inicial y final de las muestras B y F.

	<b>Muestra B</b>	<b>Muestra F</b>
Masa inicial (g)	336,9	336,6
Masa final (g)	319,9	318,6
Rendimiento (%)	94,9	94,7
Rendimiento promedio (%)	95 %	

Como se puede observar, el rendimiento promedio resultó del 95 %. Este valor es similar al hallado en bibliografía. Según Acevedo Román (2005) el rendimiento teórico del proceso es del 94 %. Cabe destacar, que dicho valor está asociado a la elaboración a escala laboratorio del producto. Es así, que el mismo se ve afectado por el equipamiento, lo que sugiere que a escala industrial dicho valor podría verse modificado.

### 5.5. Conclusiones de las experiencias realizadas

A partir de las experiencias realizadas fue posible cumplir con los objetivos propuestos. Es así, que a partir de la Experiencia 1 se determinó el tiempo óptimo de hidrólisis de la leche, para asegurar el máximo dulzor posible, en el menor tiempo involucrado. De esta manera, se llegó a un tiempo óptimo de deslactosado de 2,5 h. Por otro lado, en la Experiencia 2 se determinó que es posible reducir el contenido de sacarosa en el yogur en un 20 %, al utilizar la leche deslactosada según la Experiencia 1. Además, en cuanto al endulzante a utilizar, luego de probar diversas combinaciones en la Experiencia 3, se llegó a que la combinación sucralosa + sacarosa es la más aceptada. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre las muestras, por lo que se concluye que todas las combinaciones evaluadas son factibles de utilizar en la formulación. Por último, en la Experiencia 4 se determinó el espesante a incluir en la formulación. De esta forma, se seleccionó el espesante E2 en una concentración de 0,8 %, debido a que otorga la apariencia y textura en boca deseadas.

## **5.6. Estabilizantes y endulzantes seleccionados**

A continuación, se detallarán las características del estabilizante y los endulzantes seleccionados para la formulación del producto.

### **5.6.1. Estabilizantes**

En el yogur, como en el resto de los alimentos, la textura es uno de los atributos organolépticos más importantes y es determinante en la aceptación por parte del consumidor.

Uno de los problemas que se presenta con mayor frecuencia en el yogur es la sinéresis, la cual se manifiesta por la eliminación del agua atrapada dentro de la estructura proteica. Las causas que ocasionan este fenómeno pueden ser el escaso contenido de materia grasa y proteínas en la leche con la que se elabora el producto, el tratamiento térmico y la homogenización deficientes, temperatura de incubación muy alta, la destrucción del coágulo durante la acidificación y un pH mayor a 4,8 (Vásquez, 2008).

Para subsanar este inconveniente, pueden utilizarse aditivos comerciales tales como espesantes y estabilizantes que, aunque no contribuyen al aroma, sabor o poder nutritivo de los alimentos, pueden incidir en su aceptabilidad mejorando su textura o consistencia debido a su capacidad de espesar o gelificar productos elaborados.

En la formulación del producto de este proyecto se utiliza el estabilizante comercial codificado como E2, el cual consiste en una mezcla compuesta por almidones modificados, pectinas modificadas, agar-agar y carragenina. Se desconoce la proporción y características particulares de cada uno.

#### **Almidones modificados**

El almidón es la reserva de carbohidratos de los vegetales, es insoluble en agua y tiene forma de pequeños gránulos. Su composición varía según su origen, pero en general, está compuesto por una mezcla de polisacáridos que son la amilosa y la amilopectina y una fracción minoritaria (1-2 %) no glucosídica. La amilosa está presente en el almidón en un 20 % aproximadamente y la amilopectina en un 80 %.

La amilosa es un polímero de anhidro glucosas unidas por enlaces glucosídicos  $\alpha(1-4)$  con pequeñas ramificaciones con enlaces  $\alpha(1-6)$ . La amilopectina son moléculas más grandes que la amilosa con enlaces glucosídicos  $\alpha(1-4)$  y  $\alpha(1-6)$  con ramificaciones que asemejan su forma a la de un árbol. Las propiedades del almidón dependerán de las proporciones entre estos polímeros, el grado de ramificación que presenten y la distribución de peso molecular.

Si bien el almidón es biodegradable, no tóxico, se encuentra en abundancia y es de bajo costo, presenta limitaciones mecánicas y químicas (reducida procesabilidad por alta viscosidad, incompatibilidad con ciertos solventes, fragilidad en la operación de envasado, etc.) por lo que se le realizan modificaciones que pueden ser por cambios físicos, químicos o microbianos, o una combinación de ellos (Peñaranda Contreras et al., 2008).

#### **Pectinas modificadas**

Las sustancias pécticas comprenden un grupo extenso de polisacáridos vegetales cuyo uso como aditivo alimentario está adquiriendo especial relevancia ante la elevada demanda de productos con bajo o nulo contenido en azúcar y grasa.



Su estructura básica está integrada por moléculas de ácido D-galacturónico unidas por enlaces glucosídicos  $\alpha(1-4)$  y en la cual algunos de los carboxilos pueden estar esterificados con metilos o en forma de sal. Su grado de metoxilación es muy importante, razón por la cual las pectinas comerciales se han dividido en dos grandes grupos: las consideradas como de alto metoxilo, que contienen de 55 a 80 % de sus grupos carboxilo de manera esterificada y las de bajo metoxilo que solo presentan de 18 a 45 % de esterificación.

La gelificación de estos hidratos de carbono se debe a que tienen gran facilidad de producir una red tridimensional estabilizada por dos mecanismos diferentes, de los cuales predomina uno, de acuerdo con el grado de metoxilación (Cyras, 2018). Por otro lado, las propiedades que facilitan la gelificación de dichos hidrocoloides son la dispersabilidad, la capacidad de retención de agua, la solubilidad y la viscosidad.

Los polisacáridos constituyen una fuente importante y valiosa de hidratos de carbono. Sin embargo, para que las múltiples propiedades que los caracterizan sean expuestas y aplicadas en la industria alimentaria pueden requerir de su despolimerización parcial o completa para dar lugar a oligosacáridos y de esta manera, obtener a las que se denominan pectinas modificadas. Actualmente, los métodos disponibles para la despolimerización de polisacáridos son los tratamientos químicos, enzimáticos y físicos (Muñoz Almagro, 2015).

En los productos lácteos, las moléculas de pectina interactúan con la caseína a través de los iones  $\text{Ca}^{+2}$  por lo que previene la agregación, sedimentación y separación otorgándole al sistema, en este caso el yogur, estabilización iónica (Rodríguez, 2016).

### **Agar-agar**

El agar es una mezcla de polisacáridos, polímeros de la galactosa, formados por unidades repetitivas de L-galactosa y 3, 6 anhidro-L-galactosa, el cual se obtiene a partir de algas rojas de la clase *Rhodophyceae*. Estos monosacáridos pueden estar sustituidos por grupos polares como son los grupos sulfato, piruvato o metoxilos. La proporción de estos grupos polares en la molécula afecta al patrón de gelificación e influyen de manera negativa en la formación de los puentes de hidrógeno, lo que se refleja en una disminución en la capacidad de formación del gel (Freile-Peigrín, 2005). A concentraciones bajas (alrededor de 0,04 %) ya produce una gelificación perceptible. Si bien no es soluble en agua fría, se disuelve completamente en agua caliente y la gelificación se inicia a temperaturas de 35-40 °C, resultando un gel fuerte, claro y termorreversible que sólo se vuelve líquido si la temperatura alcanza los 85 °C (Pasquel, 2001). Actualmente, el agar es un producto ampliamente utilizado en la industria alimentaria ya que también cumple funciones de estabilizante y emulsificante aportando consistencia y alargando la vida útil de diversos productos debido a su capacidad para retener la humedad. Otras ventajas de su utilización incluyen elevada resistencia térmica de sus geles y la marcada diferencia entre sus temperaturas de gelificación y de fusión (40 °C). Además, se puede moldear dando una textura termoirreversible y brillante y presenta una capacidad espesante muy elevada, hasta 8 veces mayor que las gelatinas de origen animal (Rodríguez Bombón, 2014).

### **Carragenina**

La carragenina es un polímero sulfatado, constituido de unidades de galactosa y anhidrogalactosa, el cual se extrae de algas rojas. Existen tres grupos principales de goma carragenina, que se diferencian por su contenido y distribución de sus grupos de ésteres sulfatados: kappa ( $\kappa$ ), iota ( $\iota$ ) y lambda ( $\lambda$ ). Las principales diferencias entre las distintas gom

carrageninas son que las  $\kappa$  forman geles rígidos, las  $\iota$  forman geles elásticos y las  $\lambda$  no gelifican, formando sólo soluciones viscosas. La  $\kappa$  carragenina es ampliamente utilizada en la industria de alimentos, a causa de sus propiedades de retención de líquidos, espesante y gelificante (Sabillón Galeas, 2008). Específicamente, en la industria láctea es utilizada en pequeñas concentraciones (del orden de 0,01 a 0,03 %) debido a su elevada capacidad de reacción con ciertas proteínas (Pasquel, 2001). Por lo general, las carrageninas se comercializan como sales de sodio, potasio o calcio, ya que esas son sus formas estables.

### **5.6.2. Endulzantes**

A lo largo de los años, los consumidores han ido transformando sus preferencias en cuanto a los alimentos que adquieren. En general, se han ido incorporando alimentos más saludables en las dietas, entre los que se encuentran los productos bajos en azúcares. Según el CAA (Art. 1371) con la designación de Alimentos Dietéticos de Bajo Valor Glucídico se entiende *“los que presentan una disminución con respecto a los alimentos corrientes correspondientes, de los contenidos de los siguientes carbohidratos asimilables: Mono-, Di-, Oligo- y Polisacáridos”*. El yogur entra en la categoría otros alimentos, los cuales deberán presentar una reducción no menor del 50 % p/p del contenido normal de carbohidratos asimilables en el producto listo para consumir.

Para el caso del yogur, se considera de interés el desarrollo de un producto endulzado con una menor cantidad de sacarosa, cuyo dulzor faltante es cubierto por otros endulzantes como lo pueden ser la sucralosa o la estevia. A continuación, se detallan sus principales características.

#### **Sacarosa**

La sacarosa es un disacárido compuesto de glucosa y fructosa que, comercialmente, proviene del procesamiento de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera. Posteriormente, se la somete a una refinación, mediante la cual se logra extraer los pigmentos amarillentos y marrones del producto para obtener así la forma de cristales blancos típica del azúcar de mesa. Desde el punto de vista tecnológico tiene un rol fundamental en los alimentos ya que influye en las características organolépticas, en el caso del yogur principalmente en el sabor. También lo hace sobre parámetros físicos, pudiendo afectar la viscosidad, y la actividad microbiana, influyendo sobre la fermentación, entre otras. Si bien es el endulzante más utilizado en los alimentos, en grandes dosis e ingestas constantes puede favorecer al desarrollo de sobrepeso y obesidad, hígado graso, enfermedades cardiovasculares y síndrome metabólico, entre otros. Por ello, las tendencias actuales de la industria alimentaria se relacionan con la reducción en su utilización y su reemplazo por otros endulzantes (Risso Patrón, 2016).

#### **Sucralosa**

Es un endulzante no nutritivo obtenido por la halogenación selectiva de la molécula de sacarosa, cuyo poder edulcorante es 600 veces mayor al de la sacarosa. Entre los beneficios de la sucralosa se destacan su buena solubilidad en agua y su excelente estabilidad en una amplia gama de alimentos y procesos. Este endulzante es el único que aporta un sabor similar al de la sacarosa, sin aportar calorías, debido a que el organismo humano no la descompone ni la

utiliza como fuente de energía. Además, no suele dejar regusto desagradable, a comparación de otros endulzantes (García-Almeida et al., 2013).

En cuanto a la salud, más de 100 estudios científicos han demostrado que la sucralosa es segura para ser utilizada como endulzante en la formulación de alimentos (Mancheno Mora, 2011).

### **Estevia**

Los componentes de la hoja de estevia que aportan dulzor son moléculas de glicósidos de diterpeno, entre los que se destacan los esteviósidos y el rebaudiósido A. Es así, que los esteviósidos son los glucósidos de esteviol más abundantes en dicha hoja, mientras que el rebaudiósido A es el que le sigue en proporción y es el que aporta un mejor sabor (García-Almeida et al., 2013). Estos compuestos se emplean como sustitutos del azúcar y presentan una aparición del sabor más lenta pero una duración más prolongada, aunque algunos de sus extractos pueden generar un sabor amargo al ser utilizados en altas concentraciones. Además, su poder edulcorante puede ser de hasta 300 veces mayor que el de la sacarosa.

La estevia es un endulzante natural que no aporta calorías significativas, teniendo en cuenta las cantidades consumidas habitualmente para edulcorar. Es estable al calor y adecuado para su uso en alimentos procesados. Además, puede ser utilizado por personas con diabetes tipo II, debido a que no se acumula en el cuerpo y reduce los niveles de glucosa en sangre (Jarma-Orozco, 2008).

## **5.7. Formulación del yogur**

Luego de la realización de las experiencias detalladas en la sección 5.4. *Experiencias realizadas* y del análisis de los datos recopilados a partir de las pruebas de análisis sensorial, se presentan dos posibles formulaciones para el yogur. La única diferencia que presentan estas formulaciones está dada por la variación de uno de los endulzantes, ya que recibieron la misma aceptabilidad sensorial. Por un lado, la formulación A contiene como endulzantes sacarosa y sucralosa. Por otro lado, la formulación B presenta estevia y sucralosa. Ambas formulaciones se muestran a modo comparativo en la Tabla 13 donde además, se detallan los componentes para las mismas. Vale aclarar que los porcentajes son en peso.

**Tabla 13.** Formulaciones del yogur descremado deslactosado.

<b>Componentes</b>	<b>Formulación A (%)</b>	<b>Formulación B (%)</b>
Leche descremada 0,5 % p/p	91,787	94,950
Leche en polvo descremada	3,676	3,803
Sacarosa	3,343	-
Estabilizante comercial E2	0,777	0,804
Inóculo	0,368	0,380
Enzima	0,036	0,037
Esencia de vainilla	0,009	0,010
Sucralosa	0,004	0,004
Estevia	-	0,012
<b>Total</b>	100,000	100,000

A partir de realizar un análisis del precio de los endulzantes, el resto del proyecto se realizó en base a la formulación que contiene sacarosa y sucralosa debido a que su precio es significativamente menor. Se arribó a este resultado a partir del cálculo del costo de sucralosa y estevia necesarios para producir 1 L de yogur. Al 10 de noviembre de 2019, se obtuvo de precios de mercado minorista que eran necesarios \$5,62 para producir 1L de yogur endulzado con estevia y \$0,25 para endulzar la misma cantidad de producto con sucralosa.

## 6. Proceso de elaboración del yogur

En este capítulo se desarrolla el diagrama de flujo del proceso de elaboración de yogur, junto con una descripción de cada una de las etapas.

### 6.1. Diagrama de flujo

En la Figura 29 se presenta un esquema del diagrama de flujo del proceso de elaboración de yogur descremado deslactosado.

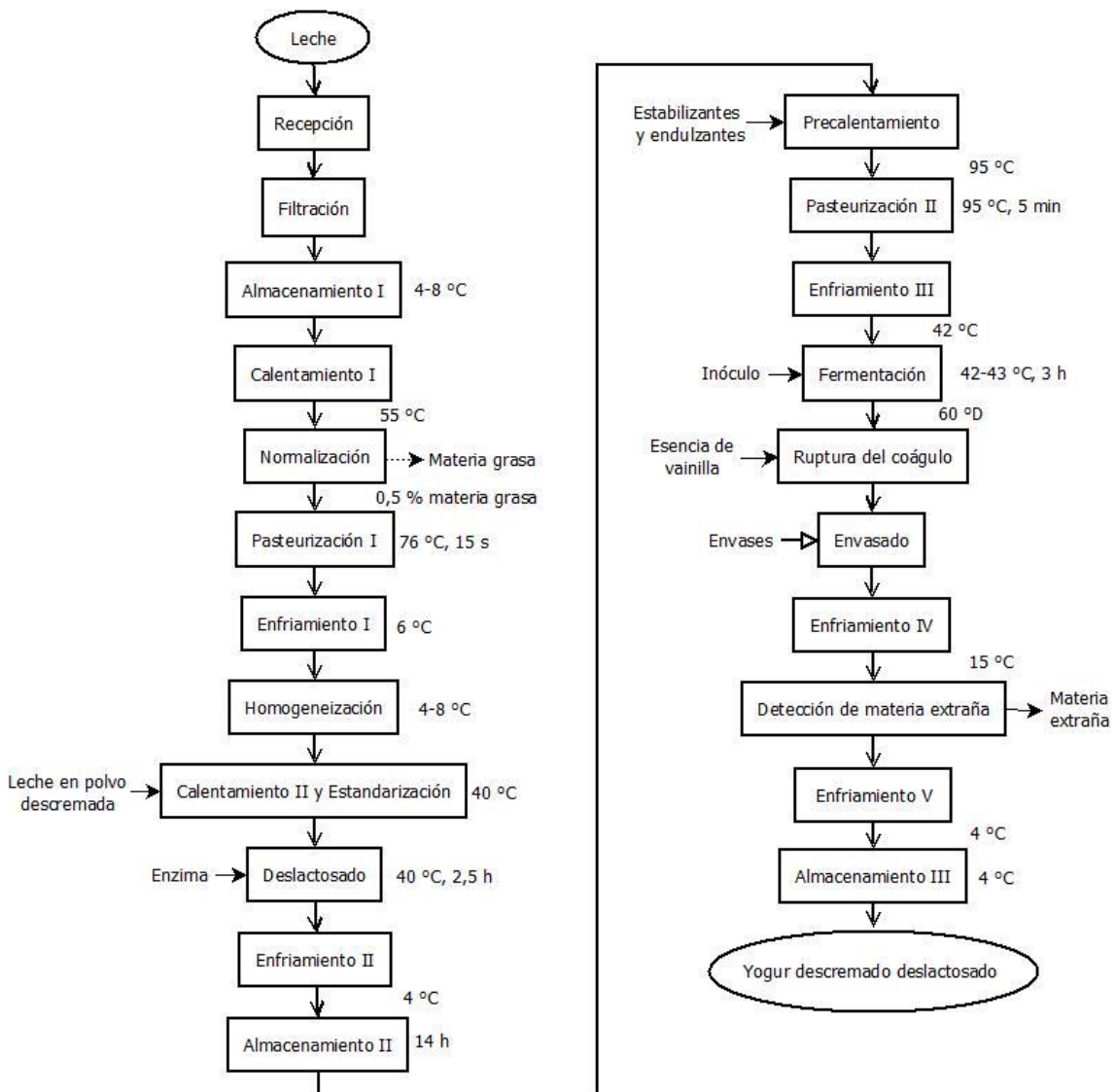


Figura 29. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del yogur descremado deslactosado.

### 6.2. Descripción de las etapas

#### Recepción de la leche

La leche proveniente de diferentes tambos es transportada hacia la planta en camiones cisterna, los cuales cuentan con equipos de refrigeración que permiten mantener la materia prima a una temperatura entre 4 y 8 °C. Cuando los camiones cargados ingresan a la planta, se

verifica la documentación del camión y del transportista y se hacen pruebas de calidad a la leche, previas a la descarga. Las mismas se detallan a continuación:

- **Test de inhibición biológica:** se realiza con el objetivo de detectar la presencia de antibióticos provenientes del animal. La presencia de antibióticos inhibiría la actividad microbiana del fermento y el yogur no se podría obtener.

Se utiliza el Test Eclipse 50. El mismo se basa en la inhibición del crecimiento microbiano. Se trata de un kit que se presenta en formato de microplaca, donde cada pocillo contiene el medio de agar extendido con esporas de *Bacillus stearothermophilus* más un indicador de pH. La placa se incuba a 65 °C por el lapso de 2,5 a 3 h. Las esporas germinan y crecen, reduciendo el pH del medio que cambiará el color inicial de azul-púrpura a verde-amarillo. Si las muestras de leche contienen una concentración de antibiótico más alta que el límite de detección de la prueba, se inhibe el crecimiento microbiano y la producción de ácido. Por lo tanto, no se observa cambio de color (Zeu Inmunotec, 2003).

- **Test de acidez:** se lleva a cabo para verificar que la leche no se encuentre acidificada por la presencia de bacterias lácticas, lo que denotaría alteración microbiana (Mena, 2019b).

Se utiliza la prueba de alcohol, la cual consiste en una prueba presuntiva para conocer el grado de acidez de la leche, y junto a esto la frescura de la misma. También sirve como método rápido para analizar el transporte de la materia prima en condiciones de refrigeración e higiene adecuadas y la estabilidad de la leche luego de la aplicación de los tratamientos térmicos. La técnica consiste en tomar una muestra de leche cruda y agregarle el mismo volumen de alcohol al 70 % v/v. Luego, se observa la presencia o ausencia de floculación. La micela caseínica, en presencia de una alta acidez, es desestabilizada frente a la deshidratación generada por el alcohol, lo que genera flóculos que se mantienen durante un período de tiempo prolongado. En caso positivo, la leche es rechazada ya que puede indicar una acidificación elevada por parte de bacterias lácticas. En caso negativo, donde los flóculos desaparecen rápidamente, se considera que el grado de acidez no excede los límites (Moreira, 2019).

### **Filtración**

Una vez controlada la materia prima, se la filtra con un sistema de mallas adosado a la cañería. Este tratamiento es requerido según la legislación (Código Alimentario Argentino) y se realiza para higienizar la leche y separar materiales extraños.

### **Almacenamiento I**

La planta cuenta con un tanque refrigerado donde se almacena la leche filtrada, se enfría hasta alcanzar los 4 °C y se mantiene a esta temperatura. Esta etapa tiene como objetivo aguardar el resultado del test de inhibición biológica el cual demora aproximadamente 3 h.

### **Calentamiento I**

La leche se hace pasar por un intercambiador de calor (Intercambiador I, zona B) para elevar su temperatura a 55 °C y así, obtener un desnatado óptimo ya que se logra una distribución

homogénea de la materia grasa y se restaura la fluidez de la misma (Freire Pérez, 2013; Moreira, 2019).

### **Normalización**

En esta etapa se normaliza el porcentaje de materia grasa presente en la leche utilizando una desnatadora centrífuga. Dicho equipo separa la fase acuosa de la fase grasa produciendo leche normalizada y materia grasa, utilizada para la elaboración de otros productos. Para la producción de yogur firme descremado, al finalizar esta etapa, la leche debe contener un máximo de grasa del 0,5 % p/p.

### **Pasteurización I**

La pasteurización es un tratamiento térmico cuyo principal objetivo es eliminar los microorganismos patógenos, evitando que presenten riesgos para la salud de los consumidores y así asegurar la inocuidad del producto. Para determinar el tiempo y la temperatura del proceso se emplean microorganismos patógenos indicadores que se encuentran comúnmente en la leche y cuya resistencia térmica es alta, como *Mycobacterium tuberculosis* y *Coxiella burnetii*. En segundo lugar, el proceso de pasteurización se realiza para disminuir la carga microbiana no patógena y para desnaturalizar enzimas que pueden provocar o acelerar alteraciones en el producto, con el objetivo de alargar la vida útil del mismo.

En esta etapa se lleva la leche a 76 °C en un intercambiador de calor (Intercambiador I, zona C) y se mantiene esa temperatura durante 15 s (Fennema, 2017) al hacer circular la leche por una cañería aislada de longitud adecuada.

### **Enfriamiento I**

La leche pasteurizada es enfriada de 76 a 6 °C en un intercambiador de calor (Intercambiador I, zona B y A). Esto se realiza con el objetivo de limitar el crecimiento de los microorganismos termófilos que pudieran estar presentes (Moran Santos, n.d.).

### **Homogeneización**

La leche se fuerza a pasar a través de un pequeño orificio con altas presiones, en un homogeneizador. De esta forma, se genera una emulsión con glóbulos de grasa pequeños y uniformes, con menor probabilidad de separarse en fases. Esta etapa, además, mejora la calidad del producto final (Marchini, 2019).

### **Calentamiento II y Estandarización**

Como se explica en la sección 9. *Diagrama de Gantt* la planta cuenta con 2 tanques encamisados agitados identificados como Fermentador I. En esta etapa la leche es transportada por cañerías hasta uno de dichos tanques (Fermentador I), según cuál se encuentre libre en el momento determinado. Se eleva su temperatura hasta 40 °C y se adiciona leche en polvo descremada. Dicho ingrediente se incorpora con el objetivo de lograr la consistencia deseada y aumentar la viscosidad del producto final, teniendo en cuenta que se debe alcanzar el porcentaje mínimo de extracto seco no graso exigido por el CAA para el yogur (8,2 g/100 g).

### **Deslactosado**

Se agrega la enzima lactasa y comienza el proceso de deslactosado el cual consiste en hidrolizar la lactosa y así obtener moléculas de glucosa y galactosa (ver sección 4.3.2. *Enzima*). Este proceso ocurre en el Fermentador I con agitación continua y se busca mantener una temperatura de 40 °C por 2,5 h, tiempo que fue determinado experimentalmente (ver sección 4.5.1. *Experiencia 1: determinación del tiempo de deslactosado*). Las condiciones de operación deben ser controladas ya que la temperatura óptima de la enzima es entre 35 y 45 °C, y si supera los 50 °C la enzima puede desnaturalizarse y el proceso de hidrólisis de la lactosa no se completa (CHR HANSEN, 2018).

### **Enfriamiento II**

Considerando que el plan de producción (ver sección 9. *Diagrama de Gantt*) implica almacenar la leche deslactosada hasta la elaboración de yogur, que comienza el día siguiente, es necesario enfriar la leche hasta una temperatura de 4 °C. De esta forma se evita el desarrollo microbiológico y, al estar por debajo de la temperatura óptima, se reduce la actividad enzimática (CHR HANSEN, 2018).

La leche es bombeada desde el Fermentador I hacia el Fermentador II, atravesando un intercambiador de placas (Intercambiador II).

### **Almacenamiento II**

La leche deslactosada y enfriada se almacena en el Fermentador II, a temperatura de refrigeración (4 °C), hasta que comienza la producción de yogur en la siguiente jornada de trabajo.

### **Pre calentamiento**

Una vez finalizado el período de almacenamiento, aún en el Fermentador II, se eleva la temperatura hasta 95 °C y se procede al agregado de estabilizantes y endulzantes (previamente fraccionados), de forma tal de favorecer la disolución de los mismos. Estos ingredientes le dan la textura y el dulzor deseados al yogur respectivamente. Se debe mantener la agitación continua para evitar la formación de grumos y la caramelización de azúcares.

### **Pasteurización II**

Esta etapa se realiza en el mismo tanque que las anteriores (Fermentador II), llevando la temperatura de la mezcla a 95 °C y manteniéndola por 5 min, con el objetivo de destruir los microorganismos patógenos y disminuir la carga microbiana alterante que puede provenir de las materias primas adicionadas después de la Pasteurización I. De esta forma, se busca asegurar la inocuidad y calidad del producto final y la ausencia de microorganismos competidores para las BAL.

Este proceso térmico desnaturaliza las proteínas por lo que tiene un rol clave en el aumento de la estabilidad del coágulo que se formará posteriormente y en la disminución de la sinéresis durante el almacenamiento del yogur. En dicha desnaturalización se liberan grupo SH- creando un ambiente reducido y se elimina el oxígeno disuelto. Estas condiciones favorecen el desarrollo de las bacterias lácticas microaerófilas. Es importante considerar que, en la leche



reposada luego de la pasteurización, las uniones SH- se recomponen y el oxígeno se redisuelve. Es por ello que la inoculación debe realizarse inmediatamente después (Freire Pérez, 2013; Moreira, 2019).

### **Enfriamiento III**

Luego de la Pasteurización II, la mezcla se enfría a una temperatura de 42 °C para poder realizar la inoculación con las BAL específicas para la formación del yogur. Esto se realiza en el Intercambiador II y la mezcla se transporta nuevamente hacia el Fermentador I que se encuentre libre en dicho momento.

### **Fermentación**

Una vez alcanzada la temperatura adecuada, se añade el fermento al tanque (Fermentador I). Este está constituido por las BAL *Lactobacillus delbrückii sub. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, cuya temperatura óptima de crecimiento ronda los 42 °C. Es así, que se mantiene dicha temperatura por aproximadamente 3 h, hasta alcanzar los 60 °D.

### **Ruptura del coágulo**

Una vez alcanzada la acidez adecuada, se procede a romper el coágulo con agitación, con el fin de lograr la fluidez necesaria para envasar el producto. Además, la agitación permite la homogeneización de la esencia de vainilla que se añade en esta etapa. Esta adición se realiza luego de los procesos térmicos para evitar su volatilización.

### **Envasado**

El yogur se transporta por gravedad desde el Fermentador I (ubicado en el primer piso) hasta la envasadora, la cual se encuentra en planta baja. La etapa de envasado del yogur consiste en fraccionar el producto en envases individuales, a los cuales se les coloca posteriormente una tapa de aluminio termosellada. Luego, se coloca la fecha de vencimiento correspondiente y el lote para la identificación y trazabilidad del producto.

### **Enfriamiento IV**

Luego del envasado, el yogur aún conserva la temperatura de fermentación (42 °C). Los potes circulan por una cinta transportadora atravesando un túnel de enfriamiento que le permite alcanzar los 20 °C. De esta manera se logra disminuir la carga térmica por producto que ingresará a la cámara de refrigeración en el Almacenamiento III.

### **Detección de materia extraña**

Al salir del túnel de frío, los potes atraviesan un equipo de detección por rayos X. El funcionamiento de este equipo se basa en la diferencia de densidad de la materia extraña con el producto (METTLER TOLEDO, 2018). De esta manera se realiza un control final del contenido del envase a fin de asegurar tanto la inocuidad como la calidad del producto.

### **Enfriamiento V**

A la salida del detector por rayos X, un operario coloca manualmente los potes en cajones plásticos y los palletiza. Luego, el producto ingresa a la cámara de enfriamiento donde su temperatura disminuye de 20 a 4 °C.

### **Almacenamiento III**

El producto final se mantiene en la cámara de refrigeración a una temperatura de 4 °C hasta su comercialización.

## 7. Balances

En esta sección se presentarán los balances de materia y energía involucrados en el proceso de elaboración de yogur descremado deslactosado. A partir de ellos, se podrá obtener la producción diaria de potes de yogur y, además, serán de utilidad para determinar los requerimientos de cada etapa.

A continuación, se indican las referencias de las abreviaturas utilizadas en lo que resta del trabajo:

E: Enzima

EN: Endulzantes

ES: Estabilizantes

EV: Esencia de vainilla

F: Fermento

LA: Leche con aditivos

LAP: Leche con aditivos pasteurizada

LC: Leche cruda

LD: Leche descremada

LDE: Leche descremada estandarizada

LDED: Leche descremada estandarizada deslactosada

LP: Leche descremada pasteurizada

LPD: Leche en polvo descremada

MG: Materia grasa

X: Variación de masa en la etapa de fermentación

Y: Yogur

YV: Yogur descremado deslactosado de vainilla

### 7.1. Balances de materia

Para poder plantear los balances de masa, ya sea el balance general o por etapas, es necesario basarse en la Ley de la Conservación de la Materia. Dicha ley establece que *“la masa no se crea ni se destruye, sólo se transforma”* y fue enunciada por el químico francés Antoine Laurent Lavoisier a finales del siglo XVIII (Rodríguez, 2017). La ecuación general para cualquier sistema se escribe a continuación:

$$\text{Acumulación} = \text{Entrada} + \text{Generación} - \text{Salida} - \text{Consumo}$$

Considerando que el proceso de elaboración de yogur ocurre en estado estacionario, la ecuación se simplifica de la siguiente manera:

$$0 = \text{Entrada} + \text{Generación} - \text{Salida} - \text{Consumo}$$

A partir de la determinación de volumen de producción (ver sección 3. *Determinación del volumen de producción*), se estableció que la producción anual será de 475080 kg de yogur, es decir, 2000 kg/día teniendo en cuenta que se trabajará 20 días por mes, los 12 meses del año.

Para conocer la cantidad de leche cruda a recepcionar para producir la cantidad de yogur deseada, se tuvo en cuenta el rendimiento experimental obtenido en la sección 5.4.5. *Experiencia 5: determinación experimental del rendimiento*. El mismo fue de 95 %,

partiendo de leche con un contenido de materia grasa del 0,5 % p/p, lo que permite calcular la masa total requerida de materia prima.

$$Masa\ total = 2000\ kg\ YV \cdot \frac{100}{95} = 2105\ kg$$

Al conocer la formulación del yogur a elaborar, se sabe que aproximadamente el 92 % de la misma es leche al 0,5 % p/p de materia grasa. De esta manera se obtiene la cantidad de LD requerida:

$$LD = 2105\ kg \cdot \frac{92}{100} = 1937\ kg$$

### 7.1.1. Balance de materia global del proceso

Se parte de la ecuación general:

$$0 = Entrada + Generación - Salida - Consumo$$

Luego, especificando con las corrientes de entrada y salida del proceso y simplificando los cálculos involucrados en la etapa de fermentación (considerando los términos de generación y consumo de forma conjunta como se explica posteriormente en la etapa de fermentación), se llega a la siguiente expresión:

$$0 = (LC + LPD + E + ES + EN + F + EV)_{Entrada} + (X)_{Generación-Consumo} - (YV + MG)_{Salida}$$

Es necesario aclarar que las cantidades de los ingredientes agregados fueron calculadas según la formulación informada en la sección 5.7. *Formulación del yogur*.

### 7.1.2. Balances de materia por etapas

#### Recepción

En esta etapa no existen variaciones en la cantidad de masa, por lo que la ecuación general se reduce a:

$$0 = Entrada - Salida$$

#### Filtración

En esta etapa se considera la separación de materia extraña que pudiera provenir del tambo. Pero, sabiendo que se aplican buenas prácticas de producción primaria, se desprecian las pérdidas de masa.

#### Almacenamiento I y Calentamiento I

En estas etapas no se presentan variaciones en la cantidad de masa, por lo que la ecuación general se reduce a:

$$0 = Entrada - Salida$$

#### Normalización

En esta etapa se separa parte de la MG presente en la leche cruda de forma tal de obtener LD con un porcentaje de grasa del 0,5 % p/p. Además, considerando que la desnatadora es autodeslodante (ver sección 8.3.3. *Desnatadora*) y que, por lo tanto, existe una corriente de lodos, se considera que la misma es de masa despreciable frente a las corrientes de LD y MG.

#### *Balance general*

Por las características de la etapa, la ecuación general resulta:

$$0 = Entrada - Salida$$

Especificando con la denominación de las corrientes involucradas se obtiene:

$$0 = (LC)_{Entrada} - (LD + MG)_{Salida}$$

### *Balance por componente*

La última ecuación se puede especializar en función del contenido graso de cada corriente, con el fin de calcular LC. Dicho contenido se expresa en fracciones másicas y se simboliza con  $x$ .

$0 = (\text{Contenido graso LC})_{\text{Entrada}} - (\text{Contenido graso LD} + \text{Contenido graso MG})_{\text{Salida}}$   
Reordenando:

$$LC \cdot x = LD \cdot x_{LD} + MG \cdot x_{MG}$$

El contenido de MG se puede expresar como la diferencia entre la cantidad de leche cruda recepcionada y la leche descremada obtenida:

$$MG = LC - LD$$

El porcentaje de sólidos grasos de LC (3,5 g graso/100 g de leche) se obtuvo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2019) y el porcentaje de sólidos grasos de MG (54 g graso/100 g de crema) se consideró mayor al máximo establecido en el Artículo 585 del CAA para la crema de leche (50 g graso/100 g de crema) ya que luego se estandariza para obtener dicho producto (Mena, 2019b).

Reemplazando:

$$LC \cdot x = LD \cdot x_{LD} + (LC - LD) \cdot x_{MG}$$

$$LC \cdot 0,035 = 1937 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \cdot 0,005 + \left( LC - 1937 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \right) \cdot 0,54$$

$$LC = \frac{1937 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \cdot (0,005 - 0,54)}{0,035 - 0,54} = 2052 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

### **Pasteurización I y Enfriamiento I**

Se considera que, durante la etapa de pasteurización y posterior enfriamiento de leche cruda, la pérdida de agua es despreciable ya que se realiza en un intercambiador de placas, en un circuito cerrado. Por lo tanto, se mantiene la masa calculada en la etapa anterior. El balance resulta:

$$0 = \text{Entrada} - \text{Salida}$$

$$0 = LD - LP$$

### **Homogeneización**

En esta etapa se desprecian las pérdidas de masa debido a que el único objetivo que persigue es el de disminuir el tamaño de los glóbulos de grasa.

### **Calentamiento II y Estandarización**

En esta etapa se realiza la incorporación de leche descremada en polvo (LPD) para obtener leche descremada estandarizada (LDE). De aquí en adelante, los agregados que se incorporan se realizan en base a la formulación detallada en la sección 5.7. *Formulación del yogur*.

### *Balance general*

Por las características de la etapa, la ecuación general resulta:

$$0 = \text{Entrada} - \text{Salida}$$

Especificando con la denominación de las corrientes involucradas se obtiene:

$$0 = (LP + LPD)_{\text{Entrada}} - (LDE)_{\text{Salida}}$$

Reordenando y reemplazando los valores numéricos:

$$LDE = 1937 \frac{\text{kg}}{\text{día}} + 77,6 \frac{\text{kg}}{\text{día}} = 2014,6 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

### *Balance por componentes*

El Artículo 555 del CAA establece que el extracto seco no graso de LC debe ser como mínimo de 8,2 g/100 g. Se supone que la cantidad que se desprende en las corrientes de MG y lodos es despreciable. Por otro lado, se considera que los sólidos no grasos de la leche en polvo son proteínas y azúcares. Del Artículo 567 del CAA se puede determinar que la suma de estos dos componentes representa el 69 %.

Reordenando y especializando el balance anterior donde  $x$  representa la fracción másica de sólidos no grasos, resulta:

$$LP \cdot x_{LP} + LPD \cdot x_{LPD} = LDE \cdot x_{LDE}$$
$$1937 \frac{kg}{día} \cdot 0,082 + 77,6 \frac{kg}{día} \cdot 0,69 = 2014,6 \frac{kg}{día} \cdot x_{LDE}$$
$$x_{LDE} = 0,11$$

El contenido de sólidos no grasos en la leche descremada estandarizada resulta ser un 11 % p/p.

### **Deslactosado**

En esta etapa se considera el agregado de enzima, obteniendo como resultado leche descremada estandarizada deslactosada (LDED). Por las características de la etapa, la ecuación general resulta:

$$0 = \text{Entrada} - \text{Salida}$$

Especificando con la denominación de las corrientes involucradas se obtiene:

$$0 = (LDE + E)_{\text{Entrada}} - (LDED)_{\text{Salida}}$$

Reordenando y reemplazando los valores numéricos:

$$LDED = 2014,6 \frac{kg}{día} + 0,76 \frac{kg}{día} = 2015,36 \frac{kg}{día}$$

### **Enfriamiento II y Almacenamiento II**

En el Enfriamiento II la masa de LDED se hace circular por un intercambiador de calor (Intercambiador II), trasladándola de un fermentador a otro (del I al II), en el cual es almacenada (Almacenamiento II). Por lo tanto, no se consideran variaciones en la masa.

### **Precaentamiento**

Esta etapa involucra el agregado de estabilizantes (ES) y endulzantes (EN) a la LDED para obtener leche aditivada (LA). Por las características de la etapa, la ecuación general resulta:

$$0 = \text{Entrada} - \text{Salida}$$

Especificando con la denominación de las corrientes involucradas se obtiene:

$$0 = (LDED + ES + EN)_{\text{Entrada}} - (LA)_{\text{Salida}}$$

Reordenando y reemplazando los valores numéricos:

$$LA = 2015,36 \frac{kg}{día} + 16,4 \frac{kg}{día} + 70,63 \frac{kg}{día} = 2102,39 \frac{kg}{día}$$

### **Pasteurización II**

Durante la etapa de pasteurización de los aditivos, la única pérdida de masa que podría considerarse es el agua. Al realizarse en un tanque cerrado, se la considera despreciable. El balance general resulta:

$$0 = \text{Entrada} - \text{Salida}$$

Especificando con los nombres de las corrientes, se obtiene leche con aditivos pasteurizada (LAP) a partir de la leche aditivada:

$$0 = LA - LAP$$

### **Enfriamiento III**

Esta etapa consiste en disminuir la temperatura de la LAP para permitir la etapa posterior de fermentación. Se realiza en el Intercambiador II y se mantiene la misma masa.

### **Fermentación**

A escala laboratorio, el inóculo se preparó, previo a la adición, disolviendo 1 sobre de fermento comercial en 1 L de LP, del cual se tomó el volumen necesario (Mena, 2019b). Para la cantidad de LAP utilizada (2102,39 kg) son requeridos 7,8 kg de la solución de inóculo recién mencionada.

En este balance debe tenerse en cuenta el aporte de la biomasa generada en esta etapa. Dicho aporte se obtuvo de datos experimentales obtenidos a escala laboratorio, siendo el mismo un 0,84 % de la LP dando como resultado una masa de 16,27 kg diarios.

Por las características de la etapa, la ecuación general resulta:

$$0 = \text{Entrada} + \text{Generación} - \text{Salida} - \text{Consumo}$$

Especificando con la denominación de las corrientes involucradas se obtiene:

$$0 = (LAP + F)_{\text{Entrada}} + (X)_{\text{Generación-Consumo}} - (Y)_{\text{Salida}}$$

Reordenando y reemplazando los valores numéricos:

$$Y = 2102,39 \frac{\text{kg}}{\text{día}} + 7,8 \frac{\text{kg}}{\text{día}} + 16,27 \frac{\text{kg}}{\text{día}} = 2126,46 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

### **Ruptura del coágulo**

En esta etapa se incorpora al coágulo formado la esencia de vainilla (EV) y se realiza un mezclado hasta lograr una composición homogénea.

Por las características de la etapa, la ecuación general resulta:

$$0 = \text{Entrada} - \text{Salida}$$

Especificando con la denominación de las corrientes involucradas se obtiene:

$$0 = (Y + EV)_{\text{Entrada}} - (YV)_{\text{Salida}}$$

Reordenando y reemplazando los valores numéricos:

$$YV = 2126,46 \frac{\text{kg}}{\text{día}} + 0,19 \frac{\text{kg}}{\text{día}} = 2126,65 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

### **Desde Envasado hasta Almacenamiento III**

En las etapas de Envasado, Enfriamiento IV, Detección de materia extraña, Enfriamiento V y Almacenamiento III, se consideran iguales los caudales de entrada y salida, por lo que el balance general resulta:

$$0 = \text{Entrada} - \text{Salida}$$

Se envasan 2126,65 kg de yogur descremado deslactosado por día. Teniendo en cuenta que el envase posee un contenido neto de 160 g, se elaboran 13291 potes/día.

## 7.2. Balances de energía

Al diseñar un proceso, además de tener en cuenta los balances de materia, también es necesario hacer un análisis de la energía requerida o liberada en las distintas etapas para poder calcular el requerimiento de energía total. En algunas etapas del proceso el objetivo principal es el aprovechamiento máximo del calor. Es por ello que se recurre al aislamiento de los equipos y cañerías o la utilización de materiales con bajas conductividades térmicas. En otras, en cambio, se busca que la resistencia a la transferencia de calor sea mínima para que el ascenso o descenso de temperatura del producto sea lo más rápido posible (Rodríguez, 2017).

Partiendo del principio de conservación de la energía se sabe que la energía puesta en juego en un proceso no se crea ni se destruye, sólo puede cambiar de forma. Por lo tanto, el balance para cualquier sistema se puede expresar de la siguiente manera:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Energía total} \\ \text{que entra en el} \\ \text{sistema} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{Energía total} \\ \text{que sale del} \\ \text{sistema} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Cambio en la} \\ \text{energía total} \\ \text{del sistema} \end{array} \right\}$$

La energía es una propiedad y si el estado del sistema no cambia, su valor no se modifica. Esto es lo que constituye un sistema en estado estacionario. En estos sistemas, la velocidad de transferencia de energía que ingresa es la misma que la que se transfiere hacia afuera. Como se observa en la Figura 30, dicha energía puede transferirse en forma calor, trabajo y flujo de masa.



Figura 30. Esquema de velocidad de transferencia de energía en un sistema estacionario.

En el proceso de elaboración de yogur descremado deslactosado, los cambios de energía que están implicados en las etapas, se relacionan principalmente con los cambios de temperatura que tienen lugar (energía térmica). Para su análisis, es conveniente plantear un balance general de calor que se puede expresar de la siguiente manera:

$$Q_{Entrada} - Q_{Salida} + E_{Generación} = \Delta E_{Térmica \text{ del sistema}}$$

El término de generación de energía ( $E_{Generación}$ ) tiene en cuenta la conversión de las energías nuclear, química, mecánica y eléctrica hacia térmica (Çengel y Ghajar, 2011). En el proceso no existen las de tipo nuclear ni eléctrica. En las etapas que tienen lugar las reacciones químicas o que se agita el sistema (energías química y mecánica, respectivamente), se controla la temperatura externamente por lo que se las considera despreciables. Además, al ser un sistema en estado estacionario  $\Delta E_{Sistema} = 0$ .

El cambio en la energía total de un sistema, consiste básicamente en el cambio de la energía interna. Esto vale en ausencia de otros efectos significativos tales como eléctricos, magnéticos, de movimiento, etc. Además, si el sistema tiene una masa fija, los cambios en las energías cinética y potencial son despreciables y no se tiene interacción de trabajo, la relación de balance de energía puede expresarse:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$



Donde Q es la cantidad neta de la transferencia de calor que entra o sale del sistema, m es la masa del sistema, Cp es el calor específico y ΔT la variación de temperatura, como final menos inicial (Çengel y Ghajar, 2011).

Se procede a realizar el análisis de energía para las etapas del proceso.

### **7.2.1. Balances de energía por etapas**

Se busca obtener un requerimiento energético por etapas en unidades de kJ para luego utilizar estos valores en el dimensionamiento de los equipos que sean necesarios. Cabe mencionar que un valor positivo de Q significa una ganancia de energía para el sistema mientras que un valor negativo implica una pérdida hacia el exterior.

#### **Recepción y Filtración**

En estas etapas no existe una variación en la temperatura y se considera que las ganancias o pérdidas de energía a través de las cañerías de transporte son despreciables, ya que el tiempo requerido es reducido, por lo que el balance general resulta:

$$Q = m \cdot Cp \cdot \Delta T = 0$$

#### **Almacenamiento I**

En esta etapa es necesario refrigerar 2052 kg de LC. Se considera el caso más crítico en el cual la leche ingresa a esta etapa con una temperatura de 8 °C y se desea almacenarla a 4 °C.

El calor específico de la leche cruda se obtuvo de datos bibliográficos (Espindola y Madeira, 2007). El balance general resulta:

$$Q = m (LC) \cdot Cp (LC) \cdot \Delta T$$
$$Q = 2052 \text{ kg} \cdot 3,9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (4 - 8) ^\circ\text{C} = -32011 \text{ kJ}$$

Este requerimiento de energía se abastece con el equipo de refrigeración propio del tanque. Además, se considera que la absorción de calor a través de las paredes del equipo es depreciable debido a la baja tasa de absorción de calor (ver sección 8.3.2. *Tanque refrigerado*).

#### **Calentamiento I**

Esta etapa tiene lugar en el intercambiador de placas que se detalla en la sección 8.2.1.1. *Intercambiador I: Calentamiento I, Pasteurización I y Enfriamiento I*. La LC sufre un incremento de temperatura por lo que el balance general resulta:

$$Q = m (LC) \cdot Cp (LC) \cdot \Delta T$$
$$Q = 2052 \text{ kg} \cdot 3,9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (55 - 4) ^\circ\text{C} = 408143 \text{ kJ}$$

#### **Normalización**

La corriente de LC proveniente del intercambiador pasa por la desnatadora y se vuelve a introducir en el intercambiador. Se considera que la variación de temperatura que puede darse en esa etapa es despreciable.

#### **Pasteurización I**

Para realizar esta operación es necesario elevar la temperatura de la corriente de leche descremada proveniente de la desnatadora de 55 °C hasta 76 °C (en la zona C del

Intercambiador I) y mantenerla a esta temperatura por el lapso de 15 s. Dicho mantenimiento se realiza haciendo circular la leche por una cañería cuyas dimensiones la retienen por el tiempo necesario.

Considerando la reducción del contenido de MG de la leche de 3,5 a 0,5 % p/p en la etapa de Normalización, el Cp de LP se asemeja al del agua (4,18 kJ/kg °C). El balance que involucra dicha variación es el siguiente:

$$Q = m (LP) \cdot Cp (LP) \cdot \Delta T$$

$$Q = 1937 \text{ kg} \cdot 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (76 - 55) ^\circ\text{C} = 170030 \text{ kJ}$$

### **Enfriamiento I**

Esta operación se da en las zonas A y B del Intercambiador I (ver sección 8.2.1.1. *Intercambiador I: Calentamiento I, Pasteurización I y Enfriamiento I*).

La corriente de LP atraviesa primero la zona B, aquí el intercambio de calor se da entre LC fría y LP caliente. Debido a ello la energía no debe ser proporcionada por una corriente de servicio. El balance para esta primera parte es el que sigue:

$$Q_B = m (LP) \cdot Cp (LP) \cdot \Delta T$$

$$Q_B = 1937 \text{ kg} \cdot 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (24,9 - 76) ^\circ\text{C} = -413739 \text{ kJ}$$

Luego, la LP ingresa a la zona A donde es enfriada hasta la temperatura de refrigeración (6 °C) mediante el intercambio de calor con una corriente refrigerante formada por una mezcla de agua y propilenglicol a -10 °C. El balance de calor resulta:

$$Q_A = 1937 \cdot 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (6 - 24,9) ^\circ\text{C} = -153027 \text{ kJ}$$

### **Homogeneización**

La corriente de LP proveniente del Intercambiador I pasa por el homogeneizador. Se considera que la variación de temperatura que puede darse en esa etapa es despreciable.

### **Calentamiento II y Estandarización**

En esta etapa se realiza un incremento de temperatura para alcanzar los 40 °C necesarios para el deslactosado y la incorporación de leche en polvo descremada (LPD). Esta etapa se lleva a cabo en el Fermentador I mediante la circulación de vapor por el encamisado.

Para calcular el calor específico de la leche descremada estandarizada (LDE), se realiza un promedio ponderado con los calores específicos de la LPD y la leche descremada (LD) (Bocci y Casas, 2013; Lacasa Godina, 1985). Además, se consideraron los porcentajes de cada materia prima en esta etapa, obtenidas del balance de masa (Tabla 14):

**Tabla 14.** Porcentajes de las materias primas en el Calentamiento II y Estandarización.

Materia prima	Masa [kg]	Porcentaje en la etapa [%]
LD	1937	96,1
LPD	77,6	3,9

$$Cp (LDE) = 0,039 \cdot Cp (LPD) + 0,961 \cdot Cp (LD)$$

$$Cp (LDE) = 0,039 \cdot 1,26 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} + 0,961 \cdot 4,18 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} = 4,07 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$$

Luego, el balance resulta:

$$Q = m (LDE) \cdot Cp (LDE) \cdot \Delta T$$

$$Q = 2014,6 \text{ kg} \cdot 4,07 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \cdot (40 - 6) ^\circ C = 278780 \text{ kJ}$$

### **Deslactosado**

En esta etapa es necesario mantener la temperatura de 40 °C por un tiempo de 2,5 h. Debido a que se trata de una operación crítica del proceso en la cual es importante el mantenimiento de la temperatura, se calcula la pérdida de calor ocasionada por el equipo y se evalúa si es o no significativa. Para ello, se utiliza la ecuación de diseño:

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

Donde q es el calor por unidad de tiempo que debe extraerse en W, U es el coeficiente global de transferencia de calor en W/m<sup>2</sup> K, A es el área de transferencia en m<sup>2</sup> y ΔT la diferencia de temperatura en °C entre el interior y el exterior del tanque.

Para calcular U y A se tuvieron en cuenta las características del tanque, descritas en la sección 8.3.5. *Fermentador*. Se parte de saber:

$$U = \left( \frac{1}{h_i} + R_f + \frac{e}{k} + \frac{1}{h_o} \right)^{-1}$$

Donde h<sub>i</sub> y h<sub>o</sub> son los coeficientes de transferencia de calor dentro y fuera del tanque respectivamente en W/m<sup>2</sup> °C, R<sub>f</sub> la resistencia de ensuciamiento de la leche en W/m<sup>2</sup> °C, e el espesor en m y k la conductividad térmica en W/m °C, ambos del aislante (espuma de poliuretano).

Cabe aclarar que R<sub>f</sub> se obtuvo de bibliografía (Espindola y Madeira, 2007), siendo su valor de 1,72x10<sup>-5</sup> W/m<sup>2</sup> °C. Por otra parte, al tratarse de un tanque agitado, el valor h<sub>i</sub> es elevado por lo que se desprecia el término que lo contiene. El valor de h<sub>o</sub> se obtuvo del ASHRAE Refrigeration Handbook (2018), como valor frecuente para aire calmo, siendo 10 W/m<sup>2</sup> °C. Por último, el valor de e (0,05 m) se obtuvo de la especificación del fabricante y k se obtuvo de bibliografía (FAO, 2005), siendo de 0,026 W/m °C.

Además, para calcular el área de transferencia se consideró la totalidad de la superficie del tanque teniendo en cuenta tanto las paredes laterales como la superficie superior e inferior. Por otro lado, la diferencia de temperatura considera la temperatura del líquido dentro del tanque (40 °C) y la temperatura ambiente promedio anual (15 °C).

En la Tabla 15 se presentan los resultados obtenidos:

**Tabla 15.** Parámetros de la ecuación de diseño y el calor perdido durante el Deslactosado.

Parámetro	Valor
U	0,5 W/ m <sup>2</sup> °C
A	14,2 m <sup>2</sup>
ΔT	25 °C
q	175,5 W
Q	-1565,6 kJ

El valor calculado de Q representa sólo el 0,56 % de la energía requerida para el Calentamiento II y Estandarización. De esta manera, se considera que puede despreciarse la pérdida de calor durante el Deslactosado.

### **Enfriamiento II**

Luego de deslactosar, la LDED es enfriada en el Intercambiador II de 40 a 4 °C mediante la circulación en la camisa de la mezcla de propilenglicol y agua a -10 °C. El balance involucrado es el siguiente:

$$Q = m (LDED) \cdot Cp (LDED) \cdot \Delta T$$

$$Q = 2015,36 \text{ kg} \cdot 4,07 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (4 - 40) ^\circ\text{C} = -295291 \text{ kJ}$$

### **Almacenamiento II**

La temperatura de 4 °C alcanzada en la etapa anterior debe mantenerse por el lapso de tiempo necesario hasta comenzar la etapa siguiente, a fin de no perder la cadena de frío del producto. Para ello se considera como intercambio energético la ganancia de calor proveniente del ambiente a través de las paredes del Fermentador II. Para conocer si esta ganancia es significativa o no, se analiza de igual manera que se realizó para la etapa de Deslactosado. Debe tenerse en cuenta que la duración de la etapa es de 15,5 h y el mismo se determina en la sección 8.4. *Determinación de la duración de las etapas.*

En la Tabla 16 se muestran los valores obtenidos:

**Tabla 16.** Parámetros de la ecuación de diseño y el calor ganado durante el Almacenamiento II.

Parámetro	Valor
U	0,5 W/ m <sup>2</sup> °C
A	14,2 m <sup>2</sup>
ΔT	11 °C
q	78,1 W
Q	4358 kJ

El valor calculado de Q representa sólo el 1,47 % de la energía requerida para el Enfriamiento II. De esta manera, se considera que puede despreciarse la ganancia de calor durante el Almacenamiento II.

### **Pre calentamiento**

En esta etapa se realiza un incremento de temperatura para alcanzar los 95 °C necesarios para la pasteurización de los ingredientes secos incorporados.

Para calcular el calor específico de la leche con aditivos (LA), se realiza un promedio ponderado con los calores específicos de la leche en polvo descremada (LPD), la leche descremada (LD) y la sacarosa (Cervantes Espinosa, n.d.). Los calores específicos de la sucralosa y del estabilizante se consideran iguales al de la sacarosa, por ser todos polvos de bajo contenido de agua. Los ingredientes secos se simbolizan con EN+ES. Se consideraron los porcentajes de cada materia prima en esta etapa, obtenidas del balance de masa (

**Tabla 17):**

**Tabla 17.** Porcentajes de las materias primas en el Precalentamiento.

Materia prima	Masa [kg]	Porcentaje en la etapa [%]
LPD	77,6	4
LD	1937	92
EN+ES	86,98	4

$$C_p (LA) = 0,04 \cdot C_p (LPD) + 0,92 \cdot C_p (LD) + 0,04 \cdot C_p (EN + ES)$$

$$C_p (LA) = 0,04 \cdot 1,26 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} + 0,92 \cdot 4,18 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} + 0,04 \cdot 1,26 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} = 3,95 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$$

Luego, el balance resulta:

$$Q = m (LA) \cdot C_p (LA) \cdot \Delta T$$

$$Q = 2102,39 \text{ kg} \cdot 3,95 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \cdot (95 - 4) ^\circ C = 755704 \text{ kJ}$$

### **Pasteurización II**

La temperatura de 95 °C alcanzada en la etapa anterior debe mantenerse por un lapso de 5 min. Al tratarse de una etapa en la cual el tiempo y temperatura deben estar garantizados para asegurar la inocuidad del producto, se estiman las pérdidas de calor al ambiente a fin analizar su significancia. Esto se realiza de igual manera que se realizó en el Deslactosado.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 18:

**Tabla 18.** Parámetros de la ecuación de diseño y el calor perdido durante la Pasteurización II.

Parámetro	Valor
U	0,5 W/ m <sup>2</sup> °C
A	14,2 m <sup>2</sup>
ΔT	80 °C
q	568 W
Q	-170,4 kJ

El valor calculado de Q representa sólo el 0,02 % de la energía requerida para el Precalentamiento. De esta manera, se considera que puede despreciarse la pérdida de calor durante la Pasteurización II.

### **Enfriamiento III**

Luego de pasteurizar, la LAP es enfriada en el Intercambiador II de 95 a 42 °C. El balance involucrado es el siguiente:

$$Q = m (LAP) \cdot C_p (LAP) \cdot \Delta T$$

$$Q = 2102,39 \text{ kg} \cdot 3,95 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \cdot (42 - 95) ^\circ C = -440135 \text{ kJ}$$

### **Fermentación**

En esta etapa es necesario mantener la temperatura de 42 °C por un tiempo de 3 h. El mantenimiento de la temperatura durante la Fermentación es esencial, ya que es la temperatura óptima de crecimiento de las BAL y repercute directamente en la calidad del producto formado. Es por ello, que se estiman las pérdidas de calor al ambiente a fin analizar su significancia de igual manera que se realizó en el Deslactosado.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 19:

**Tabla 19.** Parámetros de la ecuación de diseño y el calor perdido durante la Fermentación.

Parámetro	Valor
U	0,5 W/ m <sup>2</sup> °C
A	14,2 m <sup>2</sup>
ΔT	27 °C
q	191,7 W
Q	-2070,4 kJ

El valor calculado de Q representa sólo el 0,47 % de la energía requerida para el Enfriamiento III. De esta manera, se considera que puede despreciarse la pérdida de calor durante la Fermentación.

#### **Ruptura de coágulo y Envasado**

El yogur (Y) es agitado en el tanque de fermentación y luego se direcciona hacia el sector de envasado. Se considera que la variación de temperatura que puede darse en estas etapas es despreciable y no se realiza una estimación de la misma ya que la temperatura no es un parámetro crítico en estas etapas.

#### **Enfriamiento IV**

Los potes de yogur de vainilla (YV) circulan en una cinta en un túnel de enfriamiento donde circula aire frío a 0 °C (ver sección 8.2.2. *Túnel de enfriamiento*). El balance que resulta es el siguiente:

$$Q = m (YV) \cdot Cp (YV) \cdot \Delta T$$

$$Q = 2126,65 \text{ kg} \cdot 3,95 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot (20 - 42)^\circ\text{C} = -184806 \text{ kJ}$$

#### **Detección de materia extraña**

Los potes de yogur que salen del túnel atraviesan el detector por rayos X. No se consideran variaciones de temperatura en esta etapa.

#### **Enfriamiento V y Almacenamiento III**

Ambas etapas se llevan a cabo en una cámara frigorífica, los balances involucrados se detallan en la sección 8.2.3. *Cámara frigorífica*, donde se especifica el diseño de la misma.

## 8. Descripción de equipos y duración de las etapas para la elaboración de yogur

El objetivo de esta sección es determinar el diagrama tecnológico de la elaboración de yogur descremado deslactosado. Además, se realizará una descripción de los equipos seleccionados y/o diseñados para cada proceso y se detallará el tiempo de cada etapa.

### 8.1. Diagrama tecnológico

A continuación, se presenta el diagrama tecnológico para la elaboración de yogur descremado deslactosado (Figura 31).

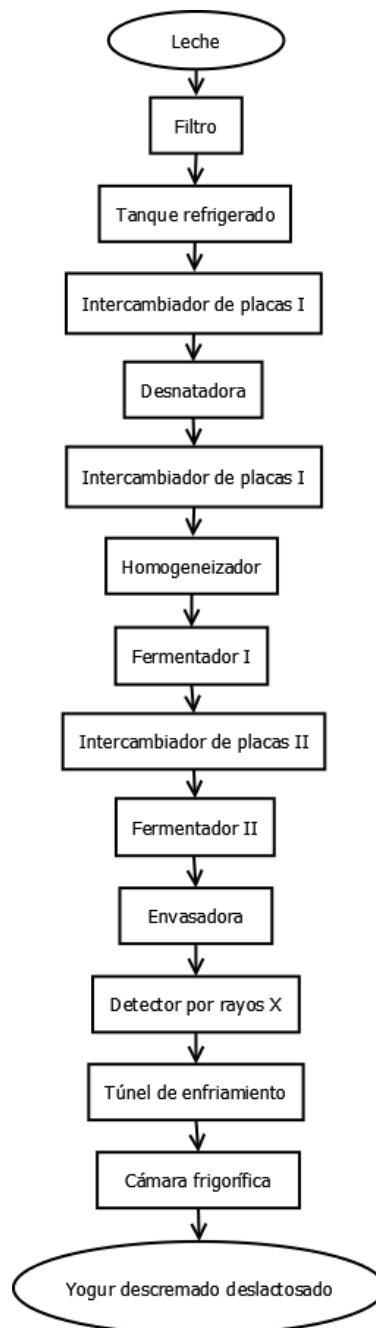


Figura 31. Diagrama tecnológico para la elaboración de yogur descremado deslactosado.





A continuación, se detallan los parámetros a tener en cuenta para el diseño de esta sección del equipo (Tabla 20):

**Tabla 20.** Propiedades de la leche para la zona B.

	Leche (fluido frío)	Leche (fluido caliente)
<b>Temperatura de entrada</b>	4 °C	76 °C
<b>Temperatura de salida</b>	55 °C	-
<b>Densidad (<math>\rho</math>)</b>	1031 kg/m <sup>3</sup> (CAA, 2019)	1031 kg/m <sup>3</sup> (CAA, 2019)
<b>Calor específico (<math>C_p</math>)</b>	3900 J/kg °C	3900 J/kg °C
<b>Viscosidad (<math>\mu</math>)</b>	0,0016 kg/m s	0,0016 kg/m s
<b>Conductividad térmica (<math>k</math>)</b>	0,561 W/m °C	0,561 W/m °C
<b>Número de Prandtl (<math>Pr</math>)</b>	11,02	11,02
<b>Resistencia de ensuciamiento (<math>R_f</math>)</b>	1,72x10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup> °C/W	1,72x10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup> °C/W

Se decide trabajar con un caudal de LC de 0,00056 m<sup>3</sup>/s de manera de tratar la totalidad de la leche recibida en el lapso de 1 h. Se considera que las propiedades descritas con anterioridad se mantienen constantes en el rango de temperaturas de trabajo.

A partir del caudal volumétrico y la densidad de la leche, se obtiene el caudal másico:

$$W = 0,00056 \frac{m^3}{s} \cdot \rho = 0,57 \frac{kg}{s}$$

Se calcula el calor intercambiado por unidad de tiempo ( $q$ ) durante este proceso, en función del fluido frío:

$$q = W \cdot C_p \cdot (t_2 - t_1) = 113373 \text{ W}$$

El calor será entregado por el fluido caliente, por lo que se puede calcular su temperatura de salida, sabiendo que el caudal se mantiene constante:

$$q = W \cdot C_p \cdot (T_1 - T_2) \quad \Rightarrow \quad T_2 = 24,9 \text{ °C}$$

Al conocer todas las temperaturas en juego, se puede calcular la diferencia de temperatura media logarítmica:

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} = 20,9 \text{ °C}$$

A partir de conocer este valor, se puede comenzar el cálculo por iteración de la configuración del intercambiador.

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Proponer la cantidad de placas ( $N_p$ ), alto ( $a$ ) y ancho ( $b$ ).
2. Obtener el área de intercambio total ( $Ad$ ) y el área transversal de cada paso ( $S$ ) teniendo en cuenta la separación entre placas.

$$Ad = N_p \cdot a \cdot b \quad S = e \cdot b$$

3. Calcular el caudal másico que atraviesa el equipo ( $m$ ), para ambos fluidos.

$$m = \frac{2 \cdot W}{Np + 1}$$

4. Calcular la velocidad de cada fluido (u).

$$u = \frac{m}{\rho \cdot S}$$

5. Calcular el diámetro equivalente (De).

$$De = \frac{4 \cdot e \cdot b}{2 \cdot (e + b)}$$

6. Obtener el valor del número de Reynolds (Re) para cada fluido.

$$Re = \frac{\rho \cdot De \cdot u}{\mu}$$

7. Calcular el número de Nusselt (Nu) para cada fluido.

$$Nu = 0,4 \cdot Pr^{0,4} \cdot Re^{0,64}$$

8. Calcular el coeficiente de transferencia de calor (h) para cada fluido.

$$h = \frac{k \cdot Nu}{De}$$

9. Calcular el coeficiente global (U), teniendo en cuenta el h y el Rf de cada fluido.

$$U = \frac{1}{2 \cdot \frac{1}{h} + 2 \cdot Rf}$$

10. Calcular el área necesaria para transmitir el calor (An) a partir de la ecuación de diseño para la transferencia de calor.

$$An = \frac{q}{U \cdot \Delta T_{ml}}$$

Si el área necesaria es mayor a la disponible del equipo, se deberá volver a realizar los cálculos. En caso de que sea igual o menor, los valores supuestos son correctos y se finaliza el cálculo.

A partir de datos bibliográficos (Espindola y Madeira, 2007) y de la realización de los pasos 1 a 10 puntuados anteriormente, se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 21):

**Tabla 21.** Configuración de la sección B.

<b>Np</b>	10
<b>A</b>	1,1 m
<b>B</b>	0,3 m
<b>E</b>	0,00035 m
<b>Ad</b>	3,3 m <sup>2</sup>
<b>S</b>	0,00105 m <sup>2</sup>
<b>m</b>	0,104 kg/s
<b>u</b>	0,096 m/s
<b>De</b>	0,007 m
<b>Re</b>	431,82
<b>Nu</b>	50,76
<b>h</b>	4068 W/m <sup>2</sup> °C
<b>U</b>	1901 J/kg °C
<b>An</b>	2,85 m <sup>2</sup>

### Zona C

A continuación, se detallan los parámetros a tener en cuenta para el diseño de esta sección del equipo (

Tabla 22). Cabe aclarar que, al tratarse de leche descremada, se consideran su densidad, calor específico y viscosidad iguales a los del agua.

Tabla 22. Propiedades de la leche y el agua para la zona C.

	Leche	Agua
Temperatura de entrada	55 °C	80 °C
Temperatura de salida	76 °C	-
Densidad ( $\rho$ )	1000 kg/m <sup>3</sup>	1000 kg/m <sup>3</sup>
Calor específico (Cp)	4186 J/kg °C	4186 J/kg °C
Viscosidad ( $\mu$ )	0,001 kg/m s	0,001 kg/m s
Conductividad térmica (k)	0,605 W/m °C	0,58 W/m °C
Número de Prandtl (Pr)	6,92	7,2
Resistencia de ensuciamiento (Rf)	1,72x10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup> °C/W	-

De igual manera que para la sección anterior, se obtiene la diferencia de temperatura media logarítmica considerando que el caudal de agua es de 0,56 kg/s y el caudal de leche se mantiene constante (0,57 kg/s):

$$q = 46683 \text{ W} \quad \Rightarrow \quad T_2 = 60,1 \text{ °C} \quad \Rightarrow \quad \Delta T_{ml} = 4,52 \text{ °C}$$

Se repiten los cálculos detallados y se obtiene las siguientes características de esta sección del equipo (Tabla 23):

Tabla 23. Configuración para la sección C.

<b>Np</b>	10
<b>A</b>	1,1 m
<b>B</b>	0,3 m
<b>E</b>	0,0035 m
<b>Ad</b>	3,3 m <sup>2</sup>
<b>S</b>	0,00105 m <sup>2</sup>
<b>m leche</b>	0,1 kg/s
<b>m agua</b>	0,1 kg/s
<b>u leche</b>	0,099 m/s
<b>u agua</b>	0,533 m/s
<b>De</b>	0,007 m
<b>Re leche</b>	691
<b>Re agua</b>	3733
<b>Nu leche</b>	56,93
<b>Nu agua</b>	170,27
<b>h leche</b>	4920 W/m <sup>2</sup> °C

<b>h agua</b>	14108 W/m <sup>2</sup> °C
<b>U</b>	3432,5 W/m <sup>2</sup> °C
<b>An</b>	3 m <sup>2</sup>

### Zona A

A continuación, se detallan los parámetros a tener en cuenta para el diseño de esta sección del equipo (

Tabla 24):

**Tabla 24.** Propiedades de la leche y el agua para la zona A.

	<b>Leche</b>	<b>Agua + propilenglicol</b>
<b>Temperatura de entrada</b>	24,9 °C	-10 °C
<b>Temperatura de salida</b>	6 °C	-
<b>Densidad (ρ)</b>	1000 kg/m <sup>3</sup>	1045 kg/m <sup>3</sup>
<b>Calor específico (Cp)</b>	4186 J/kg °C	3730 J/kg °C
<b>Viscosidad (μ)</b>	0,001 kg/m s	0,02 kg/m s
<b>Conductividad térmica (k)</b>	0,542 W/m °C	0,036 W/m °C
<b>Número de Prandtl (Pr)</b>	7,72	2072,2
<b>Resistencia de ensuciamiento (Rf)</b>	1,72x10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup> °C/W	-

De igual manera que para las secciones anteriores, se obtiene la diferencia de temperatura media logarítmica considerando que el caudal de refrigerante es de 1,45 kg/s y el caudal de leche se mantiene constante (0,57 kg/s), teniendo en cuenta las propiedades del refrigerante para realizar los cálculos:

$$q = 45095,8 \text{ W} \quad \Rightarrow \quad t_2 = -1,7 \text{ °C} \quad \Rightarrow \quad \Delta T_{ml} = 20,9 \text{ °C}$$

Se repiten los cálculos detallados y se obtiene las siguientes características de esta sección del equipo (Tabla 25):

**Tabla 25.** Configuración de la sección A.

<b>Np</b>	11
<b>a</b>	1,1 m
<b>b</b>	0,3 m
<b>e</b>	0,0035 m
<b>Ad</b>	3,63 m <sup>2</sup>
<b>S</b>	0,00105 m <sup>2</sup>
<b>m leche</b>	0,095 kg/s
<b>m mezcla</b>	0,24 kg/s
<b>u leche</b>	0,09 m/s
<b>u mezcla</b>	0,22 m/s
<b>De</b>	0,007 m
<b>Re leche</b>	633

<b>Re mezcla</b>	81
<b>Nu leche</b>	56
<b>Nu mezcla</b>	141
<b>h leche</b>	4356 W/m <sup>2</sup> °C
<b>h mezcla</b>	724 W/m <sup>2</sup> °C
<b>U</b>	614 W/m <sup>2</sup> °C
<b>An</b>	3,52 m <sup>2</sup>

### Resumen

En la

Tabla 26 se presenta un resumen de las diferentes secciones del Intercambiador I.

Tabla 26. Resumen del diseño del Intercambiador I.

	Zona A		Zona B		Zona C	
	Corriente fría (Agua + propilenglicol)	Corriente caliente (Leche)	Corriente fría (Leche)	Corriente caliente (Leche)	Corriente fría (Leche)	Corriente caliente (Agua)
<b>T entrada [°C]</b>	-10	24,9	4	76	55	80
<b>T salida [°C]</b>	-1,7	6	55	24,9	76	60,1
<b>Caudal [kg/s]</b>	1,45	0,57	0,57	0,57	0,57	0,56
<b>Np [unidades]</b>	11		10		10	
<b>Tiempo [h]</b>	1		1		1	
<b>q [kW]</b>	45,1		113,4		46,7	

### Suministro de agua caliente

Para el requerimiento de agua caliente de la sección C, es necesario calcular la cantidad de agua requerida.

Un caudal de agua caliente de 0,56 kg/s equivale a 2016 L/h. Para ello se seleccionó un taque que permite el calentamiento de agua mediante una resistencia eléctrica con una capacidad de 3000 L. Está construido con acero inoxidable de calidad sanitaria y sus dimensiones son 141x200 cm. La potencia del motor es de 1,5 kW (Figura 33) (Shangai Kaiquan Machine Valve, 2019c).



Figura 33. Tanque de suministro de agua caliente.

### 8.2.1.2. Intercambiador II: Enfriamiento II y III

Al igual que el Intercambiador I, se trata de un intercambiador de placas de acero inoxidable.

#### Enfriamiento II

A continuación, se detallan los parámetros a tener en cuenta para el diseño del equipo necesario para esta etapa (Tabla 27). Cabe aclarar que para la leche, el Cp utilizado es el que se obtuvo en la sección 7.2.1. *Balances de energía por etapas*. El resto de las propiedades se aproximan a las utilizadas en el diseño de la zona A del Intercambiador I. Las propiedades de la mezcla agua + propilenglicol se detallan en la sección 8.3.7. *Chiller*.

Tabla 27. Propiedades de la leche y la mezcla de agua y propilenglicol para el Enfriamiento II.

	Leche	Agua + propilenglicol
Temperatura de entrada	40 °C	-10 °C
Temperatura de salida	4 °C	-
Densidad ( $\rho$ )	1000 kg/m <sup>3</sup>	1045 kg/m <sup>3</sup>
Calor específico (Cp)	4070 J/kg °C	3730 J/kg °C
Viscosidad ( $\mu$ )	0,001 kg/m s	0,02 kg/m s
Conductividad térmica (k)	0,542 W/m °C	0,036 W/m °C
Número de Prandtl (Pr)	7,72	2072,2
Resistencia de ensuciamiento (Rf)	1,72x10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup> °C/W	-

De igual manera que para el Intercambiador I, se obtiene la diferencia de temperatura media logarítmica considerando que el caudal de refrigerante es de 1,45 kg/s. Se propone continuar con un caudal de leche de 0,57 kg/s al igual que en Intercambiador I. Teniendo en cuenta las propiedades del refrigerante, se realizan los cálculos:

$$q = 83516 \text{ W} \quad \Rightarrow \quad t_2 = 5,44 \text{ °C} \quad \Rightarrow \quad \Delta T_{ml} = 22,8 \text{ °C}$$

Se repiten los cálculos detallados en el diseño de la zona B del Intercambiador I y se obtiene las siguientes características para el equipo (Tabla 28):

**Tabla 28.** Configuración del Intercambiador II para el Enfriamiento II.

<b>Np</b>	40
<b>a</b>	1,1 m
<b>b</b>	0,3 m
<b>e</b>	0,0035 m
<b>Ad</b>	13,2 m <sup>2</sup>
<b>S</b>	0,00105 m <sup>2</sup>
<b>m leche</b>	0,028 kg/s
<b>m mezcla</b>	0,07 kg/s
<b>u leche</b>	0,026 m/s
<b>u mezcla</b>	0,06 m/s
<b>De</b>	0,007 m
<b>Re leche</b>	785
<b>Re mezcla</b>	23
<b>Nu leche</b>	25
<b>Nu mezcla</b>	64
<b>h leche</b>	1962 W/m <sup>2</sup> °C
<b>h mezcla</b>	330 W/m <sup>2</sup> °C
<b>U</b>	281 W/m <sup>2</sup> °C
<b>An</b>	13 m <sup>2</sup>

### **Enfriamiento III**

A continuación, se detallan los parámetros a tener en cuenta para el diseño del equipo necesario para esta etapa (Tabla 29). Cabe aclarar que para la leche, el Cp utilizado es el que se obtuvo en la sección 7.2.1. *Balances de energía por etapas*. El resto de las propiedades se aproximan a las utilizadas en el diseño de la zona B del Intercambiador I. Las propiedades de la mezcla agua + propilenglicol se detallan en la sección 8.3.7. *Chiller*.

**Tabla 29.** Propiedades de la leche y la mezcla de agua y propilenglicol para el Enfriamiento III.

	<b>Leche</b>	<b>Agua + propilenglicol</b>
<b>Temperatura de entrada</b>	95 °C	-10 °C
<b>Temperatura de salida</b>	42 °C	-
<b>Densidad (ρ)</b>	1031 kg/m <sup>3</sup>	1045 kg/m <sup>3</sup>
<b>Calor específico (Cp)</b>	3950 J/kg °C	3730 J/kg °C
<b>Viscosidad (μ)</b>	0,0016 kg/m s	0,02 kg/m s
<b>Conductividad térmica (k)</b>	0,561 W/m °C	0,036 W/m °C
<b>Número de Prandtl (Pr)</b>	11,27	2072,2
<b>Resistencia de ensuciamiento (Rf)</b>	1,72x10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup> °C/W	-

De igual manera que para el Intercambiador I, se obtiene la diferencia de temperatura media logarítmica. Se considera que el caudal de refrigerante es de 1,45 kg/s y que el caudal de leche es 1,14 kg/s, de manera que el enfriamiento se lleve a cabo en 30 min considerando la masa de LAP a tratar. Teniendo en cuenta las propiedades del refrigerante, se realizan los cálculos:

$$q = 238659 \text{ W} \quad \Rightarrow \quad t_2 = 34,13 \text{ °C} \quad \Rightarrow \quad \Delta T_{ml} = 56,3 \text{ °C}$$

Se repiten los cálculos detallados en el diseño de la zona B del Intercambiador I y se obtiene las siguientes características para el equipo (Tabla 30):

**Tabla 30.** Configuración del Intercambiador II para el Enfriamiento III.

<b>Np</b>	53
<b>A</b>	1,1 m
<b>B</b>	0,3 m
<b>E</b>	0,0035 m
<b>Ad</b>	17,49 m <sup>2</sup>
<b>S</b>	0,00105 m <sup>2</sup>
<b>m leche</b>	0,042 kg/s
<b>m mezcla</b>	0,054 kg/s
<b>u leche</b>	0,039 m/s
<b>u mezcla</b>	0,049 m/s
<b>De</b>	0,007 m
<b>Re leche</b>	176
<b>Re mezcla</b>	18
<b>Nu leche</b>	29
<b>Nu mezcla</b>	54
<b>h leche</b>	2310 W/m <sup>2</sup> °C
<b>h mezcla</b>	276 W/m <sup>2</sup> °C
<b>U</b>	246 W/m <sup>2</sup> °C
<b>An</b>	17,23 m <sup>2</sup>

Puede observarse en el Diagrama de Gantt (ver sección 9. *Diagrama de Gantt*) que ambas etapas de enfriamiento no se superponen. Es por ello que se propone utilizar el mismo intercambiador para realizar tanto el Enfriamiento II como el Enfriamiento III.

Se toma como base el diseño obtenido para el Enfriamiento III ya que el equipo necesario requiere de mayor cantidad de placas. En función de esto, se adapta el caudal de leche propuesto en el Enfriamiento II de manera de poder llevar a cabo esta operación en el mismo equipo. En la Tabla 31 se presenta un resumen de las diferentes secciones del intercambiador.

**Tabla 31.** Resumen del diseño del Intercambiador II.

	Enfriamiento II		Enfriamiento III	
	Corriente fría (Agua + propilenglicol)	Corriente caliente (Leche)	Corriente fría (Agua + propilenglicol)	Corriente caliente (Leche)
<b>T entrada [°C]</b>	-10	40	-10	95
<b>T salida [°C]</b>	7,07	4	34,13	42
<b>Caudal [kg/s]</b>	1,45	0,63	1,45	1,14
<b>Tiempo requerido [h]</b>	1		0,5	
<b>q [kW]</b>	92,3		238,7	

### 8.2.2. Túnel de enfriamiento



### 8.2.2.1. Análisis de requerimientos

Para diseñar el túnel, en un principio se deben considerar las condiciones iniciales del producto a enfriar. En este caso, el pote de yogur sale de la envasadora a 42 °C. Además, debe tenerse en cuenta que la cantidad de producto envasado es de 4200 potes/h (capacidad de la envasadora, sección 8.3.8. *Envasadora*).

Para continuar con el diseño y poder utilizar herramientas de transferencia de calor que simplifiquen el cálculo de los parámetros (tiempo, longitud), debe establecerse qué tipo de sistema es el yogur envasado. Para ello, se utiliza el número adimensional Biot (Bi), el cual relaciona la convección en la superficie del cuerpo con respecto a la conducción dentro de éste, y dicha relación permite identificar si se trata de un sistema concentrado (Bi < 0,1) o no. Un sistema concentrado es aquel cuya resistencia interna a la transferencia de calor es despreciable. El número de Biot se define de la siguiente manera:

$$Bi = \frac{L_c \cdot h}{k}$$

Donde Lc es la longitud característica en m, h el coeficiente de transferencia de calor en W/m<sup>2</sup> °C y k la conductividad térmica en W/m °C (Çengel y Ghajar, 2011).

El pote de yogur se aproxima a un cilindro finito, el cual se considera como la intersección de un cilindro infinito y una placa plana infinita. De esta manera, se trabajará en régimen transitorio para sistemas multidimensionales. Para evaluar si se trata de un sistema concentrado, se debe calcular tanto el Bi para el cilindro como para la placa y ambos valores deben cumplir con la condición de ser inferiores a 0,1 (Çengel y Ghajar, 2011).

A continuación, en la Tabla 32 se presentan los valores utilizados para el cálculo de ambos valores de Bi, y los resultados obtenidos. Debe tenerse en cuenta que:

- La longitud característica para un cilindro es su radio y para una placa, es el semiespesor.
- El coeficiente de transferencia de calor (h) depende de factores como son la configuración geométrica de la superficie, la naturaleza del movimiento del aire, las propiedades de éste y su velocidad.
- La conductividad térmica (k) se iguala a la del yogur, despreciando la resistencia a la conducción del material del envase al tratarse de una capa muy fina.

**Tabla 32.** Cálculo de Bi.

	<b>Cilindro infinito</b>	<b>Placa plana infinita</b>
<b>Lc [m]</b>	0,031	0,073
<b>h [W/m<sup>2</sup>.°C]</b>	46,06	
<b>k [W/m.°C]</b>	0,54	
<b>Bi</b>	2,68	3,13

Cabe destacar que el valor de k se obtuvo de bibliografía (Sbodio et al., 2018) y el valor de h se calculó a partir de una expresión obtenida también de bibliografía (Aoustin, 2017) a continuación presentada:

$$h = 7,3 \cdot v_{aire}^{0,8}$$

Como puede observarse, en ambos casos el resultado refleja que no se trata de un sistema concentrado.

Para calcular el tiempo requerido para disminuir la temperatura del producto desde 42 a 20 °C y, considerando que los valores de Bi se encuentran entre 0,1 y 40 (Çengel y Ghajar, 2011), se utilizan los gráficos de Heisler/Gröber. Estas gráficas son válidas para determinadas condiciones, las cuales son:

- El cuerpo está inicialmente a una temperatura uniforme.
- La temperatura del medio circundante y el coeficiente de transferencia de calor por convección son constantes y uniformes.
- No hay generación de calor en dicho cuerpo.

Estas gráficas tienen en su eje de abscisas al valor  $\tau$  (número adimensional de Fourier) y en el eje de ordenadas el tiempo adimensional  $\theta$ , y utiliza como parámetro el valor de  $1/Bi$ . A continuación, se presentan las ecuaciones que los representan:

$$\tau = \frac{\alpha \cdot t}{L_c^2} \quad \theta = \frac{T_0 - T_\infty}{T_i - T_\infty}$$

Donde  $\alpha$  es la difusividad térmica en  $m^2/s$ ,  $t$  el tiempo de enfriamiento en  $s$ ,  $T_0$  la temperatura en el centro del cuerpo,  $T_i$  la temperatura inicial del cuerpo y  $T_\infty$  la temperatura del aire circundante.

Para lograr obtener un valor del tiempo requerido, debe recordarse que se trata de un sistema multidimensional en estado transitorio. Para este tipo de sistema multidimensional, el  $\theta$  total resulta de la multiplicación del  $\theta$  para cilindro infinito y  $\theta$  para placa plana infinita (Çengel y Ghajar, 2011).

$$\theta_{cilindro\ finito} = \theta_{cilindro\ infinito} \cdot \theta_{placa\ plana\ infinita}$$

Como el tiempo es necesario para obtener  $\tau$  e ingresar en el gráfico y, a su vez, es el parámetro que quiere conocerse, es necesario realizar un ciclo iterativo para lograr calcularlo. Cabe aclarar que el valor de  $\alpha$  se obtuvo a partir de una estimación realizada con el modelo de Choi-Okos, el cual considera la composición del producto y la temperatura del mismo. En este caso, se aproximó a la composición del yogur descremado firme actual de la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda.. Además, se propuso un valor para la velocidad del aire de 10 m/s y una temperatura del medio circundante de 0 °C, considerando que el túnel cuenta con un sistema de enfriamiento del mismo. El procedimiento de iteración se describe a continuación:

1. Suponer un valor de tiempo.
2. Calcular  $\tau$ .
3. Ingresar al gráfico de Heisler/Gröber para cilindro infinito con el valor de  $\tau$  y  $1/Bi$ , y obtener el valor de la ordenada ( $\theta_{cilindro\ infinito}$ ).
4. Repetir los pasos 2 y 3 utilizando el gráfico para placa plana infinita.
5. Calcular el valor de  $\theta_{cilindro\ finito}$ .
6. Despejar la temperatura en el centro del producto ( $T_0$ ).

Este proceso se repite hasta obtener la temperatura deseada en el centro del yogur, es decir, 20 °C como se mencionó anteriormente.

El resultado obtenido fue de 30 min para obtener una temperatura en el centro de 20,16 °C.

Para no generar un cuello de botella en el proceso de enfriamiento del producto terminado, debe diseñarse el túnel de manera tal que logre enfriar a igual capacidad que la envasadora. Teniendo en cuenta que este último equipo tiene una capacidad de envasado de 4200 potes/h, el túnel debe enfriar 2100 potes en el período de 30 min.

Se selecciona un equipo cuyo ancho es de 2 m y se considera una separación entre las bases de los envases de 5 cm. De esta manera, se establece una disposición del producto sobre la cinta en 111 filas de 19 potes. Es así, que la longitud de la cinta resulta de 11,3 m y, considerando el tiempo establecido, se obtiene una velocidad de la cinta de 0,006 m/s.

### 8.2.2.2. Selección túnel de enfriamiento

Para seleccionar el túnel de enfriamiento es necesario complementar los datos obtenidos previamente con el cálculo de la potencia de enfriamiento necesaria para llevar a cabo la etapa involucrada. Cabe tener en cuenta que, para calcular la energía que debe quitarse al producto, se recurre a la ecuación para el cambio de energía de un sistema, la cual fue explicada en la sección 7.2. *Balances de energía*, y se expresa de la siguiente manera:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

En la Tabla 33, que se observa a continuación, se detallan las variables implicadas y el resultado de dicho cálculo:

**Tabla 33.** Cálculo de potencia requerida.

<b>Número de envases</b>	4200 unidades
<b>Peso envases</b>	0,16 kg/unidad
<b>Cp yogur</b>	3,95 kJ/kg °C
<b>Q</b>	-58397 kJ
<b>Tiempo</b>	3600 s
<b>q</b>	<b>16,10 kW</b>

Es así que, a partir del requerimiento de potencia obtenido, y teniendo en cuenta la longitud, el ancho y la capacidad de carga del túnel, se selecciona el equipo que se observa en la Figura 34. El mismo posee una capacidad de entre 100 y 1500 kg/h y permite enfriar a temperaturas mayores a 3 °C. Está construido de acero inoxidable y posee una cinta transportadora interna de poliuretano. Su potencia máxima es de 45 kW y su velocidad es ajustable (AMC System Technology, 2019). Cabe destacar, que en este caso, el túnel posee las dimensiones que se especificaron en la sección anterior.



**Figura 34.** Túnel de enfriamiento.

### 8.2.3. Cámara frigorífica

Una vez que los potes de yogur son enfriados a 20 °C, ingresan a una cámara frigorífica de almacenamiento donde se enfrían hasta alcanzar los 4 °C, en un lapso de tiempo de 2 horas para alcanzar rápidamente la temperatura de refrigeración y dar comienzo a la cadena de frío del producto. Luego, se mantienen allí a esa temperatura, hasta el momento de ser

comercializados. Se considera que el tiempo de residencia dentro de la cámara será de 24 horas como máximo.

Para efectuar el diseño de la cámara se deben analizar 2 parámetros de diseño: el cubicaje y la carga frigorífica.

#### **8.2.3.1. Cubicaje**

Consiste en el dimensionamiento de la cámara a partir de considerar la producción total de yogur que se busca almacenar y el volumen que ocupa dicha producción.

En cuanto al material, forma, resistencia mecánica y dimensiones del envase, en la elaboración se utilizan envases de yogur de polipropileno de 160 g. Sus dimensiones son de 7,3 cm, 5,2 cm y 7,3 cm para el diámetro superior, inferior y altura, respectivamente.

La cámara se diseña teniendo en cuenta la producción correspondiente a dos días, considerando que se elaboran 13291 potes/día.

La disposición de los envases se basa en que los potes se colocan dentro de contenedores plásticos rectangulares, cuyas dimensiones son de 50x30x16 cm. En cada uno se disponen 48 potes, apilados en 2 capas de 24 potes. A su vez, se colocan 64 contenedores plásticos por pallet, dispuestos en 8 pisos de 8 cajones. Esto da un total de 3072 potes por pallet.

La cantidad total de pallets que debe albergar la cámara puede calcularse de la siguiente manera:

$$13291 \frac{\text{potes}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ pallet}}{3072 \text{ potes}} \cdot 2 \text{ días} \approx 10 \text{ pallets}$$

Los pallets son plásticos de calidad sanitaria, de 120x100x15,2 cm. Cada pallet cargado tiene una altura de 150 cm aproximadamente. Teniendo en cuenta las dimensiones especificadas de los pallets y las separaciones mínimas requeridas entre carga-carga, carga-pared, techo-carga y los espacios de maniobra (Di Scala, 2018), se obtuvieron las dimensiones de la cámara cuyos valores son 5,9 m de ancho, 6,4 m de largo y 2,6 m de alto (Figura 35).

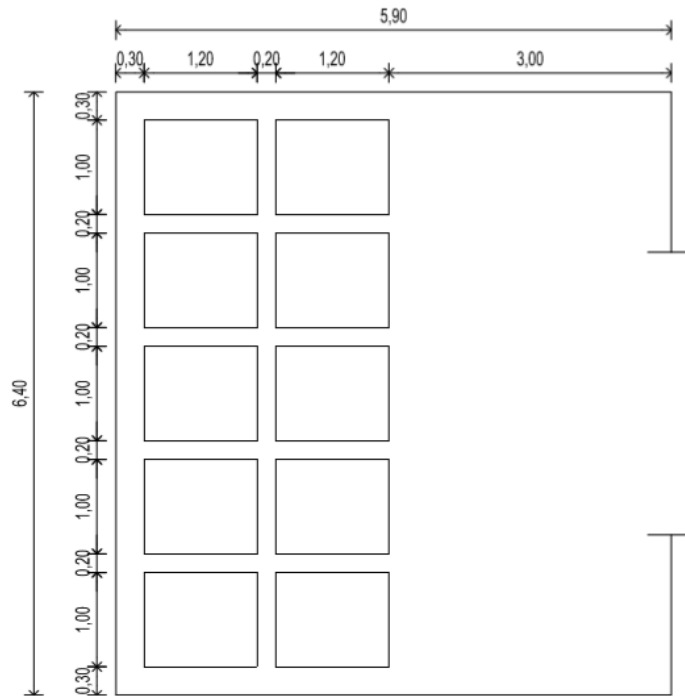


Figura 35. Dimensionamiento de la cámara frigorífica.

### 8.2.3.2. Cálculo de carga frigorífica

Consiste en la suma de todos los calores generados en la cámara, los cuales deben ser evacuados por el equipo de frío. Se requiere su valor para determinar la potencia necesaria del equipo. Se calcularán a continuación las cargas frigoríficas más significantes.

#### De producto y embalaje

El producto ingresa a la cámara a 20 °C en los contenedores plásticos, que a su vez se encuentran sobre los pallets plásticos, ambos encontrándose a temperatura ambiente (15 °C aproximadamente), por lo que será necesario su enfriamiento hasta 4 °C. El calor aportado por el yogur, los potes de polipropileno y los cajones y pallets de polietileno de alta densidad se calculan a continuación con la ecuación de calor general utilizada en la sección 7.2. *Balances de energía*, teniendo en cuenta que se propone destinar 2 h para extraerlo en su totalidad.

$$Q_{yogur} = m \cdot C_p \cdot \Delta T = 4253 \text{ kg} \cdot 3,95 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (4 - 20)^\circ\text{C} = -268809 \text{ kJ}$$

Para calcular el calor requerido para los envases, su masa fue determinada experimentalmente pesando uno comercial de igual tamaño. Se obtuvo un valor de 0,0061 kg/pote. Luego, el valor de  $C_p$  se obtuvo de bibliografía (Goodfellow, 2019).

$$Q_{envases} = m \cdot C_p \cdot \Delta T = 0,0061 \frac{\text{kg}}{\text{pote}} \cdot 26582 \text{ potes} \cdot 1,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (4 - 20)^\circ\text{C} = -4670 \text{ kJ}$$

En el caso de los cajones, tanto la masa como el  $C_p$  fueron obtenidos de bibliografía (Plásticos Hurlingham, 2019).

$$Q_{cajones} = m \cdot C_p \cdot \Delta T = 0,5 \frac{\text{kg}}{\text{cajón}} \cdot 546 \text{ cajones} \cdot 1,93 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (4 - 15)^\circ\text{C} = -5790 \text{ kJ}$$

En el caso de los pallets, tanto la masa como el  $C_p$  fueron obtenidos de bibliografía (Europalet, 2019).

$$Q_{pallets} = m \cdot C_p \cdot \Delta T = 20 \frac{\text{kg}}{\text{pallet}} \cdot 10 \text{ pallets} \cdot 1930 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (4 - 15)^\circ\text{C} = -4246 \text{ kJ}$$

Por último, se obtiene el calor que debe extraerse de producto y embalaje ( $Q_a$ ) como la suma de los calores calculados anteriormente:

$$Q_a = Q_{yogur} + Q_{envases} + Q_{cajones} + Q_{pallets} = 283515 \text{ kJ}$$

Considerando el tiempo previamente mencionado de 2 h, la carga total de producto y embalaje se traduce en un total de 39,4 kW.

### **Pérdida de conducción a través de paredes, techo y piso**

Para calcular el calor absorbido de los alrededores, y por ende el calor que debe eliminarse, se tienen en cuenta los materiales y sus respectivos espesores, tanto para las paredes como para el techo y el piso (Tabla 34, Tabla 35 y Tabla 36), y las condiciones ambientales en la parte interna y externa de la cámara. Para ello, se considera la ecuación de diseño para la transferencia de calor por unidad de tiempo en estado estacionario (Çengel y Ghajar, 2011), que se observa a continuación:

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

### **Cálculo de U**

Se calcula el coeficiente global de transferencia para paredes, piso y techo, teniendo en cuenta tanto la convección dentro y fuera de la cámara como la conducción a través de los diferentes materiales:

$$U = \left( \frac{1}{h_i} + \sum \frac{e_i}{k_i} + \frac{1}{h_o} \right)^{-1}$$

Donde  $h_i$  y  $h_o$  son los coeficientes de transferencia de calor por convección en  $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ ,  $e_i$  es el espesor en m y  $k_i$  es la conductividad de cada material en  $W/m \text{ } ^\circ C$ .

Se utilizan valores frecuentes de coeficientes según el ASHRAE Refrigeration Handbook (2018):

- Aire calmo en exterior de la cámara:  $h_o = 10 \text{ W/m}^2$
- Aire a mayor velocidad en el interior (convección forzada):  $h_i = 34 \text{ W/m}^2$

Se presentan en la Tabla 34 los materiales utilizados para la construcción de las paredes de la cámara y sus espesores (Torres Cicuéndez, 2014) y se obtiene el valor de U. Se procede de la misma manera con el piso y el techo (Tabla 35 y Tabla 36).

- Paredes

**Tabla 34.** Materiales utilizados para las paredes, con sus respectivas conductividades y espesores.

Material	Espesor [m]	Conductividad [W/m °C]
Ladrillo macizo	0,25	0,87
Cemento	0,03	1,4
Aislante: poliuretano	0,2	0,021

$$U = \left( \frac{1}{34 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}} + \frac{0,25 \text{ m}}{0,87 \frac{W}{m \text{ } ^\circ C}} + \frac{0,03 \text{ m}}{1,4 \frac{W}{m \text{ } ^\circ C}} + \frac{0,2 \text{ m}}{0,021 \frac{W}{m \text{ } ^\circ C}} + \frac{1}{10 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}} \right)^{-1} = 0,1 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

- Piso

**Tabla 35.** Materiales utilizados para el piso, con sus respectivas conductividades y espesores.

Material	Espesor [m]	Conductividad [W/m °C]
----------	-------------	------------------------

Hormigón	0,15	1,63
Grava	0,25	1,21
Aislante: poliuretano	0,15	0,021

$$U = \left( \frac{1}{34 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}} + \frac{0,15 m}{1,63 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}} + \frac{0,25 m}{1,21 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}} + \frac{0,15 m}{0,021 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}} + \frac{1}{10 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}} \right)^{-1} = 0,1 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

- Techo

**Tabla 36.** Material utilizado para el techo, con su conductividad y espesor.

Material	Espesor [m]	Conductividad [W/m °C]
Aislante: poliuretano	0,2	0,021

$$U = \left( \frac{1}{34 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}} + \frac{0,2 m}{0,021 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}} + \frac{1}{10 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}} \right)^{-1} = 0,1 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

#### Cálculo de A

$$\text{Área de las paredes} = 2 \cdot 6,4 m \cdot 2,6 m + 2 \cdot 5,9 m \cdot 2,6 m = 64 m^2$$

$$\text{Área del piso} = 6,4 m \cdot 5,9 m = 38 m^2$$

$$\text{Área del techo} = 6,4 m \cdot 5,9 m = 38 m^2$$

$$\text{Área total} = 140 m^2$$

#### Cálculo de ΔT

La temperatura dentro de la cámara debe ser igual a 3 °C y la temperatura externa se supone igual a 15 °C, considerándose las épocas del año con menor y mayor temperatura en la ciudad de Mar del Plata, donde actualmente se localiza la planta productora. El ΔT será entonces igual a 12 °C.

#### Cálculo de la carga

Se debe calcular un valor Q para cada estructura analizada (paredes, piso y techo), pero como el valor de U obtenido en los 3 casos es similar, se puede calcular el calor total absorbido reemplazando los valores en la ecuación de diseño para la transferencia de calor, considerando un  $U_{\text{promedio}} = 0,1 W/m^2 \cdot ^\circ C$  y el área total:

$$q_b = 0,1 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \cdot 140 m^2 \cdot (4 - 15) ^\circ C = 174 W$$

#### Carga por respiración

No se calcula esta carga ya que la tasa de respiración será nula al almacenar únicamente yogur envasado.

#### Carga de infiltración

Hace referencia al calor que puede absorberse del exterior cuando se abren las puertas para ingresar o extraer producto. La carga de infiltración se considera despreciable debido a que la cámara se abrirá únicamente 2 veces al día (una para cargar el producto y otra para sacarlo para su posterior distribución y comercialización), durante un corto período de tiempo.

#### Motores e iluminación

- Motor del autoelevador y ventiladores

Es el calor desprendido por los motores que se encuentran dentro de la cámara. En este caso se tendrán en cuenta los ventiladores utilizados para remover el aire y el autoelevador que ingresa o extrae los pallets con producto. Se estimará el valor suponiendo que equivale a un 8 % de las demás cargas (Torres Cicuéndez, 2014).

- Lámparas

Se consideran lámparas no fluorescentes de una intensidad lumínica de 12 W/m<sup>2</sup> (Torres Cicuéndez, 2014). Dicho valor multiplicado por el área de la cámara corresponde a la carga generada por la iluminación:

$$q_e = 12 \frac{W}{m^2} \cdot 38 m^2 = 456 W$$

### **Carga por ocupación**

Es el calor emitido por las personas que realizan trabajo dentro de la cámara. El calor liberado dentro de una cámara a 3 °C, por un solo operario que realiza trabajo moderado es de:

$$q_f = 240 W$$

### **Cálculo de la carga total**

Se procede a calcular la carga total como la suma de todas las cargas anteriormente calculadas. Además, se considera el 8 % adicional correspondiente al calor liberado por los ventiladores y el autoelevador y se aplica un factor de seguridad igual al 10 % (Torres Cicuéndez, 2014):

$$q_{total} = \left( \sum_{i=a}^f q_i \right) \cdot 1,18 = 47,5 kW$$

### **8.2.3.3. Equipamiento**

Para mantener la cámara a 3 °C se requieren 3 evaporadores, los cuales poseen una capacidad de 17,7 kW cada uno. El fluido refrigerante utilizado es R404 y las dimensiones de cada evaporador son 261x46x48 cm (Figura 36) (Taizhou Nanfeng Cold-Chain, 2019).



**Figura 36.** Equipo de evaporadores.

## **8.3. Selección de equipos**

### **8.3.1. Filtro**



Se trata de un filtro de acero inoxidable AISI 316. El mismo se conecta a la cañería de recepción de la leche cruda mediante abrazadera. Contiene una malla 200  $\mu\text{m}$  que permite eliminar partículas gruesas. Admite presiones de trabajo por debajo de 10 bar y dentro de un rango de temperaturas amplio (-20 a 135 °C) (Wenzhou Rayen Machinery, 2019). El diámetro nominal es de 3'' y permite trabajar hasta 4000 L/h.

### 8.3.2. Tanque refrigerado

La planta cuenta con un tanque refrigerado horizontal de acero inoxidable SS304, con una capacidad de 3000 L (Figura 37). El tanque tiene un sistema de refrigeración propio con una potencia de 7,35 kW. Está encamisado y esto permite el paso de un fluido refrigerante por la camisa para refrigerar y mantener la leche cruda a 4 °C. Además, cuenta con termómetro, sistema de control de nivel y conexión para realizar limpieza CIP. Sus dimensiones son 186x196 cm. Se considera que tiene una tasa de pérdida de calor de 2 °C en 24 h (Xinjiang Dayilong Packaging Machinery Manufacturing, 2019).



Figura 37. Tanque refrigerado.

### 8.3.3. Desnatadora

Se trata de una separadora centrífuga de discos autodeslodante (Figura 38) que descrema la leche y permite la separación de lodos. El material con el que está construida es acero inoxidable y sus dimensiones son 164x113x156 cm. Su capacidad es de 1000-2000 L/h y consume 7,5 kW (Liaoyang Zhonglian Pharmaceutical Machinery, 2019).



Figura 38. Desnatadora.

### 8.3.4. Homogeneizador

Es de acero inoxidable y tiene una capacidad de 2000 L/h. Permite una temperatura de trabajo menor a 85 °C y opera a 25 MPa. La potencia del motor es de 15 kW y sus dimensiones son 140x110x142 cm (Shangai Kaiquan Machine Valve, 2019a).

### 8.3.5. Fermentador

Es un tanque de acero inoxidable SS304 de calidad sanitaria (Figura 39), el cual contiene un sistema de agitación y doble camisa. La capa interna del encamisado se utiliza para refrigerar mediante la circulación de un fluido refrigerante o para calentar mediante la utilización de vapor, y tiene un espesor de 6 cm. La capa externa se encuentra rellena de espuma de poliuretano cuyo espesor es de 5 cm y su función es aislar el equipo para disminuir las pérdidas/ganancias de calor. Su capacidad es de 3000 L y la potencia del agitador es de 4 kW. El equipo cuenta con una boca de inspección con visor de vidrio en la parte superior, bochas de limpieza CIP, sonda de temperatura, válvula mariposa para regular los caudales de entrada/salida y válvula de muestreo. La planta cuenta con 3 fermentadores iguales. (Shangai Kaiquan Machine Valve, 2019b).



Figura 39. Fermentador.

### 8.3.6. Caldera

#### 8.3.6.1. Cálculo de los requerimientos de vapor

Para la selección de la caldera se tuvo en cuenta el requerimiento de vapor en las etapas de Calentamiento II y Estandarización y Pre calentamiento. A continuación, se detallan los balances de energía realizados para calcular el caudal de vapor necesario.

#### Calentamiento II y Estandarización

El caudal de vapor necesario se puede calcular mediante la ecuación general:

$$Q_T = m (LDE) \cdot Cp (LDE) \cdot \Delta T = m (vap) \cdot \lambda (vap)$$

El primer término de la ecuación es equivalente a lo detallado en los balances de energía previamente realizados. El calor transferido durante la etapa, también puede calcularse a partir del término  $m (vap) \cdot \lambda (vap)$  considerando que la transferencia se da por la condensación de vapor saturado.  $m$  es la masa de vapor y  $\lambda$  es el valor de la entalpía de vaporización del agua que fue obtenido de bibliografía para una temperatura de 130 °C (Çengel y Ghajar, 2011). Entonces, por igualación, se puede hallar la masa de vapor.

Como se mencionó en los balances de energía, se requieren 278780 kJ para calentar 2014,6 kg de LDE de 6 a 40 °C.

Reemplazando los valores en la ecuación general, se obtiene la cantidad de vapor necesaria para realizar el calentamiento.

$$Q_T = 278780 \text{ kJ} = m(\text{vap}) \cdot 2174 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$m(\text{vap}) = 128,2 \text{ kg}$$

Para determinar el caudal necesario, se considera el tiempo de duración de esta etapa (0,5 h) determinado en la sección 8.4. *Determinación de la duración de las etapas*. El caudal resulta ser de 256,5 kg vapor/h.

De manera análoga se calcula la masa de vapor para el resto de las etapas que lo requieren.

### **Precaentamiento**

Se requieren 755704 kJ para calentar 2102,4 kg de LA de 4 a 95 °C.

Reemplazando los valores en la ecuación general, se obtiene la cantidad de vapor necesaria para realizar el calentamiento.

$$Q_T = 755704 \text{ kJ} = m(\text{vap}) \cdot 2174 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$m(\text{vap}) = 347,6 \text{ kg}$$

Para determinar el caudal necesario, se considera el tiempo de duración de esta etapa (1,5 h) determinado en la sección 8.4. *Determinación de la duración de las etapas*. El caudal necesario es de 231,7 kg vapor/h.

### **Resumen**

Se presenta a continuación la Tabla 37 que reúne los parámetros analizados para las etapas que requieren vapor como fluido calefactor.

**Tabla 37.** Resumen de parámetros utilizados para la selección de la caldera.

<b>Etapa</b>	<b>ΔT proceso [°C]</b>	<b>Masa de vapor [kg]</b>	<b>Δt [h]</b>	<b>Caudal vapor [kg/h]</b>
<b>Calentamiento II y Estandarización</b>	6 a 40	128,2	0,5	256,5
<b>Precaentamiento</b>	4 a 95	347,6	1,5	231,7

Si bien en las etapas de Deslactosado, Pasteurización II y Fermentación se despreciaron las pérdidas de calor, debe tenerse en cuenta que estas existen. En caso de necesitarse un suministro de vapor para el mantenimiento de la temperatura, debe considerarse que ninguna de las etapas con requerimiento de la corriente de servicio se superpone. Por lo tanto, es

suficiente basar la selección de la caldera según la necesidad de la etapa de Calentamiento II y Estandarización ya que es la mayor.

### 8.3.6.2. Selección de la caldera

Se trata de una caldera vertical acuotubular (Figura 40), la cual funciona con gas natural como combustible y trabaja a bajas presiones, alrededor de 7 bar. Tiene una capacidad de generación de vapor de 300 kg/h y el mismo sale saturado a 170 °C, y se considera que llega a los equipos con una temperatura de 130 °C por la pérdida de presión y temperatura en las cañerías. Las dimensiones del equipo son de 220 cm de altura por 100 cm de diámetro (Zhangjiagang Wilford Thermal, 2019).



Figura 40. Caldera vertical.

### 8.3.7. Chiller

Como corriente refrigerante se utiliza una mezcla de agua y propilenglicol, cuya función principal es actuar como anticongelante, lo que permite ingresar dicha corriente a los equipos a -10 °C. La proporción agua/propilenglicol fue seleccionada realizando un balance entre las condiciones de proceso y los costos de transporte de la misma. Para ello se tuvieron en cuenta las propiedades de la mezcla, las cuales se muestran en la Tabla 38.

Tabla 38. Propiedades de la mezcla propilenglicol y agua.

Propiedades	Valores
% agua/propilenglicol	60/40
Temperatura de entrada	-10 °C
Densidad	1045 kg/m <sup>3</sup>
Calor específico	3,73 kJ/kg °C
Viscosidad	20 cp
Caudal	5000 L/h

Para la selección del chiller se tuvo en cuenta el requerimiento de refrigerante y la temperatura de salida del mismo en las etapas de Enfriamiento I, II y III. Dichos requerimientos y temperaturas se determinan en la sección 8.2.1. *Intercambiadores de calor* y se detallan en la siguiente tabla (Tabla 39):

**Tabla 39.** Temperaturas y requerimientos de los enfriamientos.

<b>Etapa</b>	<b>Variación de la temperatura de la leche</b>	<b>Variación de la temperatura de la mezcla</b>	<b>q [kW]</b>
Enfriamiento I	De 24,9 a 6 °C	De -10 a -1,7 °C	45,1
Enfriamiento II	De 40 a 4 °C	De -10 a 7,1 °C	92,3
Enfriamiento III	De 95 a 42 °C	De -10 a 34 °C	238,7

A partir de ello, se seleccionó un equipo de enfriamiento que abastece al mayor de los requerimientos (Enfriamiento III), considerando que las etapas no se superponen.

Si bien en la etapa Almacenamiento II se despreció la ganancia de calor, debe tenerse en cuenta que esta existe. En caso de necesitarse un suministro de refrigerante para el mantenimiento de la temperatura, debe considerarse que ninguna de las etapas con requerimiento de la corriente de servicio se superpone. Por lo tanto, es suficiente basar la selección del chiller según la necesidad de la etapa de Enfriamiento III.

El equipo consta principalmente de un compresor, un evaporador y un condensador (Figura 41). Su capacidad de enfriamiento es de 253 kW, utiliza R407c como refrigerante y sus dimensiones son 420x125x215 cm (Hangzhou Kelin Aier Qiyuan Equipment, 2019).



**Figura 41.** Chiller

### **8.3.8. Envasadora**

Se utiliza una máquina automática multifunción (Figura 42) que comienza el proceso de envasado con la alimentación de vasos, seguido por la dosificación del producto. Luego, se realiza la colocación de la tapa metálica y el sellado de la misma. Permite envasar en potes de contenidos de 10 a 300 mL. Es un equipo que requiere de conexión trifásica y su consumo es de 3 kW. Su estructura es de acero inoxidable y tiene la capacidad de envasar 4200 potes/h. Sus dimensiones son 340x75x180 cm (Shanghai Qindian Machinery Manufacturing Co. Ltd., 2019).



Figura 42. Máquina envasadora automática.

### 8.3.9. Detector por rayos X

Es un equipo semiautomático (Figura 43), el cual cuenta con un software de rayos X con una tasa de falsos rechazos baja. Consta de una carcasa de acero inoxidable y permite inspeccionar hasta 300 envases/min. La máxima altura de producto permitida es de 26 cm. Su temperatura de funcionamiento es de entre 5 y 40 °C y se alimenta con un generador de 20 W. Permite la detección de partículas a partir de 0,8 mm. Las dimensiones del equipo son 210x101x222 cm (Metler Toledo, 2018).



Figura 43. Detector por rayos X.

## 8.4. Determinación de la duración de las etapas

### Recepción y filtración

Estas etapas se dan en simultáneo y se propone que el tiempo empleado para las mismas sea de 0,5 h. Para ello se emplean una bomba y cañerías adecuadas para obtener el caudal necesario.

### Almacenamiento I

El tiempo de esta etapa está determinado por la duración del test de inhibición biológica, descrito en la sección 6.2. *Descripción de las etapas*, siendo este de 3 h.

### Calentamiento I, Normalización, Pasteurización I, Enfriamiento I y Homogeneización

Se propone que el tiempo de tratamiento de toda la masa de LC hasta obtener LD homogeneizada sea de 1 h. Para ello se diseñó el Intercambiador I de forma tal que resulte suficiente para realizar el tratamiento térmico en el tiempo establecido. Además, como las etapas se dan en continuo, la desnatadora y el homogeneizador se seleccionaron con la capacidad suficiente para no retrasar el proceso.

### Calentamiento II y Estandarización

Esta etapa tiene lugar en el Fermentador I y para determinar su duración es necesario conocer la potencia involucrada y el calor requerido (278780 kJ), previamente calculado en la sección 7.2. *Balances de energía*. Para obtener el calor transferido por unidad de tiempo (q) en W, se utiliza la ecuación de diseño, en base a una diferencia de temperaturas media logarítmica, que se presenta a continuación:

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T_{ml}$$

Siendo U el coeficiente global de transferencia de calor en  $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ , A el área de intercambio de calor en  $m^2$  y  $\Delta T_{ml}$  la diferencia de temperatura media logarítmica en  $^\circ C$ . Esta última se calcula de la siguiente manera:

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T1 - t2) - (T2 - t1)}{\ln \frac{(T1 - t2)}{(T2 - t1)}} = \frac{(130 - 40) - (130 - 6)}{\ln \frac{(130 - 40)}{(130 - 6)}} = 106 \text{ } ^\circ C$$

Para calcular A, se tuvo en cuenta la altura de líquido (H) alcanzada en el tanque fermentador en esta etapa y su diámetro (Di):

$$A = 2 \cdot \pi \cdot \frac{D_i}{2} \cdot H$$

Para estimar el coeficiente U es necesario conocer los valores de los coeficientes de transferencia de calor, tanto para el fluido interno ( $h_i$ ) como para el externo ( $h_o$ ). Este último se obtuvo de bibliografía, considerando que se trata de vapor saturado y por lo tanto su valor es de  $8500 \text{ } W/m^2 \text{ } ^\circ C$  (Çengel y Ghajar, 2011). Por otra parte, para estimar el  $h_i$  se utilizó la correlación de Chilton, Drew y Jebens para recipientes encamisados con agitación mecánica (Kern, 1965). Esta estimación se realizó considerando que se trata de LP, cuyas propiedades son las utilizadas en el diseño de la zona A del Intercambiador I y se observan a continuación en la Tabla 40:

Tabla 40. Propiedades de LP.

	Leche
Temperatura de entrada	24,9 $^\circ C$
Temperatura de salida	6 $^\circ C$
Densidad ( $\rho$ )	1000 $kg/m^3$
Calor específico ( $C_p$ )	4186 $J/kg \text{ } ^\circ C$
Viscosidad ( $\mu$ )	0,001 $kg/m \text{ } s$
Conductividad térmica (k)	0,542 $W/m \text{ } ^\circ C$
Número de Prandtl (Pr)	7,72
Resistencia de ensuciamiento (Rf)	$1,72 \times 10^{-5} \text{ } m^2 \text{ } ^\circ C/W$

Además, se tuvieron en cuenta los siguientes datos del tanque fermentador (Tabla 41):

**Tabla 41.** Parámetros del tanque fermentador.

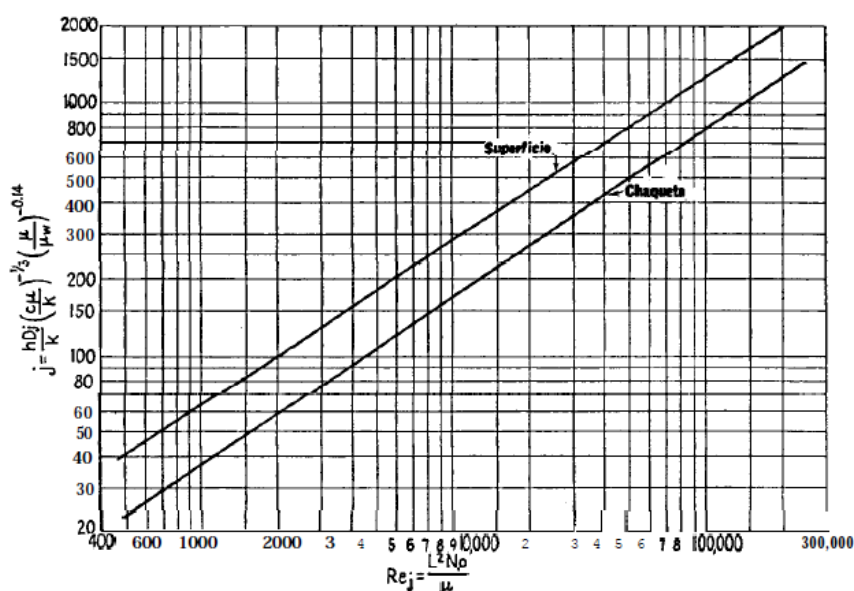
Parámetro	Valor
Di (diámetro del recipiente)	1,29 m
L (longitud de paleta de agitador)	0,387 m
Np (velocidad del agitador)	0,6 rps
Do (diámetro de la camisa)	1,41 m

Los pasos que se llevaron a cabo para obtener  $h_i$  y  $U$  fueron los siguientes:

1. Se calculó el número de Reynolds:

$$Re = \frac{L^2 \cdot Np \cdot \rho}{\mu}$$

2. Se obtuvo el valor del parámetro  $j$  a partir del siguiente gráfico (Figura 44):



**Figura 44.** Gráfico parámetro  $j$  vs.  $Re$  para tanques encamisados agitados.

3. Se calculó  $(Cp \mu/k)^{1/3}$ .
4. Se obtuvo el valor de  $h_i$ .
5. Se calculó el coeficiente total limpio  $U_c$ :

$$U_c = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_o}$$

6. Se calculó el coeficiente total de diseño  $U_D$ :

$$U_D = \frac{U_c \cdot \frac{1}{Rf}}{U_c + \frac{1}{Rf}}$$

Una vez obtenida la potencia, se obtuvo la duración de la presente etapa al dividirla por el calor calculado (278780 kJ).

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla (Tabla 42):

**Tabla 42.** Parámetros calculados para la etapa de Calentamiento II y Estandarización.

Parámetro calculado	Valor
A	6,5 m <sup>2</sup>



$\Delta T_{ml}$	106 °C
Re	89861
j	490
$(Cp \mu/k)^{1/3}$	1,98
$h_i$	407 W/m <sup>2</sup> °C
$U_c$	388 W/m <sup>2</sup> °C
$U_D$	386 W/m <sup>2</sup> °C
q	266036 W
t	18 min

Como puede observarse, el tiempo requerido para esta etapa es de 18 min. Considerando un factor de seguridad del 25 %, se aproxima el tiempo de duración de la etapa a 30 min.

### **Deslactosado**

La duración de esta etapa fue determinada experimentalmente a escala laboratorio (ver sección 5.4.1. *Experiencia 1: determinación del tiempo de deslactosado*). La misma resultó ser de 2,5 h.

### **Enfriamiento II**

Esta etapa se lleva a cabo en el Intercambiador II y dicho equipo fue diseñado para que el enfriamiento se lleve a cabo en un periodo de 1 h (ver sección 8.2.1.2. *Intercambiador II: Enfriamiento II y III*).

### **Almacenamiento II**

La duración de esta etapa queda determinada por el esquema de producción propuesto y por la duración de la jornada de trabajo, siendo esta última de 14 h. Debido a que la realización de las etapas desde Recepción hasta Enfriamiento II requieren un total de 8,5 h (finalizando a las 12:30 pm) se decide dejar en espera la LDED hasta comenzar la siguiente jornada de trabajo con la etapa de Pre calentamiento (4 am del día siguiente). Esto conlleva una duración de 15,5 h de la etapa de Almacenamiento II (ver sección 9. *Diagrama de Gantt*).

### **Pre calentamiento**

El tiempo de duración de la presente etapa fue calculado de manera análoga a la etapa Calentamiento II y Estandarización.

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 43.

**Tabla 43.** Parámetros calculados para la etapa de Pre calentamiento.

<b>Parámetro calculado</b>	<b>Valor</b>
A	6,5 m <sup>2</sup>
$\Delta T_{ml}$	71 °C
Re	89861
j	490
$(Cp \mu/k)^{1/3}$	1,98
$h_i$	407 W/m <sup>2</sup> °C
$U_c$	388 W/m <sup>2</sup> °C
$U_D$	386 W/m <sup>2</sup> °C

q	178142 W
t	71 min

Como puede observarse, el tiempo requerido para esta etapa es de 71 min. Considerando un factor de seguridad del 25 % se aproxima el tiempo de duración de la etapa a 90 min.

### **Pasteurización II**

El tiempo de esta etapa fue obtenido de bibliografía (ver sección 6.2. *Descripción de las etapas*) siendo este de 5 min.

### **Enfriamiento III**

Se propone que el tiempo de tratamiento de toda la masa de LAP sea de 30 min. Para ello se diseñó el Intercambiador II de forma tal que resulte suficiente para realizar el enfriamiento en el tiempo establecido.

### **Fermentación**

La duración de esta etapa fue determinada experimentalmente a escala laboratorio (ver sección 5.4.2 *Experiencia 2: determinación del dulzor alcanzado con la hidrólisis*). La misma resultó ser de 3 h.

### **Ruptura de coágulo**

Se propuso que la duración de esta etapa sea de 30 min, según se realiza actualmente para la elaboración del yogur firme en la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda. (Mena, 2019b).

### **Envasado**

La duración de esta etapa queda determinada por la capacidad de la máquina envasadora seleccionada, siendo esta de 4200 potes/h. Considerando la producción diaria de 13291 potes, la etapa de envasado dura 3,5 h.

### **Enfriamiento IV**

Esta etapa se realiza en el túnel de enfriamiento. En el diseño de dicho equipo se determinó que cada pote debe retenerse por un lapso de 30 min para lograr la disminución de temperatura requerida.

El Enfriamiento se da inmediatamente a continuación del Envasado. La duración total de este enfriamiento es de 4 h, considerando 3,5 h del envasado sumado al tratamiento de la última tanda de potes que sale de la maquina envasadora (30 min).

### **Detección de materia extraña**

Esta etapa se da inmediatamente después del Enfriamiento IV, debido a que el detector por rayos X se encuentra al final de la cinta transportadora. Su duración queda determinada por la capacidad de la envasadora, ya que no tiene un tiempo de retención de los potes considerable. Por lo tanto, la duración de esta etapa es de 3,5 h.

### **Enfriamiento V**

Se propone que el tiempo de tratamiento de toda la masa de YV sea de 2 h. Para ello se diseñó la cámara frigorífica de forma tal que sea posible alcanzar rápidamente la temperatura de refrigeración y dar comienzo a la cadena de frío.

### **Almacenamiento III**

Esta etapa tiene una duración máxima de 24 h, debido a que se la considera igual al tiempo que los yogures aguardan en fábrica para ser comercializados.

## 9. Diagrama de Gantt

En la Figura 45. Diagrama de Gantt. se presenta el diagrama de Gantt y, además, el Anexo V consta de una tabla en la que se detallan los tiempos de cada etapa, la cual complementa la información provista en el diagrama.

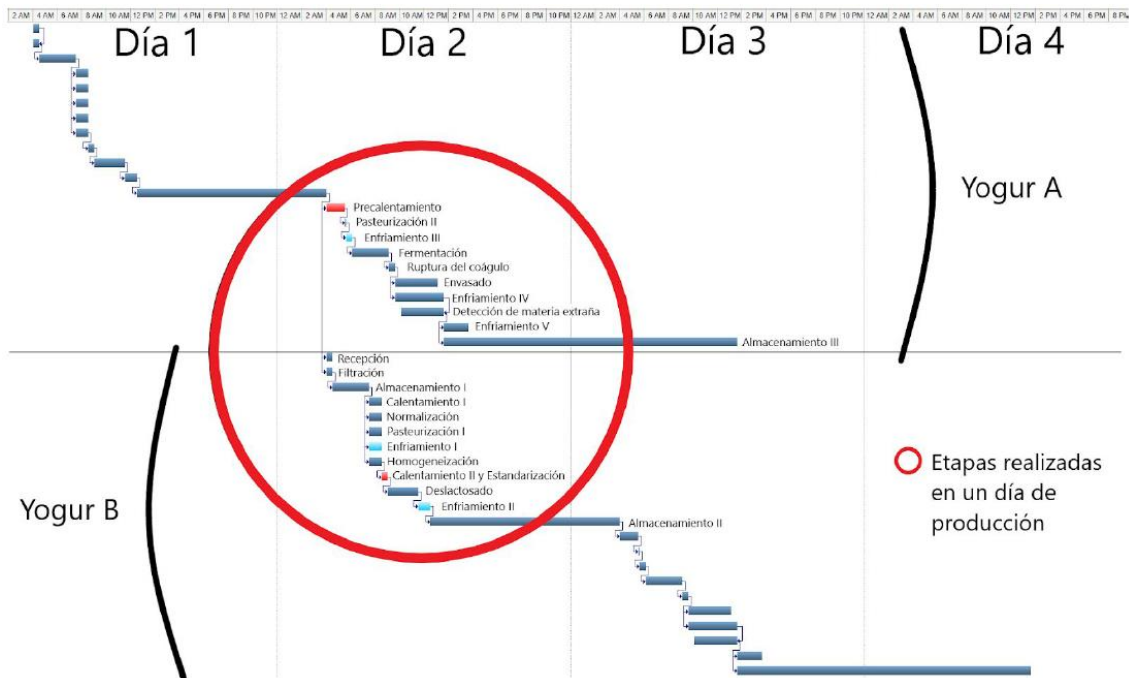


Figura 45. Diagrama de Gantt.

Como se observa en la figura, el Día 2 resume lo que es una jornada típica de trabajo, la cual comienza a las 4 am y finaliza a las 6 pm. Se da en simultáneo la producción de dos lotes identificados como Yogur A y Yogur B en el diagrama. Esto ocurre debido a que la realización de las etapas desde Recepción hasta Enfriamiento II requieren un total de 8,5 h (finalizando a las 12:30 pm) y la realización de las etapas posteriores demandarían un tiempo de 9,5 h, el cual resulta mayor al tiempo restante de la jornada (5,5 h). A partir de ello, se establece el Almacenamiento III con una duración de 15,5 h. Esto permite dejar en espera la LDED hasta el comienzo de la jornada laboral del día siguiente, la cual inicia con la etapa de Precalentamiento a las 4 am.

Existe un fundamento teórico por el cual se pone en espera el proceso en la etapa de Almacenamiento III. El mismo se asocia a que en la etapa siguiente (Precalentamiento) se realiza el agregado de aditivos y, posteriormente, la Pasteurización II, la cual consiste en un tratamiento térmico. No es posible dejar el producto almacenado en refrigeración por un largo periodo en esta instancia, debido a que en estas condiciones se da lugar a la formación de un gel de viscosidad elevada, por lo que afectaría los procesos de fermentación y obtención del yogur con la calidad deseada. Además, debido a los cambios fisicoquímicos que tienen lugar en la leche a causa del tratamiento térmico (detallados en la sección 6.2. Descripción de las etapas) es necesario que la inoculación se realice inmediatamente después de la Pasteurización II.

Finalmente, se establece el tiempo de 14 h para la jornada laboral, teniendo en cuenta que las etapas para el Yogur A y B demandan 8,5 y 9,5 h respectivamente y que se destinan 3 h luego de la producción a tareas de sanitización de la línea y 1,5 h para descanso del personal. En cuanto a la duración de los procesos de sanitización, la misma se estableció considerando que es un tiempo promedio de limpieza en industrias lácteas (Massino, 2019).

Cabe mencionar que la planta cuenta con 3 tanques fermentadores, dos de ellos identificados como Fermentador I y el restante como Fermentador II. Considerando que el Enfriamiento III (Yogur A) ocurre antes que el enfriamiento II (Yogur B), el Fermentador II que contiene al Yogur A, queda liberado y existe un tiempo suficiente para su sanitización y su posterior utilización luego del Enfriamiento II para el yogur B.

## 10. Sistema de control de la inocuidad del proceso

Como componentes de un sistema de control de la inocuidad del proceso se presentarán las Buenas Prácticas de Manufactura, los Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento y el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control.

### 10.1. Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

En el Capítulo II del Código Alimentario Argentino se define buenas prácticas de elaboración como los “procedimientos necesarios para lograr alimentos inocuos, saludables y sanos”. Son una herramienta básica centralizada en la higiene y forma de manipulación.

En el CAA se hace referencia a cómo deben aplicarse estas buenas prácticas a través de la Resolución GMC N° 080/96 “Reglamento técnico MERCOSUR sobre las condiciones higiénico sanitarias y de buenas prácticas de elaboración para establecimientos elaboradores/industrializadores de alimentos”. Este reglamento debe cumplirse obligatoriamente en los países que formen parte del MERCOSUR, como es el caso de Argentina.

Como se verá con posterioridad, las BPM junto con los Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES) son la base para implementar el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP).

A continuación, se detallan los aspectos que abarca la Resolución GMC N° 080/96:

- Materias primas: procedencia, producción primaria, almacenamiento y transporte.
- Establecimientos: emplazamiento, vías de acceso, planos e instalaciones, equipos y utensilios, conservación, higiene y saneamiento, desechos, plagas, sustancias peligrosas y ropa.
- Higiene personal y requisitos sanitarios: enseñanza, salud, heridas, lavado de manos, conducta, elementos de trabajo y visitantes.
- Higiene en la elaboración: materia prima, contaminación cruzada, agua, envasado, documentación y registros.
- Almacenamiento y transporte de materias primas y producto terminado.
- Controles de laboratorio.

El Ministerio de Producción y Trabajo de la Nación planteó una guía práctica para la aplicación de las BPM que consta de seis bloques (Tabla 44). Cada bloque determina medidas que hay que tomar, teniendo en cuenta que se debe capacitar al personal (Secretaría de Agroindustria, 2018).

**Tabla 44.** Bloques para la aplicación de las BPM.

#### **Bloque 1: Contaminación por el personal**

- El personal no podrá ser foco de contaminación durante la elaboración y realizarán las tareas de acuerdo con las instrucciones recibidas.
- La ropa de calle se depositará fuera del área de producción y los operarios utilizarán vestimenta de trabajo apropiada la cual incluye: ambo blanco, botines de seguridad blancos. En las zonas de envasado e incorporación de materias primas: cofia y barbijo.

- El lavado de manos se realizará siempre que se cambie de actividad, más aún si se ha salido y vuelto a entrar el área de producción.
- No se fumará, ni se salivará, ni se comerá en áreas de producción.
- El personal en contacto con materia prima o producto semielaborado no se pondrá en contacto con el producto final sin previamente tomar medidas higiénicas.
- Estas especificaciones se aplicarán para los visitantes de forma tal que tampoco se conviertan en foco de contaminación.

**Bloque 2: Contaminación por error de manipulación**

- Se tendrá especial cuidado en manipulación de materia prima ya que si son contaminadas no se podrá obtener un producto final inocuo.
- Se controlarán elementos que ingresan a la línea de elaboración para evitar que contaminen el producto.
- Se prevendrá la contaminación cruzada evitando el contacto o cruce de productos en diferentes estados de procesamiento.
- Se capacitará al personal, se lo supervisará y se lo ayudará en caso de ser necesario.
- Se minimizarán los tiempos de espera para evitar contaminación del producto.
- Se controlarán vehículos de transporte, operaciones de carga y descarga y almacenamiento evitando que se contamine el producto.

**Bloque 3: Precauciones en instalaciones para facilitar limpieza y prevenir contaminación**

- Se separará físicamente las operaciones que puedan dar lugar a contaminación cruzada.
- Se mantendrán los baños y vestuarios siempre limpios, separados de la zona de elaboración.
- Se evitarán materiales como la madera que sean focos de contaminación.
- Los rincones serán redondeados y se evitará la acumulación de residuos.
- Las paredes serán lavables e impermeables, sin grietas, lisas y de color claro que permita distinguir la suciedad.
- Se mantendrán limpias las vías de acceso.
- Se guardarán los elementos utilizados para limpieza en lugar apartado sin posibilidad de que ingresen en el sector de elaboración por error.
- Se contará con instalaciones para el lavado de manos en los lugares que se requiera, con los correspondientes productos para lavado, desinfección y secado.
- Se limpiarán los utensilios y equipos cuando sea necesario y al comenzar y terminar la jornada, enjuagando con agua potable para quitar restos de químicos que puedan contaminar.

**Bloque 4: Contaminación por materiales en contacto con alimentos**

- Los recipientes a reutilizar serán previamente lavados y desinfectados, sin permitir que materias primas o productos tomen contacto con ellos previamente.
- Los equipos y utensilios en contacto con alimentos no le transmitirán sustancias tóxicas, ni olores, ni sabores, evitándose superficies absorbentes o que no se hayan enjuagado correctamente.
- Se higienizará todo material y recipiente que haya estado en contacto con materia prima o producto semielaborado antes de que entre en contacto con el producto final.
- Se almacenarán los envases de forma tal de evitar su contaminación, cuidando que

sean de un material que no le transfiera sustancias perjudiciales al producto y lo proteja del exterior.

- No se utilizarán envases para otro fin que no sea contener el producto final, y se inspeccionarán antes de envasar.
- La etapa de envasado se realizará en condiciones tales que eviten la contaminación.

**Bloque 5: Prevención de la contaminación por manejo inadecuado de agua y desechos**

- Se evitará la contaminación por agua o por desechos como excrementos, residuos agrícolas o industriales, etc.
- Se verificará el abastecimiento con agua potable en todas las zonas que lo requieran.
- Se utilizará agua potable para las operaciones de limpieza.
- Se evitará contacto de agua potable con no potable y contaminación de agua potable con efluentes.
- Se implementará un sistema de evacuación de residuos que no permita que se acumulen por largos períodos, evitándose también el acceso de plagas al lugar donde se almacenan.
- Se contará con un lugar específico, señalizado y apartado, para almacenar materias primas en mal estado, desechos y productos no conformes.
- Se evitará que los desechos entren en contacto con el alimento o se crucen durante la elaboración.

**Bloque 6: Marco adecuado de producción**

- Se acondicionarán las vías de acceso internas y perimetrales para que no sean foco de contaminación.
- Las instalaciones garantizarán su fácil limpieza y permitirán sectorizar la producción de forma tal de evitar la contaminación cruzada.
- Se protegerán las ventanas y/o se trabajará con presión positiva interna para evitar ingreso de insectos y contaminantes.
- Se evitará el ingreso de animales a la zona de elaboración.
- La luz y la disposición de los equipos permitirán la correcta inspección y limpieza del establecimiento.
- Los pisos serán de material fácilmente lavable, resistente, sin grietas y tendrán un desnivel que permita el fácil drenado del agua de lavado.
- La iluminación no alterará los colores, facilitará la inspección y contará con protección para evitar que, en caso de estallido, el vidrio caiga sobre el producto.
- Se contará con ventilación adecuada.
- Se implementará un programa que permita el control de las plagas de manera eficaz, evitando que los productos utilizados para este fin entren en contacto con el alimento.

En el Anexo VI se encuentra detallado, a modo de ejemplo, el procedimiento para el lavado de manos del personal.



## **10.2. Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES)**

En las plantas dedicadas al tratamiento de alimentos, en todas las etapas de producción, es indispensable mantener una higiene adecuada para asegurar la inocuidad de los productos. Para ello debe contarse con procedimientos de lavado y desinfección (en conjunto hacen a la sanitización), que permitan lograr la estandarización y reproducibilidad de las tareas que se explican y describen para lograr un fin específico. Además de identificar funciones, identifican responsabilidades y deben estar firmados por personal de alta jerarquía ya que la higiene es un reflejo de las políticas de la dirección.

Un procedimiento operativo estandarizado de saneamiento da instrucciones escritas y claras para realizar diferentes operaciones, minimizando errores. Es fundamental, al igual que para la implementación de las BPM, que el personal esté capacitado de forma continua.

Los establecimientos deben contar con procedimientos que indiquen las actividades a realizar diariamente, ya sean antes (pre-operacionales), durante (operacionales) o luego de la elaboración (post-operacionales). Además, deben especificar las acciones correctivas que deben realizarse para prevenir la contaminación de alimento.

En el caso de procedimientos pre-operacionales, se deben incluir como mínimo procedimientos para limpieza de superficies, instalaciones, utensilios y equipos que entren en contacto con el alimento en cualquier etapa de la producción. Si para la correcta limpieza y desinfección se debe desarmar un equipo, debe especificarse de qué forma se realizará tanto el desarme como el posterior armado y de qué manera se higienizará cada pieza. Deben detallarse técnicas de limpieza y los productos a utilizar.

Los procedimientos operacionales incluirán los mismos ítems que los pre-operacionales y, además, deben hacer referencia a la higiene del personal que es responsable de realizar las actividades.

Para verificar que los procedimientos se han llevado de acuerdo a lo escrito, deben realizarse verificaciones mediante pruebas microbiológicas sobre superficies y/o equipos, o pruebas sobre producto terminado y/o semielaborado. Además, se deben tener registros diarios que comprueben que los procedimientos se están cumpliendo, incluyendo las acciones correctivas en caso de que haya sido necesario recurrir a éstas (Secretaría de Agroindustria, 2018).

En conclusión, implementar un plan POES involucra escribir lo que debe hacerse, hacer lo que se ha escrito, registrar lo que se hizo, verificar lo hecho y corregir y mejorar el procedimiento. Según el Ministerio de Producción y Trabajo, no existen formatos requeridos y los registros pueden tenerse de forma digital o escrita según la comodidad del personal encargado de inspección. Al mismo tiempo, plantea que, como mínimo, en una planta se debe contar con los siguientes procedimientos:

- Saneamiento de manos.
- Saneamiento de líneas de producción.
- Saneamiento de áreas de recepción, depósitos de materias primas, intermedios y productos terminados.

- Saneamiento de silos, tanques, cisternas, tambores, carros, bandejas, campanas, ductos de entrada y extracción de aire.
- Saneamiento de líneas de transferencia internas y externas a la planta.
- Saneamiento de cámaras frigoríficas y heladeras.
- Saneamiento de lavaderos.
- Saneamiento de inodoros, paredes, ventanas, techos, zócalos, pisos y desagües de todas las áreas.
- Saneamiento de superficies en contacto con alimentos, incluyendo, básculas, balanzas, contenedores, mesadas, cintas transportadoras, utensilios, guantes, vestimenta externa, etc.
- Saneamiento de instalaciones sanitarias y vestuarios.
- Saneamiento del comedor del personal.

Con el fin de garantizar la inocuidad del producto, en las operaciones de limpieza en plantas productoras de lácteos, el objetivo es eliminar los residuos de leche que proporcionan los nutrientes necesarios para el desarrollo microbiano. Por lo tanto, se busca reducir el número de microorganismos obteniendo como resultado su eliminación o el control de la población. Para ello, deben aplicarse sobre las superficies del equipo ciertas formas de energía como fregado y duchado, deben utilizarse detergentes químicos y luego desinfectantes (con el posterior enjuague en cada caso), como se mencionó previamente, con el fin de lograr la sanitización de las superficies en contacto con el producto.

Existen diversos factores que influyen sobre la higiene como, por ejemplo, el tipo de suciedad a eliminar, el tipo de superficie, la dureza del agua a emplear y el grado de limpieza requerido.

En cuanto al tipo de residuos que quedan depositados, debe evaluarse su naturaleza debido a que no existe un único método de limpieza y producto que actúe simultáneamente en todos. En la Tabla 45 se detallan los residuos más comunes:

**Tabla 45.** Residuos típicos en la industria láctea (Legrand Morales, 2013).

<b>Componente en superficie</b>	<b>Solubilidad</b>	<b>Facilidad de remoción</b>
Azúcares	Soluble en agua	Caramelización aumenta la dificultad de remoción
Grasas	Insoluble en agua, soluble en álcali	Polimerización: difícil de remover
Proteínas	Insoluble en agua, soluble en álcali, ligeramente soluble en ácido	Desnaturalización: muy difícil de remover
Minerales	Solubilidad en agua variable, la mayoría de las sales son solubles en ácido	Variable

Existen diferentes maneras de realizar la limpieza de los equipos. Las formas más comunes son:

- Limpieza manual: instalaciones y tanques de tamaño grande
- Limpieza fuera de lugar (COP): partes removibles de los equipos
- Limpieza automática en el lugar (CIP): tanques, tuberías y equipos de proceso

Se propone utilizar el sistema CIP, ya que el proceso de elaboración de yogur es totalmente cerrado. Este tipo de limpieza se efectúa sin desarmar los equipos, por lo que el agua de enjuagado y las soluciones de limpieza se hacen circular a través de todos los equipamientos sin necesidad de desmonte. Para ello, se requiere del control de temperatura del fluido de limpieza, el tiempo de la limpieza, la acción mecánica a la que se somete, la concentración y composición de los químicos que se utilizan. Es de suma importancia lograr una cierta velocidad de circulación de los fluidos de limpieza, de manera de lograr un flujo turbulento y por lo tanto asegurar que habrá una fuerza mecánica eficaz que arrastre la suciedad (Legrand Morales, 2013).

En el Anexo VII se encuentra detallado, a modo de ejemplo de la implementación de los POES, el procedimiento para la correcta limpieza y desinfección del tanque de fermentación.

### 10.3. Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP)

El Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP, por su sigla en inglés) es un componente del sistema de gestión de la higiene e inocuidad de alimentos. Es definido por la FAO como “un abordaje preventivo y sistemático dirigido a la prevención y control de peligros biológicos, químicos y físicos, por medio de anticipación y prevención, en lugar de inspección y pruebas en productos finales”, es decir, que identifica y evalúa peligros significativos y aplica medidas de control sobre éstos en etapas determinadas del proceso. Dichas etapas son identificadas como Puntos Críticos de Control (PCC). Además, define acciones correctivas evitando que un alimento se comercialice si se perdió el control en algún PCC.

Para la implementación de un plan HACCP se debe cumplir un programa de prerrequisitos (BPM y POES). Como se mencionó previamente, esto constituye la base para la aplicación de este programa que tiene como único fin la producción de alimentos inocuos (Figura 46). Es necesario que la industria cuente con un plan escrito y registros que, en conjunto, demuestren de qué manera se asegura la inocuidad (Civit, 2019).

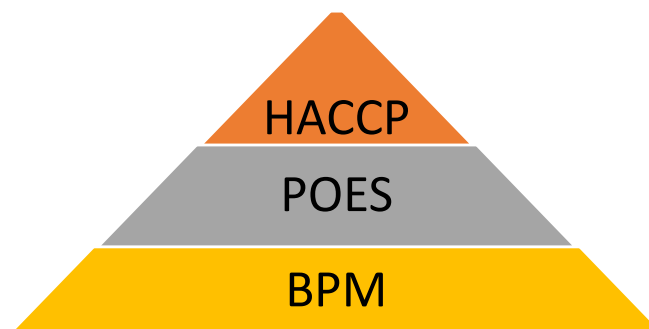
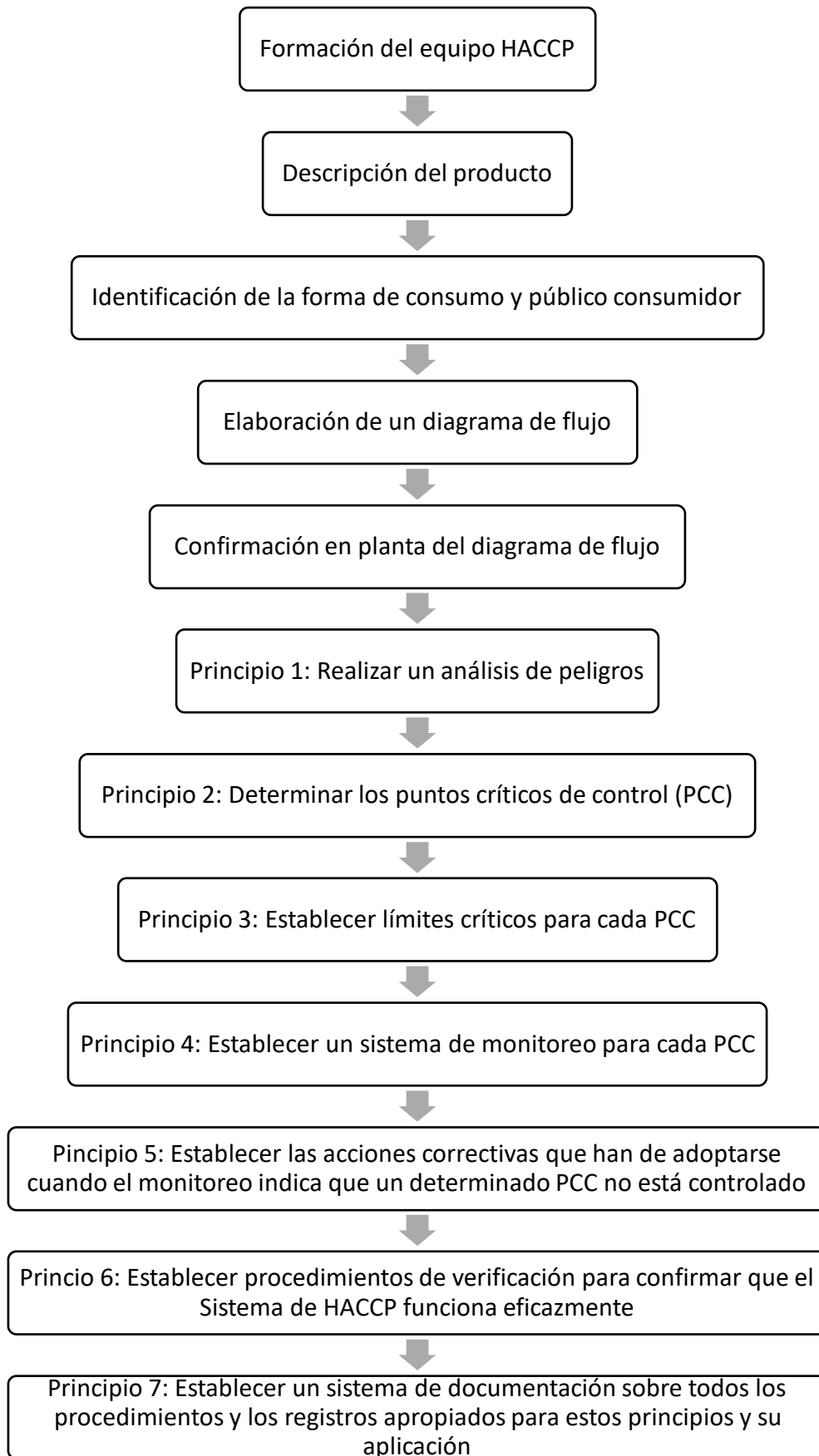


Figura 46. BPM y POES como base del HACCP.

En cuanto al aspecto legal, el CAA hace referencia al HACCP en el Capítulo II, Art. 18 bis. En dicho artículo, se plantean las directrices que son de cumplimiento obligatorio en la elaboración de aquellos productos para los cuales la implementación de un sistema HACCP es obligatoria. Para los demás productos es facultativa la implementación del plan. Estas Directrices se deben aplicar desde la recepción de las materias primas hasta la salida de fábrica del producto terminado.

Si bien para el caso de la elaboración de yogur, la implementación del plan no es obligatoria, se considera que contar con el mismo permite asegurar la inocuidad del producto, además de dar herramientas para mantener el proceso bajo control.

Para llevar a cabo la implementación del HACCP, se describe a continuación la secuencia lógica que da los pasos que deben llevarse a cabo consecutivamente (Figura 47) y, posteriormente, se detalla lo que involucra cada uno de dichos pasos (Civit, 2019).



**Figura 47.** Secuencia de etapas consecutivas para implementación del HACCP.

### **Formación del equipo HACCP**

El CAA define al equipo HACCP como un “grupo multidisciplinario de personas con conocimientos y competencia técnica sobre el producto y el proceso, responsables del desarrollo de un plan HACCP”. El equipo estará conformado por personal de la empresa quien además participará en la implementación y mantenimiento del sistema.

Se designará un responsable del equipo, el que formará parte del organigrama de la empresa. Se especificará para cada integrante el nombre, apellido, cargo y responsabilidad.

- Responsable del equipo HACCP: gerente general.
- Responsable de la implementación del plan: encargado de calidad.
- Responsables de aplicar lo establecido en el plan HACCP en su sector: operarios.

Se puede contratar un consultor externo que brinde asesoramiento, pero sin reemplazar el trabajo del equipo HACCP, el cual participará del desarrollo, pero no así, en la implementación y mantenimiento del sistema.

### **Descripción del producto**

Se especificará el nombre del producto, materias primas, propiedades físico-químicas, materiales y tipo de envasado, condiciones de almacenamiento, vida útil, lugares de venta, etc.

- Nombre del producto: yogur descremado firme sabor vainilla.
- Materias primas: ver sección 5.2. *Materias primas principales y sus características.*
- Propiedades físico-químicas: se estimaron por Choi-Okos. Se obtuvieron los siguientes valores:
  - o Densidad: 1070 kg/m<sup>3</sup>
  - o Conductividad térmica: 0,54 W/m°C
  - o Capacidad calorífica: 3,95 kJ/k°C
  - o Difusividad térmica: 1,3x10<sup>-7</sup> m<sup>2</sup>/s
- Materiales y tipo de envasado: pote de polipropileno con tapa de aluminio termosellada.
- Condiciones de almacenamiento: temperatura de refrigeración (4 a 8 °C).
- Lugares de venta: ver sección 3. *Análisis de mercado.*

### **Identificación de la forma de consumo y público consumidor**

El producto está destinado para el consumo directo y el público al cual está destinado el mismo se detalla en la sección 3.1.1. *Mercado objetivo.*

### **Elaboración de un diagrama de flujo**

Representa de manera esquemática el proceso de elaboración indicando en forma simple las operaciones a las que se someten las materias primas, envases, etc., desde que ingresan a la planta hasta la finalización y obtención del producto terminado. Deberá estar acompañado de una descripción de las etapas en la que se aclaren las condiciones de proceso propias de cada una (tiempo, temperatura, pH, etc.), los equipos utilizados y condiciones de entrada y salidas (cambios de humedad relativa, cambios de temperatura).

Dicha información se presenta en las secciones 6.

### **Confirmación en planta del diagrama de flujo**

El equipo HACCP inspeccionará y confirmará en planta que lo que se realiza en la operación diaria coincida, tanto con el diagrama de flujo como con las condiciones detalladas en la descripción de etapas. De esta manera, de ser necesario, se realizarán modificaciones y se verificará que los datos escritos sean exactos, completos y repetibles.

### **PRINCIPIO 1 - Realizar un análisis de peligros**

Para interiorizar en lo que compete a este principio, es necesario definir los conceptos de peligro y riesgo. Dichas definiciones, se especifican en el CAA de la siguiente manera:

- Peligro: agente biológico, químico o físico presente en el alimento, o bien la condición en que éste se halla, que puede causar un efecto adverso para la salud.
- Riesgo: estimación de la probabilidad de ocurrencia de un peligro.
- Peligro significativo: aquel cuyo riesgo y gravedad, determinen que sea necesario controlar el proceso para asegurar su prevención, eliminación, o reducción a niveles aceptables para obtener un alimento inocuo.

Debe considerarse que los peligros podrían ser parte de las materias primas y otros insumos y/o podrían incorporarse o incrementarse en el alimento en las diferentes etapas del procesamiento. Además, vale aclarar que existen contaminantes que no son calificados como peligros, ya que se los considera un defecto de calidad y no de inocuidad, como por ejemplo pelos, insectos, suciedad, etc.

El análisis de peligros lo realizará el equipo HACCP, identificando peligros potenciales, evaluando cuáles de ellos son significativos e identificando las medidas de control (pasteurización, congelación, salado, detección de metales, etc.) correspondientes para aquellos peligros que fueron catalogados como significativos. En este análisis se tendrán en cuenta las materias primas, los insumos y las etapas del proceso. Además, se considerará el cumplimiento del programa de prerrequisitos, de manera de no identificar un peligro como significativo por incumplimiento del mismo.

Una vez identificados los peligros potenciales se evaluará su riesgo (frecuencia) y severidad (consecuencias para la salud del consumidor) en conjunto para determinar su significancia. Ambos parámetros pueden catalogarse como alto, medio o bajo en función de investigaciones bibliográficas o experiencias y conocimientos propios del equipo HACCP. Dependiendo de la combinación resultante, el peligro quedará identificado o no como significativo.

En todos los casos analizados, se incluirá una justificación de la calificación del peligro evaluado. En caso de tratarse de un peligro no significativo no se requieren más consideraciones del mismo dentro del plan HACCP. En cambio, si se trata de un peligro significativo, para cada caso se identificarán las medidas de control que permitirán prevenirlo, eliminarlo o reducirlo hasta un nivel aceptable (CAA, 2019; Civit, 2019).

### **PRINCIPIO 2 - Determinar los puntos críticos de control (PCC)**

Un punto crítico de control (PCC) puede definirse como una etapa en la que debe aplicarse un control (medida de control) y que es esencial para prevenir, eliminar o reducir un peligro significativo a un nivel aceptable.

Para facilitar la determinación de un PCC se utilizará un árbol de decisiones en el que se indica un enfoque de razonamiento lógico (Figura 48) (CAA, 2019).



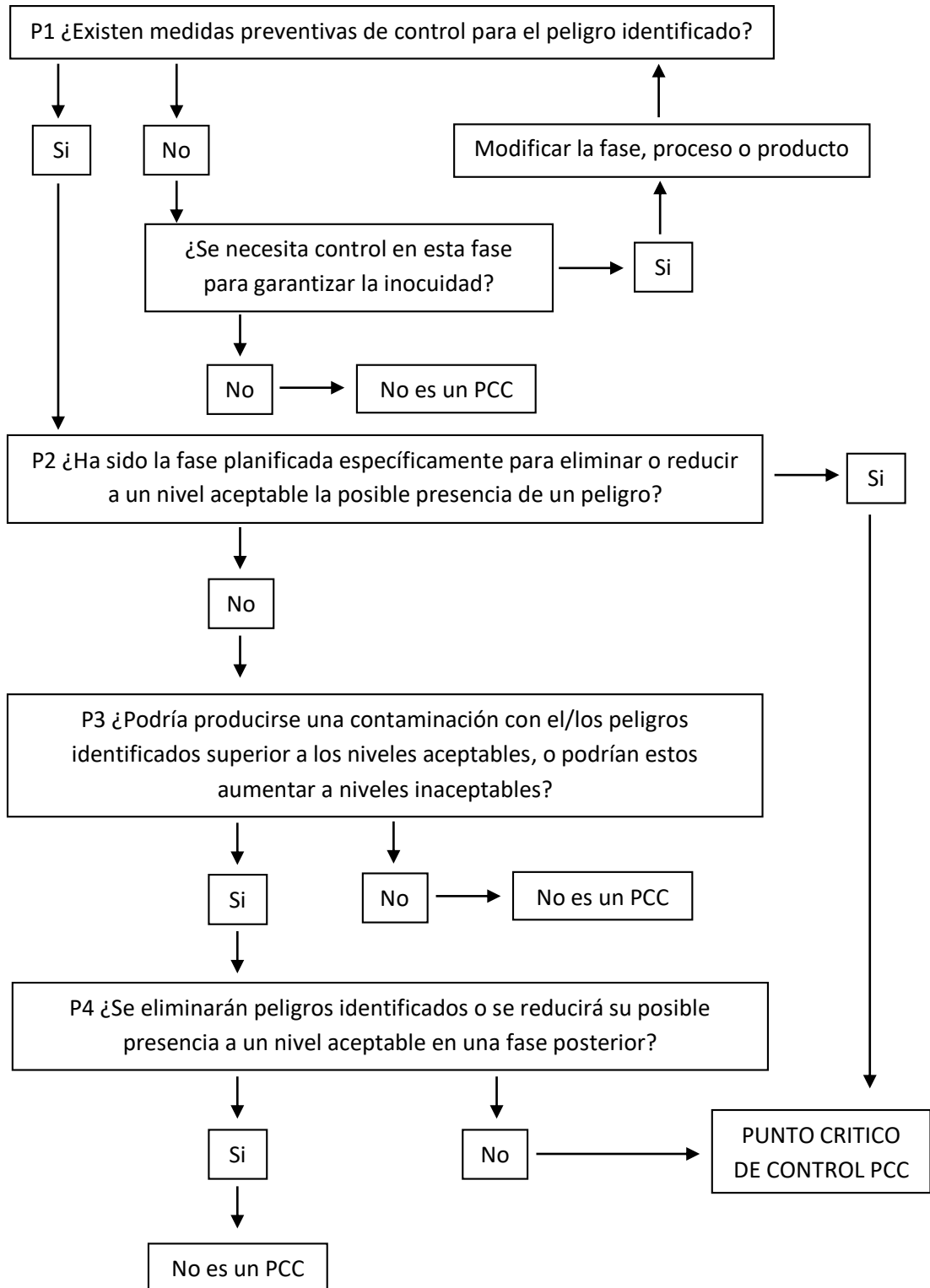


Figura 48. Árbol de decisiones.

El árbol de decisión es una herramienta cuya utilización no es de carácter obligatorio. Debe tenerse en cuenta que el seguimiento de esta secuencia lógica, aplicada a algunos procesos, puede llevar a resultados erróneos, por lo tanto, debe aplicarse de manera flexible teniendo siempre como base el criterio y conocimiento técnico del equipo HACCP (Civit, 2019).

### **PRINCIPIO 3 - Establecer límites críticos para cada PCC**

Un límite crítico es un valor mensurable que permite controlar el peligro significativo asegurando la inocuidad. Dicho valor estará asociado a la medida de control especificada para la etapa de proceso en cuestión. Para cada PCC puede haber uno o más límites críticos asignados. Los mismos estarán validados por la legislación o investigaciones científicas.

En algunos casos, se pueden utilizar límites operacionales que tienen en cuenta la variabilidad normal propia del equipo. El CAA los define como criterios más rigurosos que los límites críticos empleados por el elaborador para reducir el riesgo de una desviación y poder realizar las correcciones al proceso (ajuste del proceso) antes que se alcance el límite crítico y necesariamente, acudir a la aplicación de acciones correctivas. Es decir, se aplican para trabajar con un margen de seguridad en las operaciones (CAA, 2019; Civit, 2019).

### **PRINCIPIO 4 - Establecer un sistema de monitoreo para cada PCC**

El CAA define la acción de monitorear como llevar a cabo una secuencia planificada de observaciones o mediciones de los parámetros de control (temperatura, tiempo, pH,  $a_w$ , etc.) para evaluar si un PCC está bajo control. Se determinará qué, cómo, cuándo y quién va a realizar esta actividad y se contará con documentación donde se explicita esta información (procedimiento). Además, se registrará el monitoreo en el momento de la observación y con el valor del parámetro observado, realizando un documento escrito (registro) que demostrará la implementación del plan HACCP (CAA, 2019; Civit, 2019).

### **PRINCIPIO 5 - Establecer las acciones correctivas que han de adoptarse cuando el monitoreo indica que un determinado PCC no está controlado**

Si bien el plan HACCP busca mantener en todo momento la inocuidad del producto mediante la identificación y control de peligros significativos desde un enfoque preventivo, puede suceder que, en alguna circunstancia no frecuente, el PCC quede fuera de control. A raíz de esto, es que se establecerán acciones correctivas que eviten que un alimento potencialmente no inocuo llegue a los consumidores. Algunas acciones que podrían realizarse son rechazar la materia prima, retener, reprocesar o destruir el producto. Una vez tomada la medida, se corregirá la causa de la desviación para reestablecer el control del proceso.

Las acciones correctivas a tomar en caso de una desviación estarán escritas en un procedimiento y en caso de que deban aplicarse, existirá un registro vinculado al de monitoreo que registró la desviación de la etapa correspondiente. De esta manera, es posible identificar el producto que fue afectado y qué curso se le dio, como se mencionó anteriormente. Además, es posible tener disponible la información de los problemas que ocurren en la planta y cómo fueron solucionados, de manera de poder realizar un seguimiento de manera tal de disminuir la frecuencia de ocurrencia (CAA, 2019; Civit, 2019).

### **PRINCIPIO 6 - Establecer procedimientos de verificación para confirmar que el sistema de HACCP funciona eficazmente**

La verificación del sistema involucra la validación del plan, la verificación de los PCC y la verificación del sistema. Su objetivo es brindar información que sea útil para corregir deficiencias halladas en el plan o el sistema.

La validación del plan se hará al determinar si es válido y correcto el documento escrito y si es factible de llevar a cabo en la línea de producción para la cual ha sido elaborado. Esta etapa de

verificación se hará antes de implementar el sistema HACCP y se evaluará que la información especificada sea veraz y que al poner en práctica lo que se ha escrito, se va a garantizar el control de los peligros identificados.

La verificación de los PCC se realizará a través de la revisión de los registros de monitoreo y de acciones correctivas. Esto permite verificar si los registros están completos de forma correcta, según lo establecido, si se opera dentro de los límites críticos y operacionales, y si, en caso contrario, se llevan a cabo las acciones correctivas propuestas. Además, de esta manera se realizará un seguimiento de la frecuencia con la que ocurren las desviaciones.

La verificación del sistema HACCP incluirá auditorías realizadas por personas que no estén involucradas en la implementación del sistema, que estén capacitadas para tal fin. Los auditores pueden pertenecer a la empresa o ser externos a la misma. Lo que se hace es verificar si lo que se encuentra detallado en el plan escrito se implementa de forma coincidente en el establecimiento auditado.

Tanto la verificación de los PCC como del sistema, se realizará luego de poner en práctica el plan (CAA, 2019; Civit, 2019).

**PRINCIPIO 7 - Establecer un sistema de documentación sobre todos los procedimientos y los registros apropiados para estos principios y su aplicación**

Sirve para demostrar que el plan está desarrollado y funciona según lo previsto. Además del plan propiamente dicho, se incluirá todo el material bibliográfico utilizado para desarrollarlo.

Los registros que se incluirán obligatoriamente son los de monitoreo de cada PCC, los de acciones correctivas y los de verificación. Estos se mencionaron con anterioridad en los principios vinculados a cada uno de ellos. El CAA establece que deberán conservarse por un período, como mínimo, igual a la vida útil del alimento (CAA, 2019; Civit, 2019).

En los Anexos VIII y IX se presentan las planillas correspondientes a Análisis de Peligros y PCC y Principios aplicados a los PCC.

En los análisis correspondientes no se consideran como peligros potenciales a los restos de antibióticos presentes en la leche, químicos provenientes de las etapas de limpieza y microorganismos patógenos provenientes de la manipulación del producto por parte de los operarios ya que se trabajará con la correcta implementación y verificación de Buenas Prácticas Agrícolas en los tambos proveedores de leche. Además, en la planta elaboradora se tendrán correctamente implementados y verificados BPM y POES ya que son prerrequisitos para la implementación del plan HACCP. Por otro lado, se desestiman los contaminantes físicos que no representan un peligro para la salud (pelos, pastos, papel, cartón, etc.) y microflora deteriorante debido a que influyen en la calidad y el plan HACCP se basa exclusivamente en garantizar la inocuidad del producto.

## 11. Layout

En esta sección se presentará una propuesta de distribución en planta en función del análisis de relación de actividades y de los 8 factores que la afectan.

### 11.1. Análisis de relaciones de actividades

En esta sección se analizará la relación existente entre cada una de las etapas del proceso, en base a la importancia de la proximidad entre las mismas. El diagrama utilizado para realizar esta evaluación se presenta en la Figura 49. Esta herramienta es de utilidad para, de una manera sencilla, identificar en qué casos es necesaria una cercanía entre equipos o, por el contrario, en qué casos deben realizarse separaciones físicas entre sectores.

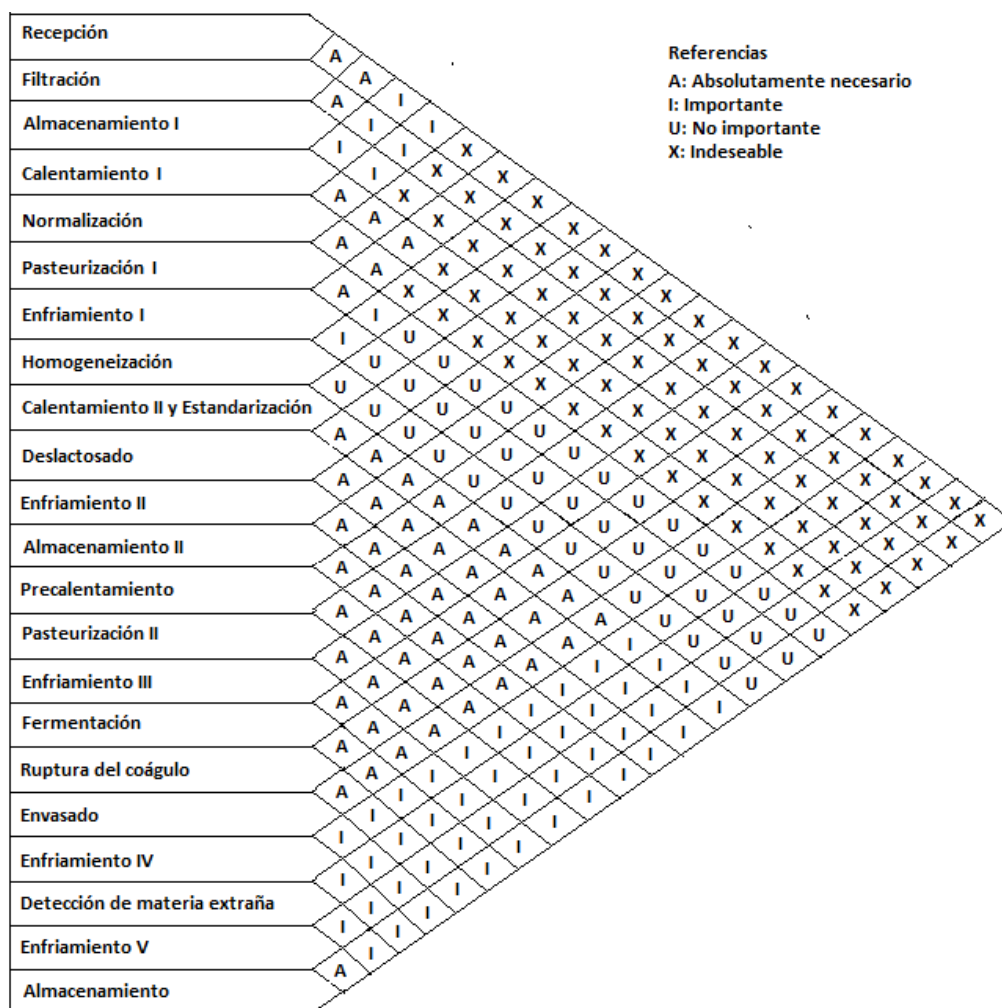


Figura 49. Diagrama de relación de actividades.

Para realizar el análisis se tuvo en cuenta que:

- La materia prima no debe estar en contacto con producto semiterminado o producto final.
- Las etapas Calentamiento I, Pasteurización I y Enfriamiento I se realizan en un mismo equipo.

- Se requiere que el envasado se realice en un lugar próximo a donde esté ubicado el fermentador, debido a que el proceso se realiza por gravedad.
- Es importante que no se pierda la cadena de frío evitando tiempos de espera excesivos, generados por traslados de un equipo/sector a otro.

## **11.2. Análisis de los 8 factores que afectan la distribución en planta**

### **1- Materiales**

- Materia prima

La leche (materia prima) se recibe en camiones cisterna, los cuales provienen de tambos. Se realiza el ingreso en planta, mediante un sistema de mangueras y cañerías, donde la leche se filtra. Luego, se almacena en un tanque refrigerado, hasta tener los resultados del test de inhibición biológica, el cual define el destino del producto. Si el test da negativo, la leche se transporta por cañerías hasta el Intercambiador I, donde recibe un calentamiento previo. Luego, se dirige a la desnatadora y posteriormente vuelve al Intercambiador I, para ser pasteurizada y enfriada. A la salida de este equipo, se realiza la homogeneización y luego se transporta por cañerías hacia el Fermentador I. Posteriormente, se adiciona la leche en polvo (materia prima) y de esta etapa se obtiene leche descremada, pasteurizada, normalizada y estandarizada (material en proceso). En dicho tanque, se procede al deslactosado de la leche para obtener leche deslactosada (material en proceso) y, luego de su enfriamiento (Intercambiador II), se almacena en otro tanque fermentador (Fermentador II) hasta el día siguiente. Al comienzo de la nueva jornada de trabajo, se agregan los endulzantes y estabilizantes (materias primas) en el mismo tanque. Allí mismo se procede a realizar una segunda pasteurización, haciendo circular vapor por la camisa del tanque. Posteriormente, se realiza el enfriamiento en el Intercambiador II para que la mezcla alcance la temperatura de inoculación, y se traslada hacia el Fermentador I. Allí, se adiciona el inóculo (materia prima) y se procede a la fermentación. Para finalizar esta etapa, se realiza un análisis de laboratorio (medición de acidez en °D), para lo cual se toma una muestra del tanque. Una vez finalizada esta etapa, se procede a la ruptura del coágulo, con la ayuda del agitador del equipo, y al agregado de la esencia de vainilla (materia prima). El yogur descremado deslactosado (producto final) se transporta por cañerías hasta la maquina envasadora, donde el producto se dosifica en los potes plásticos, que luego son sellados. Por último, los potes se enfrían en un túnel de enfriamiento, pasan por un detector de rayos X y se almacenan en una cámara frigorífica hasta su comercialización.

- Mezcla agua + propilenglicol

Los dos intercambiadores de calor utilizan como fluido refrigerante una mezcla de agua + propilenglicol (corriente de servicio) a baja temperatura para enfriar los materiales correspondientes. La misma es transportada hasta un equipo de refrigeración, para ser enfriada mediante glicol (corriente auxiliar).

- Vapor

El vapor (corriente de servicio) que utilizan los tanques encamisados es generado, a partir de agua tratada (corriente de servicio), en la caldera y es transportado por cañerías asiladas. Luego de este proceso, el agua condensa y vuelve, mediante un circuito cerrado, hasta la caldera.

- Efluentes líquidos

El agua de lavado (efluente líquido) de los equipos (tanques encamisados, desnatadora, homogeneizador e intercambiadores), de las cañerías (donde se incluye el filtro) y de las instalaciones en general (piso, paredes, etc.) se vierte en rejillas, cuyas cañerías desembocan en las instalaciones de tratamiento de efluentes.

- Envases y tapas

Los potes de polipropileno (envase primario) ingresan a la planta en cajas de cartón y se almacenan en el depósito correspondiente a materiales de envasado. A su vez, las tapas de aluminio se reciben, también en cajas de cartón, y se disponen en el mismo depósito. Al momento de ser utilizados, ambos materiales se trasladan hacia la zona de envasado.

- Cajones y pallets de polietileno de alta densidad

Luego de ser llenados y enfriados en el túnel, los potes de yogur son colocados en cajones y estos, a su vez, en pallets. Estos se almacenan, posteriormente, en la cámara de refrigeración. El producto se comercializa en los cajones plásticos, los cuales vuelven a la planta, una vez que el producto fue distribuido en los comercios. En la recepción de los cajones en planta, se los palletiza y se llevan al sector de lavado de los mismos. Allí, se higienizan y sanitizan utilizando agua clorinada y agua de red. Se dejan escurrir y una vez secos se almacenan en el depósito correspondiente a estos materiales.

## **2- Maquinaria**

Los equipos involucrados en el proceso se encuentran detallados en las secciones *8.2. Diseño de equipos* y *8.3. Selección de equipos*.

## **3- Hombre**

La empresa cuenta con 3 personas en el área de administración y 1 gerente general, los cuales trabajan en el horario central (de 8 am a 5 pm).

En cuanto al trabajo en planta, la empresa cuenta con 1 supervisor de producción, 1 encargado de calidad, 1 encargado de mantenimiento y 4 operarios para cada turno. La jornada laboral es de 14 h, iniciando a las 4 am y finalizando a las 6 pm, y se organiza en 2 turnos de 7 h cada uno. Es así, que los operarios se dividen las tareas de manera que 2 de ellos se dedican a la elaboración del yogur A mientras que los 2 restantes llevan a cabo la producción del yogur B (ver sección *9. Diagrama de Gantt*).

A su vez, todos los empleados cuentan con 1,5 h de descanso durante su turno de trabajo.

## **4- Movimiento**

Los traslados que se producen durante el proceso se detallan a continuación:

- La leche es descargada con la ayuda de bombas y a través de mangueras y cañerías. Es trasladada hasta el tanque refrigerado.
- La leche pasa por el Intercambiador I, la desnatadora y el homogeneizador. Posteriormente, se traslada hasta el Fermentador I, se enfría en el Intercambiador II y se almacena hasta el día siguiente en el Fermentador II, donde suceden las etapas siguientes hasta enfriar la mezcla nuevamente en el Intercambiador II. Luego, se transporta hasta el Fermentador II, donde se obtiene el producto final. Todos los transportes de materiales se realizan mediante un sistema cerrado de cañerías.

- Los envases, las tapas y los cajones plásticos se transportan desde sus respectivos depósitos hasta la zona de envasado, por un operario y utilizando una zorra. De la misma manera, se llevan los pallets plásticos hacia la zona de descarga del túnel de enfriamiento.
- El yogur se dirige hacia la envasadora, nuevamente mediante un sistema cerrado de cañerías, y es dosificado en los potes.
- Los potes de yogur sellados se colocan en cajones plásticos y circulan por una cinta transportadora, a través del túnel de enfriamiento. Luego, son palletizados y utilizando una zorra, se trasladan hacia la cámara de almacenamiento.
- Al momento de la comercialización, se extraen los pallets de la cámara y se trasladan, mediante el uso de una zorra, hacia la zona de carga de camiones.

### **5- Espera**

- La leche cruda se mantiene en el tanque refrigerado por 3 h, el cual es el periodo que lleva la realización del test de inhibición biológica.
- La leche deslactosada se mantiene refrigerada en el Fermentador I durante 15,5 h, hasta comenzar la producción de yogur del día siguiente.
- El producto final se almacena en la cámara hasta su comercialización, lo que puede demandar hasta 24 h.
- Las materias primas secas (leche en polvo descremada, sacarosa, sucralosa y estabilizante) se encuentran a la espera de su utilización en el depósito correspondiente. En el mismo, se disponen de cantidades para abastecer la producción de 1 a 2 meses, dependiendo de la materia prima específica. Para el almacenamiento, se lleva a cabo el método FIFO, con el objetivo de asegurar la calidad e inocuidad de las materias primas.
- El inóculo y la esencia de vainilla se almacenan a temperatura de refrigeración en una heladera ubicada en el depósito de almacenamiento de materias primas. Se cuenta con cantidades para llevar a cabo la producción por 1 a 2 meses.
- Los envases y las tapas metálicas se encuentran en el depósito de envases, hasta el momento de ser requeridos en la etapa de Envasado. Dicho depósito cuenta con material de envasado para un período de producción de un mes.
- Los cajones y pallets plásticos se hallan limpios en el depósito correspondiente y se encuentran disponibles y a la espera de ser utilizados. La planta mantiene un stock de cajones de manera de poder abastecer la producción de una semana. Esto es así, debido a que los cajones salen y reingresan asociados al circuito de comercialización y distribución del producto. Por otro lado, los pallets no salen de la planta y se cuenta con una cantidad correspondiente a la necesaria para la producción de 2 días.

### **6- Servicios**

- Relativos al personal

Los sectores destinados al personal incluyen las oficinas de administración, los vestuarios y el comedor. Los mismos están equipados con agua fría y caliente, sistema de ventilación, calefacción y electricidad. Además, cuentan con sistemas contra incendios.

- Relativos al material

La planta cuenta con un laboratorio en el cual se realizan las siguientes pruebas:

- Test de inhibición biológica: se analiza la leche recepcionada asegurando su aptitud para la elaboración de yogur. Para ello, se utiliza un kit que detecta la presencia de antibióticos en la leche (los cuales destruyen a las BAL) y devuelve un resultado en un período de 3 h.
- Análisis de acidez: se realiza la prueba de alcohol para conocer el grado de acidez de la leche y junto a esta la frescura de la misma. Consiste en una reacción química cuyos resultados se evalúan rápidamente de forma visual.

- Relativos a la maquinaria

Los equipos requieren de distintos servicios auxiliares dependiendo de la etapa involucrada:

- Los tanques fermentadores requieren de la circulación tanto de fluido refrigerante (agua + propilenglicol) como de fluido calefactor (vapor) por su encamisado.
- Los Intercambiadores I y II requieren como fluido refrigerante a la mezcla agua + propilenglicol y el Intercambiador I requiere, además, de agua como fluido calefactor, proveniente de un tanque que cuenta con resistencia eléctrica.

Cabe destacar que todos los equipos requieren, para su funcionamiento, de suministro de electricidad ya sea para sistemas de agitación. Por otro lado, el fluido refrigerante mencionado se encuentra en un sistema cerrado, el cual lo conduce a un chiller para disminuir su temperatura. Lo mismo ocurre con el vapor, el cual es generado en una caldera.

## **7- Edificio**

Se propone trabajar sobre el edificio existente, utilizando la superficie con la que actualmente cuenta la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda.. Se considera únicamente el proceso de elaboración del yogur, centrándose en optimizar los espacios involucrados.

La fábrica se monta en dos plantas, considerando una superficie edificada de 25x25 m (625 m<sup>2</sup>). Para el planteo, se realizan diversas modificaciones edilicias y reordenamientos en el mismo. Es así, que se plantea la producción de yogur en el primer piso, mientras que el envasado se realiza por gravedad en la planta baja. Por otro lado, tanto el segundo piso como el subsuelo quedarían disponibles para el montaje de las líneas correspondientes al resto de los productos con los que cuenta la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda..

## **8- Cambio**

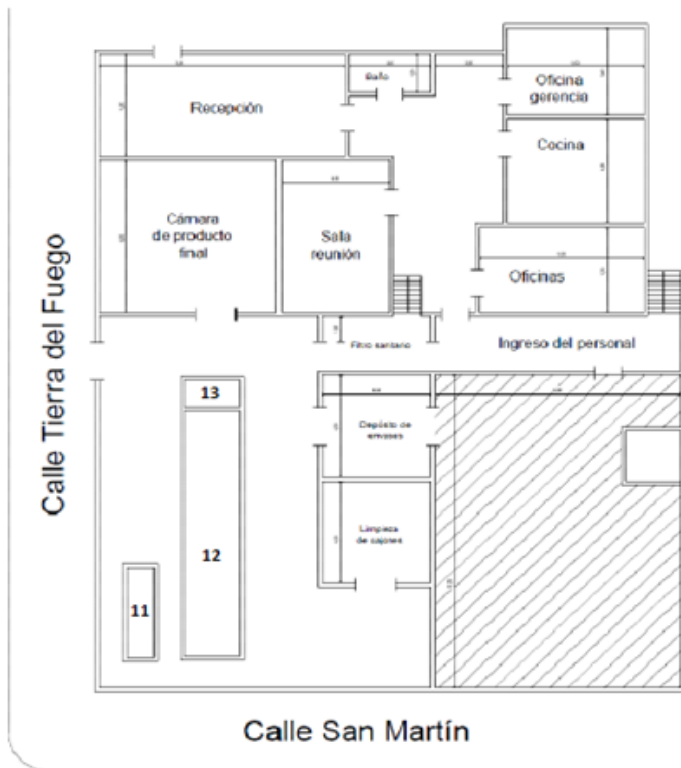
- Se plantea la producción de yogur en el primer piso, considerando que el envasado se realiza por gravedad en la planta baja. Actualmente, el procedimiento es similar, es decir, el envasado se realiza por gravedad, aunque el proceso total de elaboración involucra el primer y segundo piso.
- Se propone realizar la recepción de las materias primas y del personal de planta por calle San Martín. Por otro lado, el ingreso del personal de administración se hará por la recepción y el despacho del producto se establece por calle Tierra del Fuego.
- Considerando que el volumen de producción planteado excede la capacidad actual de la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda., todos los equipos que se proponen poseen una capacidad mayor respecto de la maquinaria actual. Además, se incorporan equipos que involucran etapas que no se realizan actualmente en la Cooperativa, los cuales son: el detector por rayos X y el túnel de enfriamiento.



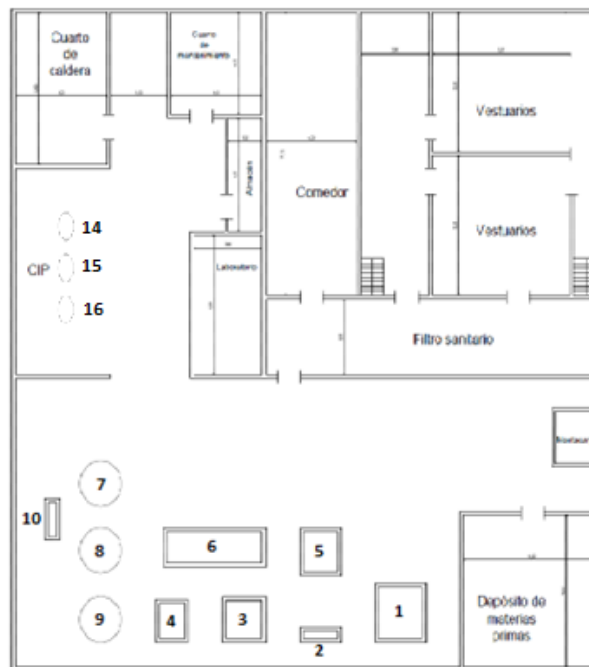
- Teniendo en cuenta que varios de los procesos planteados requieren de vapor, se propone la construcción de una sala de caldera, separada de la zona de elaboración, a fin de cumplir con las medidas de seguridad.
- Se plantea la incorporación de 2 filtros sanitarios, colocados en planta baja y primer piso. Estos se encuentran equipados para el lavado y sanitizado de manos y el lavado de botas.

A continuación, se presenta un plano de la planta teniendo en cuenta las consideraciones mencionadas en el análisis anteriormente realizado (Figura 50). Además, en la Figura 51 y la Figura 52 se detallan los movimientos de los operarios, la materia prima, envases, material en proceso, producto final y efluentes líquidos, tanto en planta baja como en planta alta.

**PLANTA BAJA**



**PLANTA ALTA**



**Referencias**

- 1) Tanque refrigerado
- 2) Intercambiador I
- 3) Desnatadora
- 4) Homogeneizador
- 5) Tanque de suministro de agua caliente
- 6) Chiller
- 7-8) Fermentador I
- 9) Fermentador II
- 10) Intercambiador II
- 11) Envasadora
- 12) Túnel de enfriamiento
- 13) Detector por rayos X
- 14-15-16) Tanque de almacenamiento para limpieza CIP

Figura 50. Plano de la planta.

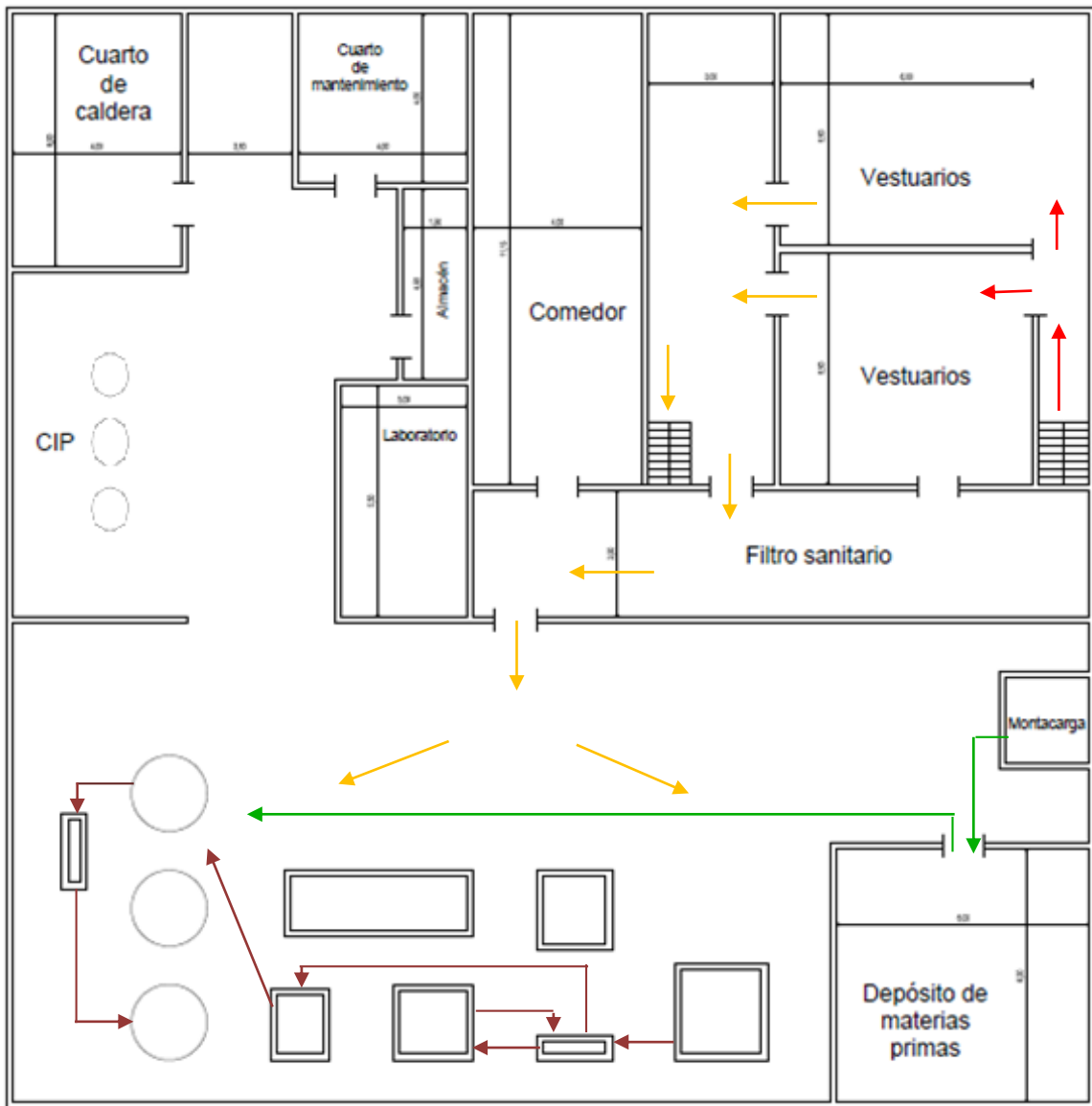


Figura 51. Movimientos en planta alta.

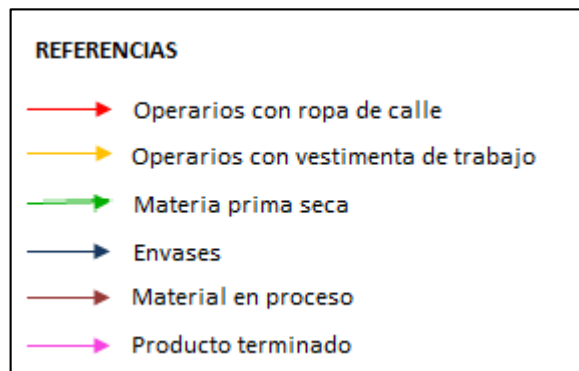
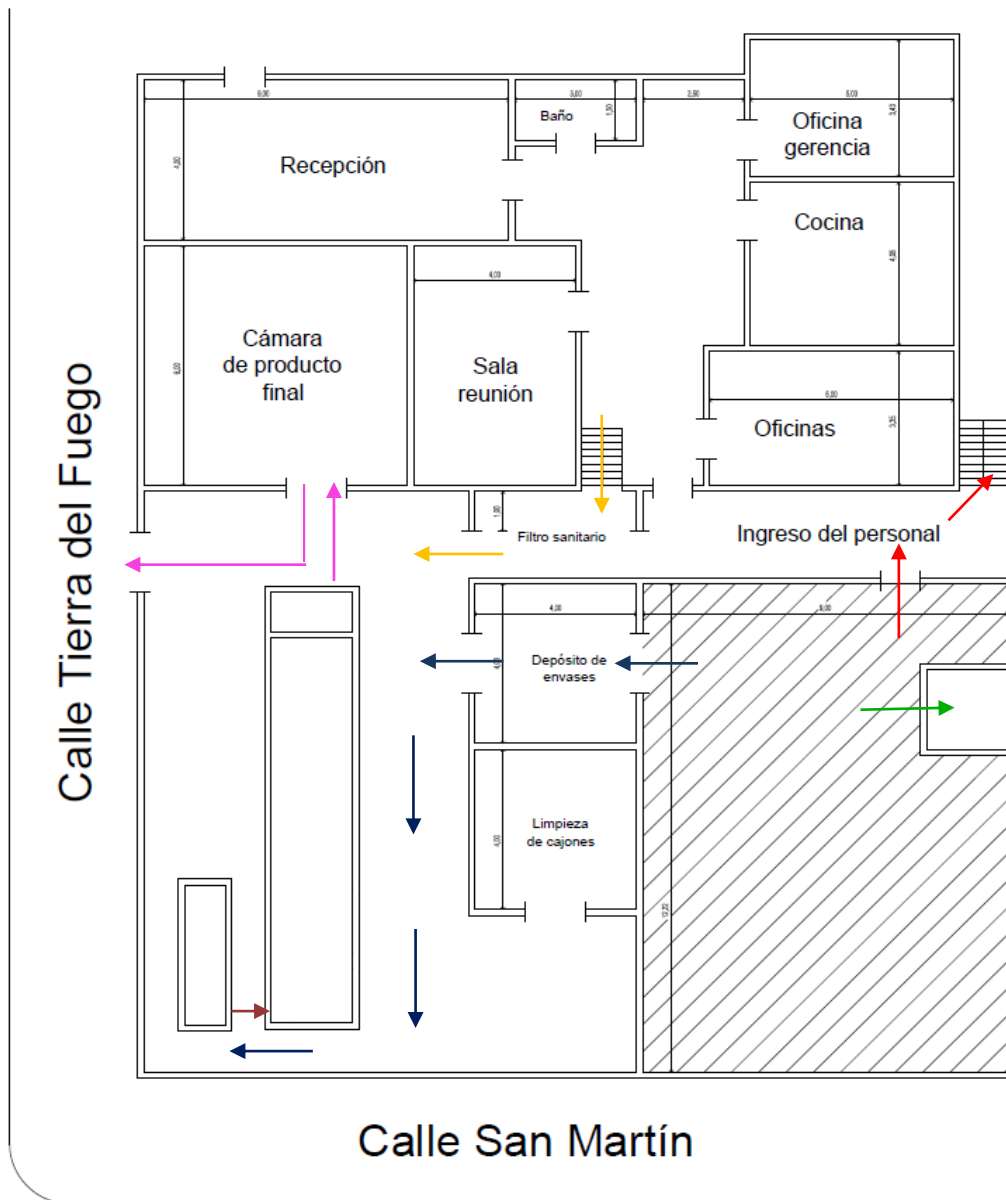


Figura 52. Movimientos en planta baja.

## 12. Impacto ambiental

Según la normativa ambiental vigente regida por la Ley N° 11459 Radicación Industrial es necesario la realización de una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y Auditorías Ambientales (AA) a fin de obtener el Certificado de Aptitud Ambiental (CAA).

La Ley de Radicación Industrial impone que debe realizarse la categorización del establecimiento industrial y la renovación del CAA cada 2 años. Dicha categorización se basa en el cálculo del Nivel de Complejidad Ambiental (NCA). A partir del valor obtenido la industria podrá ser calificada como de primera, segunda o tercera categoría:

- Primera categoría: incluye aquellos establecimientos que se consideran inocuos porque su funcionamiento no constituye riesgo o molestia a la seguridad, salubridad o higiene de la población, ni ocasiona daños a sus bienes materiales ni al medio ambiente.
- Segunda categoría: incluye aquellos establecimientos que se consideran incómodos porque su funcionamiento constituye una molestia para la salubridad e higiene de la población u ocasiona daños a los bienes materiales y al medio ambiente.
- Tercera categoría: incluye aquellos establecimientos que se consideran peligrosos porque su funcionamiento constituye un riesgo para la seguridad, salubridad e higiene de la población u ocasiona daños graves a los bienes y al medio ambiente.

El valor del NCA se calcula como:

$$NCA = Ru + Lo + Di + Ef Re Em + Sp$$

A partir de dicha ecuación, se analiza cada componente en función de las características del proceso de elaboración del yogur.

- Ru: Componente rubro y actividad. De acuerdo a la codificación de actividades que tiene en cuenta las características de las materias primas que se emplean, los procesos productivos y el producto que se elabora, la planta elaboradora de yogur es catalogada dentro del grupo 2 el cual recibe un Ru de 15 puntos.
- Lo: Localización del establecimiento. Recibe un puntaje de 2 puntos ya que la planta no se ubica en un agrupamiento industrial ni en una jurisdicción portuaria.
- Di: Dimensionamiento. En función de la potencia activa instalada que es de 368,6 kW (494 HP) (ver sección 13.1.2. *Costos de producción*) corresponde un puntaje de 1. Luego, en cuanto al indicador de superficie, la planta cuenta con 625 m<sup>2</sup> lo que significa un puntaje de 1. Por lo tanto, Di=3.
- Ef Re Em: Efluentes, Residuos y Emisiones. Dado que el proceso de elaboración de yogur genera residuos no especiales, efluentes líquidos con necesidad de tratamiento previo a su vuelco y gases de combustión de gas natural, se obtiene un puntaje de Ef Re Em=5.
- Sp: Sustancias peligrosas. No se manipulan sustancias peligrosas consideradas en el Anexo I de la Resolución N° 195/97 de la Secretaría de Obras Públicas y Transporte, por lo tanto, Sp=0.

Por último, puede concluirse que el NCA obtenido es de 24 puntos, lo que cataloga a la planta como de segunda categoría (Anexo 2, Art. 15 Ley N° 11459, 5/2019).

A raíz de ello, se propone promover el desarrollo de acciones de carácter preventivo con relación a los usos y aprovechamiento de los recursos naturales realizando un tratamiento de los efluentes líquidos, debido a que son los de mayor volumen de generación, y gestionando la recuperación y valorización de los residuos sólidos recuperables.

## 12.1. Tratamiento de efluentes

En la industria láctea y más precisamente en la del yogur, teniendo en cuenta los procesos involucrados, son de importancia los efluentes líquidos generados, pero no así los sólidos y gaseosos. El manejo de efluentes es actualmente una de las prácticas con más alto impacto en la industria alimentaria. Las principales normativas y legislaciones que se deben cumplir tienen como objetivo evitar la contaminación del ambiente y preservar los recursos naturales, siendo uno de los más importantes el agua. Este recurso, al ser utilizado en los diferentes procesos involucrados, sumado a otros desechos de la producción, se transforma en efluente, llevando consigo diversas sustancias. Al ser descargada directamente en los cursos de agua, modifica el ecosistema y da como resultado la contaminación del ambiente.

Los efluentes líquidos provienen principalmente del lavado de pisos y paredes y del lavado de los equipos que se realiza antes, durante y luego de la producción, por lo que contienen una alta carga orgánica proveniente de los productos procesados. Debido a ello, en el presente trabajo se estudiarán las características de estos efluentes y se presentará el tratamiento a realizar para poder verterlos al sistema cloacal según la reglamentación vigente sin dañar el ecosistema receptor.

Algunos de los parámetros más importantes en cuanto al control en el vertido de efluentes, son la DQO y DBO.

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias disueltas o en suspensión en una muestra líquida, que son susceptibles de ser oxidadas por medios químicos. Es así, que se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ ).

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno consumido al degradar la materia (disuelta o en suspensión) susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos. Al igual que la DQO, se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ ) (Sgarlatta y Tarditti, 2015).

### 12.1.1. Caracterización del efluente

Las aguas residuales mencionadas anteriormente se caracterizan por tener:

- Marcado carácter orgánico (elevada DBO y DQO).
- Alta biodegradabilidad.
- Contenido considerable de materia grasa.
- Altas concentraciones de fósforo y nitratos (asociadas a productos de limpieza y desinfección).
- Presencia de sólidos en suspensión.
- Conductividad elevada.
- Temperatura variable.
- Valores variables de pH (uso de ácidos y bases en los procedimientos de limpieza).

Como se mencionó anteriormente, los efluentes considerados se asocian a un elevado carácter orgánico, debido a los diversos componentes de la leche. Es así, que dicha materia prima posee una DBO de 110000  $\text{mg}/\text{L}$  (considerando 5 días de reacción) y una DQO de 210000  $\text{mg}/\text{L}$ . En relación a esto, se ha estimado que el 90 % de la DQO de los efluentes de una industria

láctea está ligado a componentes de la leche, mientras que el 10 % restante se asocia a sustancias ajenas (Sgarlatta y Tarditti, 2015).

En cuanto a la cantidad del efluente a tratar, se considera que en una planta procesadora de lácteos se utilizan de 2,5 a 6 L de agua por cada litro de leche procesada, aunque este valor puede descender hasta una relación 1:1 si se trabaja con buenas prácticas en el manejo del agua (Prado Farfán, 2013).

### 12.1.2. Regulación vigente

Teniendo en cuenta que la planta elaboradora se sitúa en la ciudad de Mar del Plata, perteneciente al partido de General Pueyrredón, se consideran las regulaciones establecidas por Obras Sanitarias Sociedad de Estado (OSSE) presentes en la Ordenanza N° 23023 del año 2017.

En principio es necesario tener en cuenta la categorización. Según el Artículo 30, la planta se encuentra comprendida en la Categoría D ya que en esta se consideran aquellos servicios en los que el agua es utilizada como elemento necesario o accesorio de la industria.

En el Artículo 99, se establece que la mala calidad del efluente que vierta un sistema autónomo en general, de carácter permanente o estacional, y/o emprendimientos a las instalaciones de OSSE, dará derecho a incrementar el Cargo de Ampliación de Demanda de cloaca, tomando como parámetro indicador el valor de Demanda Química de Oxígeno (DQO) de acuerdo a la Tabla 46 que se observa a continuación:

**Tabla 46.** Incremento del Cargo de Ampliación de Demanda de cloaca.

Concentración de DQO [mg/L]	Incremento [%]
700-1000	45
1001-2000	90
2001-5000	150
5001-10000	300
Más de 10000	450

Por lo tanto, se facturará para los vuelcos de efluentes industriales que presenten excesos de DQO, un incremento en el valor del metro cúbico desaguado según la Tabla 46 (OSSE, 2017).

### 12.1.3. Diseño del decantador

Para realizarle un tratamiento a los efluentes, previo al vertido, se utilizará un decantador horizontal, el cual forma parte de un sistema destinado a retener partículas decantables presentes en el líquido. Se trata de un sedimentador por gravedad, donde las partículas pesadas se recogerán por el fondo en forma de lodo, mientras que los compuestos livianos (materia grasa) se extraerán de la superficie con peines.

Al suponerse una suspensión ideal, se toman las siguientes consideraciones:

- Diluida y sin interacción entre partículas (sedimenta cada una por separado).
- Flujo libre.
- Viscosidad y densidad constante.
- Partículas distribuidas uniformemente.
- Temperatura constante, por lo que no existe flujo convectivo.

A su vez, al considerar sedimentador ideal se supone velocidad uniforme de desplazamiento, flujo pistón y ausencia de turbulencia (Fardín, 2019).

El decantador consta de cuatro zonas principales (Figura 53):

- Zona de entrada (1): permite una distribución uniforme del flujo dentro del sedimentador.
- Zona de sedimentación (2): canal rectangular con dimensiones y condiciones de flujo adecuados para que sedimenten las partículas.
- Zona de lodos (3): lugar donde se depositan los lodos sedimentados, el cual puede presentar una inclinación de hasta 10°, de forma de facilitar la evacuación periódica a una tubería.
- Zona de salida (4): incluye un vertedero, canaletas o tubos con perforaciones que tienen como finalidad la recolección del efluente, evitando la perturbación de la sedimentación de las partículas depositadas (Torres, 2014).

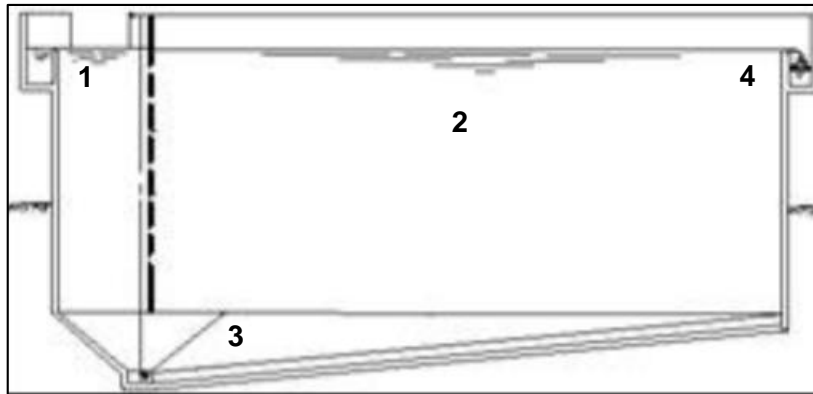


Figura 53. Decantador.

Para llevar a cabo el diseño, es necesario dimensionar la base de la unidad de decantación, a partir de la velocidad de las partículas sedimentables y del caudal de efluente a tratar.

#### 12.1.3.1. Cálculo de velocidad de sedimentación

La velocidad de sedimentación de las partículas puede calcularse a partir de la Ley de Stokes, la cual se detalla a continuación:

$$v_s = \frac{(\rho_s - \rho) \cdot g \cdot D_p^2}{18 \cdot \mu}$$

Donde  $\rho_s$  y  $\rho$  son la densidad del sólido y la del líquido respectivamente en  $\text{kg/m}^3$ ,  $g$  es la aceleración de la gravedad en  $\text{m/s}^2$ ,  $D_p$  el diámetro de partícula en  $\text{m}$  y  $\mu$  la viscosidad del fluido en  $\text{kg/m s}$ .

La Ley de Stokes se basa en que un cuerpo que se mueve libremente en un fluido viscoso tiene su movimiento asociado a diferentes fuerzas como son su propio peso ( $F_g$ ), el empuje ( $F_E$ ) y la fricción ( $F_V$ ) (Figura 54).



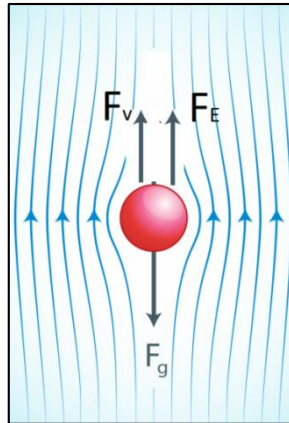


Figura 54. Partícula en fluido viscoso.

Esta ley es válida para flujo laminar y partículas esféricas. Debe cumplirse la condición de que el número de Reynolds sea menor a 0,1, mientras que si se encuentra entre 0,1 y 1 presenta un error de hasta el 10 % (Durruty, 2015).

Para el presente trabajo, se harán simplificaciones a fin de realizar un cálculo aproximado de las dimensiones del decantador. Para ello, se consideran las siguientes suposiciones:

- El líquido tiene la densidad y viscosidad del agua ( $1000 \text{ kg/m}^3$  y  $0,001 \text{ kg/m s}$  respectivamente), ya que este fluido será el utilizado en la limpieza de los equipos e instalaciones.
- Las partículas a decantar se asemejarán a partículas de arena fina, cuyo diámetro es de  $0,05 \text{ mm}$  y su densidad de  $2650 \text{ kg/m}^3$  (OPS, 2005).

Para iniciar el diseño, se calcula la velocidad de sedimentación según lo detallado anteriormente:

$$v_s = \frac{(2650 - 1000) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (0,00005 \text{ m})^2}{18 \cdot 0,001 \frac{\text{kg}}{\text{m s}}} = 0,0022 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

A fin de verificar si con la velocidad calculada se cumple el rango de validez para la ley, se calcula el número de Reynolds de la siguiente manera:

$$Re = \frac{\rho_s \cdot v_s \cdot D_p}{\mu} = 0,29$$

Como puede observarse, el valor de Reynolds se encuentra dentro del rango de 0,1 y 1 por lo que el cálculo presenta un 10 % de error.

### 12.1.3.2. Cálculo de caudal de efluente

El caudal depende del tiempo dedicado a la limpieza y del volumen de efluente generado.

El tiempo de limpieza es de 3 h, como se mencionó en la sección 9. *Diagrama de Gantt*. Además, el volumen de efluente se considerará como el valor medio del rango definido por Prado Farfán, es decir,  $4,25 \text{ L}$  de efluente por cada litro de leche procesada.

Teniendo en cuenta que se procesará un volumen de  $2052 \text{ L}$  de leche cruda diariamente, se obtiene un caudal de efluente de  $2907 \text{ L/h}$ .

### 12.1.3.3. Cálculo de las dimensiones del decantador

Para lograr la decantación, el tiempo de sedimentación ( $t_s$ ) debe ser menor al tiempo de residencia de la partícula en el decantador ( $t_r$ ). A continuación, se definen ambos tiempos:

$$t_S = \frac{h}{v_S} \quad t_R = \frac{L}{v_R}$$

Donde h y L son la altura y el largo del sedimentador respectivamente en m y  $v_R$  la velocidad de avance horizontal de la partícula en m/s.

Además, la  $v_R$  se puede definir de la siguiente manera:

$$v_R = \frac{Q}{h \cdot l}$$

Siendo Q el caudal de efluente en  $m^3/s$  y l el ancho del sedimentador en m.

Combinando la ecuación anterior con la del tiempo de residencia y, teniendo en cuenta, como se dijo anteriormente, que  $t_S$  debe ser menor a  $t_R$ , se obtiene el caudal máximo a procesar:

$$Q < v_S \cdot l \cdot L \quad \Rightarrow \quad Q_{max} = v_S \cdot l \cdot L$$

Al conocer el caudal de efluente a tratar y la velocidad de sedimentación, es posible obtener el área de la base de la unidad:

$$A = l \cdot L = \frac{Q_{max}}{v_S} \quad \Rightarrow \quad A = \frac{0,00081 \frac{m^3}{s}}{0,0022 \frac{m}{s}} = 0,37 \text{ m}^2$$

Puede concluirse que el área necesaria del sedimentador resulta ser de  $0,37 \text{ m}^2$ .

Por otro lado, considerando un requerimiento de ausencia de sedimentables en 10 min (acumar, 2017), es posible calcular la altura del sedimentador.

$$600 \text{ s} = \frac{h}{v_S} \quad \Rightarrow \quad h = 600 \text{ s} \cdot 0,0022 \frac{m}{s} = 1,32 \text{ m}$$

Puede concluirse que el área del sedimentador resulta de  $0,37 \text{ m}^2$  y se requiere una altura de 1,32 m para decantar la totalidad de las partículas en 10 min.

Para los fines prácticos, se propone sobredimensionar el área del equipo a  $2 \text{ m}^2$  ( $l=1 \text{ m}$  y  $L=2 \text{ m}$ ) para permitir la correcta limpieza y remoción de lodos, que serán retirados periódicamente por camión atmosférico. Para ello, se verifica que se cumpla la relación  $t_R > t_S$  requerida:

$$A = \frac{Q}{v_R} \quad \Rightarrow \quad v_R = \frac{Q}{A} = \frac{0,0008 \frac{m^3}{s}}{2 \text{ m}^2} = 4,15 \times 10^{-4} \frac{m}{s}$$

$$t_R = \frac{L}{v_R} = \frac{2 \text{ m}}{4,15 \times 10^{-4} \frac{m}{s}} = 4819 \text{ s} = 80 \text{ min}$$

Se puede observar que se cumple la relación esperada, por lo tanto, las dimensiones del sedimentador resultan ser  $1 \times 2 \times 1,32 \text{ m}$ .

## 12.2. Gestión de residuos sólidos

Se propone comenzar la gestión de los residuos sólidos generados, que corresponden a los empaques de ingredientes y empaques de envases. Se realizará una clasificación en origen, de acuerdo a las peticiones establecidas por el servicio de recolección urbana de la ciudad, dado que son los responsables del reciclaje y disposición final de dichos residuos.

## 13. Análisis económico del proyecto

Para determinar la factibilidad de un proyecto como el del presente trabajo, es necesario analizar el mercado, la capacidad técnica, los recursos humanos y financieros, y por último la rentabilidad. Es así, que en función de los resultados obtenidos de la evaluación de la rentabilidad y, teniendo en cuenta los criterios de decisión que la empresa defina, el proyecto se acepta, se rechaza, o bien se proponen cambios para ajustar los puntos que determinan un retorno sobre la inversión menor a la expectativa de los empresarios.

En esta sección se hará una pequeña introducción acerca de los conceptos básicos necesarios para determinar la factibilidad del proyecto y, posteriormente, se calculará:

- La inversión total requerida para poner el proyecto en operación.
- Los costos de producción para mantener el proyecto en operación.
- La rentabilidad y el análisis de sensibilidad.
- Punto de equilibrio.

### 13.1. Conceptos básicos

#### 13.1.1. Inversión total

“Inversión” es la cantidad de dinero necesaria para poner un proyecto en operación. Puede estar integrada por capital propio, créditos financieros y de proveedores. La inversión total (IT) requerida para realizar y operar el proyecto se compone de dos partes como son la inversión fija total (IFT) y la inversión en capital de trabajo (IW) también llamado "capital de giro".

$$I_T = I_{FT} + I_W$$

##### 13.1.1.1. Inversión fija total

La inversión fija total es la cantidad de dinero necesaria para construir totalmente una planta de proceso y que se encuentre en situación de poder comenzar a producir, teniendo en cuenta los servicios auxiliares. Los activos fijos a considerar pueden ser tangibles (maquinaria con instalación, terreno, edificios, instalaciones auxiliares) o intangibles (patentes, conocimientos técnicos, gastos de organización). Está compuesta por la inversión fija y el terreno.

$$I_{FT} = I_F + terreno$$

A su vez, los componentes de la IFT se pueden dividir en directos o indirectos. Los mismos se listan en la Tabla 47:

Tabla 47. Componentes de la IFT.

Componentes directos	Componentes indirectos
Gastos de estudio e investigaciones previas del proyecto	Ingeniería y supervisión
Equipos principales	Gastos de construcción
Instalación de equipos	Honorarios del contratista
Cañerías y su instalación	Contingencias
Instrumentación y control	
Instalación eléctrica	
Construcción (incluyendo servicios)	
Servicios auxiliares	
Terreno y mejoras del terreno	
Gastos de puesta en marcha	
Intereses durante la construcción	

#### *Gastos de estudio e investigaciones previas del proyecto*

Incluye viajes previos, encuestas de mercado, investigaciones de laboratorio y planta piloto, entre otros.

#### *Equipos principales*

Los equipos importados se detallarán en términos FOB (precio del equipo en el puerto de origen), CIF (precio incluyendo el flete y seguro) y en el lugar de utilización (gastos de importación, fletes). Es necesario especificar la capacidad, el tipo, el modelo y el material de construcción del equipo. También deben incluirse equipos y maquinarias utilizadas durante el montaje y que puedan tener aplicación en el proceso productivo.

#### *Instalación de equipos*

El monto de instalación de equipos es función de la complejidad del equipo y del tipo de planta, variando desde el 0 al 20 % del precio de compra del equipo.

#### *Cañerías (instaladas)*

Se realiza a partir de un diagrama de cañerías y planos. Los gastos varían dependiendo del tipo de proceso (sólido, fluido o mixto) y de las condiciones del proceso (temperatura, presión).

#### *Instrumentación y control*

Incluye la compra, instalación y calibración de los equipos auxiliares e instrumentos para control y registro de las variables del proceso.

#### *Instalación eléctrica*

Consiste principalmente en mano de obra y materiales necesarios para suministrar potencia e iluminación al proceso únicamente.

#### *Construcción (incluyendo servicios)*

Incluye mano de obra, materiales, y suministros para la construcción de todos los edificios conectados con la planta. Se incluyen los servicios de plomería, instalación eléctrica, ventilación, aire acondicionado. Se puede estimar multiplicando la superficie requerida en m<sup>2</sup> por el precio de construcción.

#### *Servicios auxiliares (vapor, agua, electricidad)*

Abarca las estructuras, equipos y servicios que no forman parte directamente del proceso. Normalmente incluyen las instalaciones para suministrar vapor, agua, electricidad, aire comprimido y combustibles. Puede adicionarse las instalaciones para tratamiento de efluentes, sistema de protección contra incendio, depósitos de materias primas y productos terminados.

#### *Terreno y mejoras del terreno*

Está relacionado con la ubicación, dependiendo si la zona es rural o industrializada. El valor del terreno no decrece con el tiempo, es decir, no se deprecia. Los gastos por mejoras del terreno incluyen preparación, limpieza y nivelación, materiales para cercos o vallas, iluminación, caminos, playa de estacionamiento.

#### *Gastos de puesta en marcha*

La puesta en marcha es el período entre la finalización de las obras y la producción en régimen normal.

#### *Intereses durante la construcción*

Se incurre en este tipo de gastos cuando se dispone de aportes provenientes de fuentes externas (créditos bancarios).

#### *Ingeniería y supervisión*

Corresponde al pago de los servicios técnicos y administrativos y al trabajo de ingeniería general y confección de planos.

#### *Gastos indirectos de construcción*

Gastos necesarios para que la construcción de la planta se realice sin dificultad, incluyendo la ingeniería de campo (inspección, ubicación de equipos), abastecimientos, equipos de construcción, servicios temporarios.

#### *Honorarios del contratista*

Pueden ser nulos cuando es la misma empresa la que se encarga de la construcción y montaje del proyecto.

#### *Contingencias*

Compensa los acontecimientos imprevistos. Su monto es variable.

Para realizar la estimación, se puede utilizar el método del factor universal, el método del factor de Lang o el método de estimación por factores (Carrizo, 2019a).

### **13.1.1.2. Inversión en capital de trabajo**

La inversión en capital de trabajo comprende el capital necesario para que una vez que la planta se encuentre instalada y puesta en régimen normal de operación, pueda operar a los niveles previstos en los estudios técnico-económicos. De esta manera, se financia la producción antes de percibir ingresos por ventas.

Se debe considerar las materias primas, productos semi-elaborados, repuestos, plata en la caja, crédito a los compradores, cuentas a cobrar, crédito de los proveedores. Su valor se puede estimar como el 10 % de la IFT o mediante el cálculo de los requerimientos de capital para operar la planta durante un determinado período de tiempo, en función de las condiciones de comercialización y en base a los costos de producción sin depreciación (Carrizo, 2019a).

### **13.1.2. Costos de producción**

Los costos de producción son los gastos involucrados en mantener un proyecto en operación y se estiman o calculan para un período determinado de tiempo. Es así, que la estimación de los costos de producción se realiza para determinar cuál será el costo futuro de un producto, como parte de la formulación y evaluación de un proyecto de inversión. Cabe considerar que esta estimación, además de permitir junto con otras variables ya nombradas la determinación de la rentabilidad del proyecto, es importante para determinar la estructura de costos. Esto sirve para evaluar los costos que tienen mayor influencia en la rentabilidad y, a partir de ello,

poder diseñar estrategias de reducción de costos o, simplemente, ajustar la estimación para esos componentes que son más relevantes.

Los costos operativos pueden dividirse en dos grandes categorías. Por un lado, se encuentran los costos variables, que son proporcionales a la producción y, por otro lado, los costos fijos que son independientes de la producción. En la Tabla 48 que se encuentra a continuación, se encuentran detallados los costos según esta clasificación.

**Tabla 48.** Clasificación de costos de producción.

<b>Costos variables</b>	<b>Costos fijos</b>
Materia prima	De inversión: Depreciación Impuestos Seguros Financiación
Envases	
Mano de obra directa	
Supervisión	
Servicios	
Mantenimiento	
Suministros	Ventas y distribución
Laboratorio	Dirección y administración
Regalías y patentes	Investigación y desarrollo

En relación con la clasificación presentada, cabe destacar que algunos costos se pueden considerar semivariables, es decir, que no son fijos ni resultan directamente proporcionales a la producción. Algunos de los que podrían formar parte de este grupo son el costo de mantenimiento, el costo de supervisión, el costo de venta y distribución y el costo de administración y dirección. A continuación, se detalla cada uno de los componentes del costo total de producción y la forma de calcularlo, o más bien, estimarlo:

#### *Costo de materia prima*

Está integrado por los gastos en las materias primas que intervienen directa o indirectamente en los procesos. Para realizar la estimación, es necesario contar con información de las cantidades de las materias primas requeridas para elaborar el producto (obtenidas a partir de los balances de masa) y los precios de las mismas (valores puestos en fábrica que incluyen los costos de fletes y seguros desde el proveedor hasta la planta).

#### *Costo de envases*

Incluye los gastos asociados a los materiales contenedores del producto para su comercialización. Se deben considerar el envase primario, el envase secundario (si corresponde) y todo otro material que se utilice para contener el producto y transportarlo. Para estimar el costo de envases se requiere conocer las cantidades requeridas y el precio de estos a valor puesto en fábrica.

#### *Costo de mano de obra directa*

Incluye los sueldos de los empleados cuyo trabajo está directamente asociado a la fabricación del producto. Para predecir la cantidad de operarios requeridos es necesario tener en cuenta las operaciones del proceso (según el diagrama de flujo) y los tiempos implicados. En cuanto a las horas hombre, es posible determinarlas una vez que se obtuvo la cantidad de operarios que se requieren y conociendo la duración de la jornada de trabajo. Al valor básico de la hora hombre deben adicionarse las cargas sociales que están a cargo del empleador.

#### *Costo de supervisión*

Se refiere a los salarios del personal responsable de la supervisión directa de las distintas operaciones. La magnitud de la supervisión implementada en el proceso está fuertemente vinculada con la cantidad total de mano de obra, la complejidad de la operación y los niveles de calidad de los productos. Para su estimación, el costo de supervisión con cargas sociales puede considerarse como el 10-25 % del costo de la mano de obra directa.

#### *Costo de servicios*

Incluye los servicios que se requieren para llevar a cabo la producción del bien, considerando energía eléctrica, gas natural, agua y vapor, entre otros. Para su estimación, se requiere la determinación del consumo y precio para cada uno de los servicios requeridos.

#### *Costo de mantenimiento*

Son los gastos de materiales y mano de obra (directa y supervisión) empleados en rutinas o reparaciones incidentales y, en caso de ser necesarios, en la revisión de equipos y edificios. Se estiman como un 2 - 10% de la inversión fija al 100% de operación.

#### *Costo de suministros*

Son los gastos en materiales usados en la operación de la planta industrial (aceites, material de vidrio, guantes, reactivos químicos, material para limpieza). La estimación de este rubro se aproxima al 0,5 - 1% de la inversión fija.

#### *Costo de laboratorio*

Se incluyen en este costo los gastos del laboratorio de análisis, teniendo en cuenta ensayos y trabajos de mejora del proceso. También se consideran los pagos por los análisis realizados en laboratorio externo, en caso de ser necesario. El costo se estima como 0 - 20% del costo de la mano de obra que incluyan cargas sociales.

#### *Costo de regalías y patentes*

Incluye el costo de una licencia de producción ya sea por una regalía proporcional a la cantidad de producto elaborado o por un pago de derechos de patente de un proceso de fabricación. Se estima dicho costo como un valor entre 0 - 5% de los ingresos anuales por ventas.

#### *Costo de inversión*

El costo de inversión está compuesto por: depreciación, impuestos, seguros y financiación.

- Depreciación: el costo de depreciación se tiene en cuenta para recuperar el capital invertido en bienes de producción e incluye el costo de pérdida de valor de los bienes. Las causas pueden ser: depreciación física, depreciación funcional, depreciación tecnológica y depreciación monetaria.
- Impuestos: estimación de este rubro como el 1 - 2% de la inversión fija.
- Seguros: estimación de este rubro como el 0,5 - 1% de la inversión fija.
- Financiación: se tienen en cuenta los intereses pagados por créditos. Este valor es deducible de impuestos.

#### *Costo de venta y distribución*

Está compuesto por los salarios y gastos generales de oficinas de ventas, los salarios, comisiones y gastos de viaje para empleados del departamento ventas, los gastos de embarque y transporte, los servicios técnicos de venta y los gastos de publicidad. Se estima como el 1 - 5% de los ingresos anuales por ventas.

#### *Costo de dirección y administración*

Incluye los costos de todos los servicios adyacentes a la planta de producción pero que no están en relación directa con ella. Considera los salarios y gastos generales de administración (útiles de oficina, comunicaciones, entre otros), de gerencia, contaduría y auditoría. También incluye el costo de asesoramiento legal, servicio médico y servicio de seguridad. Se estima como el 20 - 40% del costo anual de mano de obra, que incluye las cargas sociales.

#### *Costo de investigación y desarrollo*

Está compuesto por los salarios del personal que forme parte del equipo de investigación y desarrollo, gastos generales en materiales y operación de los equipos. Se estima como el 0 - 5% de los ingresos anuales por ventas (Carrizo, 2019b).

### **13.1.3. Rentabilidad**

El análisis de proyectos de inversión se realiza a través de la evaluación de la rentabilidad. En función de los resultados obtenidos y comparándolos con los criterios de decisión que se definan, el proyecto se acepta, se rechaza o se proponen cambios. El objetivo es maximizar las ganancias respecto a la inversión de capital necesaria para generar dichos ingresos. En relación a esto, la rentabilidad es una medida de la ganancia obtenida por una actividad en relación a la inversión de capital necesaria para que esa actividad se realice.

En principio, se define el Flujo de Caja (FC). Este es el movimiento de dinero hacia o desde una empresa y se define como la diferencia entre los ingresos por ventas y los costos operativos (sin depreciación), y descontando el pago de impuestos a las ganancias. En consecuencia, el cálculo del FC se puede realizar a partir de la siguiente ecuación:

$$FC = V - C - t \cdot (V - C - d(I_F - L))$$

Donde V representa los ingresos por ventas, C los costos de producción sin depreciación, t la tasa impositiva (45 %), d el factor de depreciación legal,  $I_F$  la inversión fija y L el valor residual o de reventa al final de la vida útil.

Si bien el Flujo de Caja no es una medida de la rentabilidad en sí misma, se utiliza para calcularla (Carrizo, 2019c).

#### **13.1.3.1. Cuadro de fuentes y usos de fondos para evaluar la rentabilidad económica**

El cuadro de fuentes y usos es una representación gráfica que muestra e integra cual es el origen y destino de los fondos. Al evaluar la rentabilidad económica de un proyecto se considera que tanto el activo fijo como el activo de trabajo serán afrontados en su totalidad con fondos propios (Carrizo, 2019c).



### **13.1.3.2. Métodos de evaluación de la rentabilidad**

Los criterios para la evaluación de la rentabilidad de los proyectos pueden clasificarse teniendo en cuenta si consideran, o no, el valor temporal del dinero. De esta manera, los métodos utilizados para la evaluación de la rentabilidad económica o financiera de un proyecto de inversión pueden clasificarse en estáticos (no tienen en cuenta el valor temporal del dinero) o dinámicos (tienen en consideración el valor temporal del dinero). En el presente trabajo, se utilizará la combinación de dos métodos: Tiempo de repago ( $n_R$ ) y Tasa interna de retorno (TIR), los cuales se clasifican como estático y dinámico, respectivamente (Carrizo, 2019c).

#### **Tasa interna de retorno (TIR)**

Este método considera el valor temporal del dinero invertido con el tiempo y está basado en la parte de la inversión que no ha sido recuperada al final de cada año durante la vida útil del proyecto. Se establece la tasa de interés que debería aplicarse anualmente al flujo de caja de tal manera que la inversión original sea reducida a cero (o al valor residual sumado al terreno y al capital de trabajo) durante la vida útil del proyecto. Por lo tanto, la tasa de retorno que se obtiene por este método es equivalente a la máxima tasa de interés que podría pagarse para obtener el dinero necesario para financiar la inversión y tenerla totalmente paga al final de la vida útil del proyecto. De esta manera, en este método se especifica que la diferencia entre el valor presente de los flujos anuales de fondos y la inversión inicial total sea igual a cero (Carrizo, 2019c).

#### **Tiempo de repago ( $n_R$ )**

Se define como el mínimo período de tiempo teóricamente necesario para recuperar la inversión fija depreciable en forma de flujos de caja del proyecto (Carrizo, 2019c).

### **13.1.3.3. Determinación de la rentabilidad del proyecto**

Teniendo en cuenta los dos métodos considerados (TIR y  $n_R$ ), es posible determinar la rentabilidad del proyecto. Es así, que el proyecto es rentable si la TIR resulta superior a la TRMA definida y si el  $n_R$  resulta menor al estipulado por la empresa. Esto implica que, si la TIR resulta mayor a la TRMA, el rendimiento económico del proyecto es mayor que si se invirtiera el dinero en otro proyecto de referencia o en plazos fijos, entre otros, según se defina por la empresa. Por otro lado, el  $n_R$ , es decir, el tiempo teóricamente necesario para recuperar la inversión fija depreciable en forma de flujos de caja del proyecto, debe ser menor o igual al estipulado por la empresa (Carrizo, 2019c).

### **13.1.4. Punto de equilibrio**

El análisis del punto de equilibrio estudia la relación que existe entre los costos operacionales, tanto fijos como variables, y los ingresos generados por ventas. Se entiende entonces por punto de equilibrio, al nivel de producción y ventas en el que una empresa logra cubrir los costos y gastos con sus ingresos obtenidos, sin generar ganancias ni pérdidas. Por lo tanto, los ingresos igualan a la sumatoria de costos y gastos operacionales.

#### **13.1.4.1. Modelo lineal de punto de equilibrio**

En el análisis de equilibrio por el método lineal, se tienen en cuenta diversas consideraciones:

- El costo variable unitario es constante.
- Los costos variables totales son proporcionales a la producción.
- Los costos fijos totales son independientes de la producción.

- Los ingresos provienen únicamente de la venta de las unidades producidas.
- Se venden todas las unidades producidas y al mismo precio de venta.
- No se consideran costos de financiación.

#### 13.1.4.2. Cálculo del punto de equilibrio

En principio, se definen los ingresos por ventas ( $V$ ) como el producto del número de unidades vendidas ( $N$ ) y el precio de venta ( $P_v$ ):

$$V = N \cdot P_v$$

Luego, es necesario volver al concepto de costo total de producción ( $CT$ ), el cual fue tratado en la sección 12.1.2. *Costos de producción*. Es así, que se define según la siguiente ecuación:

$$CT = CVT + CFT = N \cdot P_v - N \cdot CVu - CFT$$

Donde  $CVT$  representa los costos variables totales,  $CFT$  el costo fijo total y  $CVu$  el costo variable unitario.

Por otro lado, se define el beneficio neto antes de impuestos ( $BNAI$ ) de la siguiente manera:

$$BNAI = V - CT = N \cdot P_v - N \cdot CVu - CFT$$

A partir de ello, el número de unidades de punto de equilibrio ( $N_{PE}$ ) se determina considerando el  $BNAI$  nulo, lo que se traduce en ausencia de ganancias y pérdidas, según fue explicado anteriormente (Carrizo, 2019d). De esta forma, resulta:

$$BNAI = 0 \quad \rightarrow \quad N_{PE} = \frac{CFT}{P_v - CVu}$$

De esta manera, el punto de equilibrio queda determinado por el precio de venta estipulado ( $P_v$ ) y las unidades de punto de equilibrio ( $N_{PE}$ ).

En síntesis, se sabe que si la empresa produce un número de unidades superior a  $N_{PE}$ , la misma comenzara a tener ganancias, resultando el  $BNAI$  mayor a cero. Por el contrario, si la producción es inferior al valor de equilibrio, la empresa va a pérdidas, con un valor de  $BNAI$  inferior a cero.

## 13.2. Cálculos

### 13.2.1. Cálculo de la Inversión Total

Para realizar el cálculo de la Inversión Fija se utilizó el método de Chilton para realizar estimación por factores (Carrizo, 2019a). A continuación, se muestran los rangos de valores para cada factor a considerar y la ecuación que permite calcular la Inversión Fija (Tabla 49):

**Tabla 49.** Valor de los factores para el método de Chilton de estimación de los factores, siendo  $I_E$  el precio de los equipos principales instalados.

Valor del Equipo Instalado de Proceso	$I_E$
<b>Factores experimentales como fracción de <math>I_E</math></b>	
<i>Tuberías de Proceso</i>	$f_1$
Proceso de sólidos	0.07 - 0.10
Proceso mixto	0.10 - 0.30
Proceso de fluidos	0.30 - 0.60
<i>Instrumentación</i>	$f_2$
Control poco automatizado	0.02 - 0.05
Control parcialmente automatizado	0.05 - 0.10
Control complejo, centralizado	0.10 - 0.15
<i>Edificios de fabricación</i>	$f_3$
Construcción abierta	0.05 - 0.20
Construcción semiabierta	0.20 - 0.60
Construcción cerrada	0.60 - 1.00
<i>Plantas de servicios</i>	$f_4$
Escasa adición a las existentes	0.00 - 0.05
Adición considerable a las existentes	0.05 - 0.25
Plantas de servicios totalmente nuevas	0.25 - 1.00
<i>Conexiones entre unidades</i>	$f_5$
Entre las unidades de servicios	0.00 - 0.05
Entre unidades de proceso separadas	0.05 - 0.15
Entre unidades de proceso dispersas	0.15 - 0.25
<b>Inversión directa</b>	<b><math>I_E (1 + \sum f_i)</math></b>
<b>Factores experimentales como fracción de la inversión directa</b>	
<i>Ingeniería y construcción</i>	$f_{i1}$
Ingeniería Inmediata	0.20 - 0.35
Ingeniería compleja	0.35 - 0.50
<i>Factores de tamaño</i>	$f_{i2}$
Unidad comercial grande	0.00 - 0.05
Unidad comercial pequeña	0.05 - 0.15
Unidad experimental	0.15 - 0.35
<i>Contingencias</i>	$f_{i3}$
De la compañía	0.10 - 0.20
Variaciones imprevistas	0.20 - 0.30
Procesos exploratorios	0.30 - 0.50
<b>Factor de inversión indirecta</b>	<b><math>f_i = \sum f_{ij} + 1</math></b>
<b>Inversión fija</b>	<b><math>I_F = I_E (1 + \sum f_i) f_i</math></b>

Se parte de conocer los precios de los equipos principales, considerando el precio de su instalación. En la industria de alimentos, el valor de instalación ronda entre el 0 y el 20 % del precio de compra del equipo. En la Tabla 50 se muestra el precio de los equipos principales puestos en fábrica, el porcentaje considerado para la instalación, el precio final y el  $I_E$ . Cabe aclarar que, para este trabajo, se tomó una conversión fija del dólar según su precio el día 9 de noviembre de 2019. El mismo valía \$59,51.

**Tabla 50.** Precio de equipos principales con instalación.

Equipo	Precio [USD]	% de instalación	Precio con instalación [USD]
Tanque refrigerado	1500	5	1575
Desnatadora	6000	10	6600
Homogeneizador	3500	10	3850
Fermentador (3)	22500	5	23625
Caldera	9700	20	11640
Tanque de suministro de agua caliente	3000	5	3150
Chiller	34300	15	39445
Intercambiador I	1550	15	1783
Intercambiador II	2650	15	3048

Envasadora	14900	15	17135
Túnel de enfriamiento	11300	15	12995
Evaporadores	2550	10	2805
Detector por rayos X	20000	5	21000
<b>IE</b>			<b>148650</b>

Como puede observarse, se consideró un bajo porcentaje (5 %) para aquellos equipos que no requieren una instalación compleja como son los tanques y, para el caso del detector por rayos X, se consideró que el equipo es un módulo ya montado que sólo debe adjuntarse a la línea.

En el caso de equipos con mayor complejidad de instalación y calibración se consideró entre un 10 y un 15 % como son la desnatadora, homogeneizador, chiller, intercambiadores de calor, envasadora y túnel de enfriamiento.

Sólo para el caso de la caldera se aplicó un 20 % ya que se trata de un equipo que requiere una ingeniería de instalación compleja, realizada por profesionales capacitados específicamente en este tipo de equipos.

En la Tabla 51 se muestran los valores determinados para cada factor y el resultado obtenido para la Inversión Fija, teniendo en cuenta el valor antes calculado de I<sub>E</sub>.

**Tabla 51.** Valores para los factores y resultado de la inversión fija.

<b>Factor y consideraciones</b>	<b>Valor del factor</b>	<b>Precio [USD]</b>
f1: proceso de fluidos considerando que se trabaja con leche y yogur	0,45	-
f2: control parcialmente automatizado	0,075	-
f3	-	340877
f4	0	-
f5	0	-
<b>Inversión directa</b>	<b>567568 USD</b>	
fi1: ingeniería inmediata	0,275	-
fi2: unidad comercial pequeña	0,1	-
fi3: contingencias de la compañía	0,15	-
<b>Factor de inversión indirecta</b>	<b>1,53</b>	-
<b>Inversión fija</b>	<b>865541 USD</b>	

Para el caso de f1, f2, fi1, fi2 y fi3 se tomó como valor para el factor el medio del rango establecido.

En el caso de f3, en lugar de estimar el valor de la construcción por factores, se estimó utilizando un calculador perteneciente a Leza, Escriña & Asociados, teniendo en cuenta la superficie ocupada por la planta (ver sección 11.2. *Análisis de los 8 factores que afectan la distribución en planta*). El valor final se consideró como un 70 % del calculado, debido a que la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda. cuenta actualmente con una estructura, la cual se utilizaría como base para la nueva construcción.

Para el caso de los factores f4 y f5, se consideraron nulos ya que no se construirán plantas de servicios ni habrá conexiones entre unidades.

De esta manera se obtuvo el valor de la  $I_F$  y se considera igual al valor de la  $I_{FT}$ . Esto es así ya que no se consideran gastos para la compra del terreno, debido a que se toma como punto de partida a las instalaciones existentes de la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda..

Por otra parte, la Inversión de Capital de Trabajo se considera como un 10 % de la Inversión Fija y, de esta manera, se calcula la Inversión Total:

$$I_T = I_{FT} + I_W = 952096 \text{ USD}$$

### 13.2.2. Cálculo de los costos de producción

En esta sección se presentarán los costos de producción anuales, teniendo en cuenta tantos los componentes variables como fijos. Para el caso de los variables, se presentarán los valores para el 100 % de la capacidad de producción.

#### 13.2.2.1. Materias primas

Para realizar la evaluación de costos de la materia prima es necesario conocer el precio de cada una de ellas puesta en fábrica, la cantidad requerida según la formulación (sección 5.7. *Formulación del yogur*) y el rendimiento del proceso (ver sección 5.4.5. *Experiencia 5: determinación experimental del rendimiento*).

En la Tabla 52 se muestran los precios para cada materia prima (Mena, 2019), el porcentaje de cada una de ellas en la formulación y el costo anual:

Tabla 52. Costo de las materias primas anual.

Materia prima	Precio [USD/kg]	% formulación	Costo [USD/año]
Leche descremada	0,26	91,787	507747
Leche en polvo descremada	3,66	3,676	74423
Sacarosa	0,47	3,343	8637
E2	18,50	0,777	79517
Inóculo	7,51	0,368	15280
Enzima	65,54	0,036	13051
Esencia de vainilla	28,59	0,009	1423
Sucralosa	95,00	0,004	2102
<b>TOTAL (considerando el rendimiento de 95 %)</b>			<b>737289</b>

#### 13.2.2.2. Envases

El costo de cada pote es de 0,031 USD/pote. Considerando la producción anual (13291 potes/día, trabajando 20 días todos los meses), el costo por año en este insumo es de 98627 USD.

#### 13.2.2.3. Mano de obra directa

Para el cálculo de este ítem es necesario conocer la cantidad de empleados, las horas trabajadas por cada uno de ellos (ver sección 11.2. *Análisis de los 8 factores que afectan la distribución en planta*) y el precio de la hora-hombre según el convenio vigente (STIA, 2019). Además, deben tenerse en cuenta las cargas sociales y se debe considerar el período anual como de 13 meses, teniendo en cuenta el mes asociado al aguinaldo.

En la Tabla 53 se especifican los porcentajes que deben adicionarse catalogados como cargas sociales (Ministerio de Producción y Trabajo, n.d.).

**Tabla 53.** Porcentaje aplicado al sueldo para cargas sociales.

<b>Contribuciones</b>	<b>% del sueldo</b>
Jubilación	16
PAMI	2
Obra Social	6
Fondo Nacional de Empleo	1,5
Seguro de Vida Obligatorio	0,03
ART	3,82
<b>Total</b>	<b>29,35</b>

Cabe aclarar que el costo de ART dependerá del servicio de seguro contratado. En este caso se tomó un valor de referencia para el sector de manufactura de 3,82 % (Seguros 911, 2019).

Teniendo en cuenta todo lo mencionado, el costo de mano de obra directa anual con cargas sociales considerando los 8 operarios generales es de 43743 USD.

#### **13.2.2.4. Supervisión**

La supervisión se estima como un 10 % del costo de mano de obra directa incluidas las cargas sociales. Su costo anual es de 4374,3 USD.

#### **13.2.2.5. Servicios**

##### **Electricidad**

En primera instancia, a partir de considerar la potencia de todos los equipos instalados, se llegó a que la potencia instalada es de 368,6 kW. De esta forma, considerando servicio de baja tensión y según la categorización de la empresa prestadora de servicios (EDEA), el presente proyecto se ubica en la categoría T3-Grandes demandas, debido a que la potencia instalada es mayor a 50 kW. A partir de ello, se calculó el cargo fijo anual y el cargo por potencia pico anual (Tabla 54).

**Tabla 54.** Costos fijo y por potencia en pico de electricidad.

<b>Cargo</b>	<b>Costo [\$/año]</b>	<b>Costo [USD/año]</b>
Fijo	10049	169
Por potencia en pico	1557769	26177
<b>TOTAL a</b>		<b>26345</b>

Luego, se realizó un análisis de la potencia requerida en simultáneo, teniendo en cuenta los equipos que se utilizan al mismo momento durante el proceso (ver sección 9. *Diagrama de Gantt*). Para ello, además, se tuvo en cuenta la división horaria en los tres rangos determinados por la empresa prestadora: horario pico, valle y resto. Se calcularon entonces los requerimientos de potencia en kW para cada uno de los rangos horarios. Además, se calculó la energía en kWh implicada al considerar los requerimientos de potencia de cada equipo, asociados a su tiempo de utilización. De esta forma, se obtuvieron los cargos variables, en función de la energía implicada, para cada uno de estos rangos horarios (Tabla 55) (EDEA, 2019).

**Tabla 55.** Costos de electricidad según rango horario.

Rango horario	Energía requerida [kWh/año]	Costo [\$/año]	Costo [USD/año]
Pico	14925	51338	863
Resto	202973	667923	11224
Valle	120137	378372	6358
<b>TOTAL b</b>			<b>18445</b>

Por lo tanto, el costo anual de electricidad se obtiene de la suma del Total a y el Total b, la cual resulta de 44790 USD/año.

### Gas

El servicio de gas es requerido en la planta para el funcionamiento de la caldera, la cual tiene una capacidad máxima de generación de vapor de 300 kg/h, con un consumo de gas natural de 27 m<sup>3</sup>/h. Es así, que para calcular el consumo anual de dicho servicio, se consideró el consumo de vapor en las distintas etapas que se utiliza y, conociendo los requerimientos de gas de la caldera, se calculó el consumo anual de gas en m<sup>3</sup> (Tabla 56).

**Tabla 56.** Consumo de gas.

Etapas del proceso	Masa de vapor [kg]	Tiempo [h]	Consumo diario [m <sup>3</sup> ]	Consumo mensual [m <sup>3</sup> ]	Consumo anual [m <sup>3</sup> /año]
Calentamiento II y estandarización	128	0,5	6	117	1404
Pre calentamiento	348	1,5	47	949	11388
<b>TOTAL</b>				<b>1066</b>	<b>12792</b>

Considerando las categorías establecidas por el proveedor del servicio (Camuzzi Gas, 2019), se ubicó el consumo mensual calculado (1066 m<sup>3</sup>) como subcategoría G (0-5000 m<sup>3</sup>/mes). A partir de ello y de las tarifas establecidas por la empresa prestadora del servicio, se calculó el costo de gas anual (Tabla 57).

**Tabla 57.** Costo anual de gas.

Cargo	Costo [\$/año]	Costo [USD/año]
Reserva de capacidad	5846	98
Cargo variable DIS	1676	28
Cargo variable TTE	7990	134
Cargo fijo	136825	2299
<b>TOTAL</b>		<b>2560</b>

### Agua de red

La planta utiliza agua de red principalmente para la limpieza de los equipos. Es así, que el caudal de agua requerida, el cual coincide con el efluente cloacal, es de 8,7 m<sup>3</sup>/día (ver sección 12.1. *Tratamiento de efluentes*). Considerando la planta como categoría D (Tipo Industrial), según las especificaciones de la empresa prestadora del servicio (OSSE), se calcularon los distintos cargos, tanto fijos como variables y a partir de ello se obtuvo el costo anual de agua (Tabla 58).

**Tabla 58.** Costo anual de agua de red y cloaca.

<b>Cargo</b>	<b>Costo [\$/año]</b>	<b>Costo [USD/año]</b>
Fijo agua	2492	41
Fijo cloaca	2492	41
Fijo pluvial	972	16
Consumo agua	20196	339
Vuelco cloaca	20196	339
Fdo. Infraestructura ORD 24119	5304	89
IB 8 %	2169	36
Tasa fiscalización Dec. Prov. 878/03	2	0,03
GIRSU por cta. y orden EMSUR	660	11
<b>TOTAL</b>		<b>916</b>

#### **13.2.2.6. Mantenimiento**

El costo de mantenimiento se estima como un 6 % de la Inversión Fija. Su costo anual es de 51932 USD.

#### **13.2.2.7. Suministros**

El costo de suministros se estima como el 0,75 % de la Inversión Fija, por lo que resulta en un valor anual de 6492 USD.

#### **13.2.2.8. Laboratorio**

El costo asociado al laboratorio de la planta se estima como el 5 % del costo de mano de obra directa sin cargas sociales. A partir de ello, resulta en un valor anual de 2187 USD.

#### **13.2.2.9. Regalías y patentes**

El costo de regalías y patentes se considera nulo en el presente proyecto.

#### **13.2.2.10. Depreciación**

El costo de depreciación (D) se calcula según la siguiente ecuación:

$$D = e \cdot (I_F - L)$$

Donde e es el factor de depreciación anual,  $I_F$  la inversión fija y L el valor residual o de reventa al final de la vida útil.

En este caso, se considera el método de la línea recta para calcular el valor de e, teniendo en cuenta que es el método requerido por AFIP en Argentina. De esta forma, dicho parámetro se calcula con la siguiente ecuación:

$$e = \frac{1}{n}$$

Donde n es la vida útil del proyecto.

Por otro lado, el valor de L se estima como el 12,5 % de la Inversión Fija. Entonces, considerando que el presente proyecto tiene una vida útil establecida de 10 años, se calcula el valor de e y L y con ello el de la depreciación D:

$$e = \frac{1}{n} = 0,1 \quad \rightarrow \quad D = e \cdot (I_F - L) = 0,1 \cdot (0,875 \cdot 865541) = 75735$$

Por lo tanto, el costo de depreciación anual es de 75735 USD.



#### **13.2.2.11. Impuestos**

El costo de impuestos se estima como el 1,5 % de la Inversión Fija. A partir de ello, el costo anual de impuestos es de 12983 USD.

#### **13.2.2.12. Seguros**

El costo de seguros se estima como el 0,45 % de la Inversión fija, por lo que su costo anual resulta en 3895 USD.

#### **13.2.2.13. Ventas y distribución**

El costo de ventas y distribución se calcula como el 2,5 % de los ingresos por ventas.

El precio de venta en fábrica se establece en 26 \$/pote, lo que equivale a 0,44 USD/pote, considerando la cotización del dólar de \$59,51 al día 9 de noviembre de 2019. Se toma este valor luego de analizar diferentes aspectos:

- El precio de los productos de la competencia y el precio actual del yogur firme de la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda., presentados en la Tabla 4.
- El producto desarrollado en este trabajo tiene un valor agregado respecto al producto actual de la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda., por lo que es adecuado que su valor sea mayor.
- Si bien la ventaja competitiva de la empresa consiste en eliminar eslabones intermedios en la cadena de distribución, algunos de ellos son requeridos debido a que la distribución del producto se plantea en múltiples puntos de la provincia de Buenos Aires. A raíz de ello, se debe tener en cuenta un incremento en el precio de venta en góndola, respecto al precio de venta en fábrica y se considera la existencia de dos eslabones intermedios en la comercialización, entre la fábrica y el consumidor. El producto sale de fábrica con destino a distribuidores mayoristas ubicados en distintos puntos de la provincia. A partir de allí, el producto es distribuido en comercios minoristas, en los cuales el yogur es adquirido por los consumidores. Es así, que se estima que el precio de venta al consumidor se incrementa en un 37,5 % respecto al precio de venta en fábrica (FAO, 2003). De esta manera, el precio de venta al consumidor resulta de 35,75 \$/pote, lo que equivale a 0,60 USD/pote. No obstante, se considera al precio de venta al consumidor para la ciudad de Mar del Plata como el precio de venta en fábrica, ya que en este caso no se requieren de eslabones para la distribución.

Teniendo en cuenta el precio de venta al consumidor al que se obtuvo, se considera que el precio de venta en fábrica es adecuado. Esto se asocia al elevado valor agregado del producto respecto al yogur actual de la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda. y a productos de la competencia. En relación a esto, sería de vital relevancia realizar análisis para determinar si el producto puede categorizarse como “reducido/bajo en lactosa” según lo establecido por el CAA, debido a que, en ese caso, el producto ampliaría su mercado consumidor y su valor agregado, justificando aún más su precio de venta. A partir del presente análisis, se considera que se obtiene un producto de alto valor agregado y, a su vez, competitivo en cuanto al precio.

El costo anual de ventas y distribución resulta en 34841 USD.

### 13.2.2.14. Dirección y administración

El costo de dirección y administración se estima como el 20 % del costo de mano de obra directa con cargas sociales. Es así, que el costo anual de dirección y administración es de 8749 USD.

### 13.2.2.15. Investigación y desarrollo

El costo asociado a investigación y desarrollo se considera nulo.

### 13.2.2.16. Resumen de costos de producción

En la Tabla 59 se detalla un resumen de los costos de producción estimados, tanto fijos como variables y, posteriormente, en la Figura 55, se puede observar la estructura de costos variables determinada por los mismos.

Tabla 59. Resumen costos anuales de producción.

Costos variables	Costo [USD/año]	Costos fijos	Costo [USD/año]
Materia prima	737289	De inversión:	
Envases	98627	Depreciación	75735
Mano de obra directa	43743	Impuestos	12983
Supervisión	4374	Seguros	3895
Servicios	48265	Financiación	0
Mantenimiento	51932		
Suministros	6492	Ventas y distribución	34841
Laboratorio	2187	Dirección y administración	8749
Regalías y patentes	0	Investigación y desarrollo	0
<b>TOTAL</b>	<b>992910</b>		<b>136203</b>

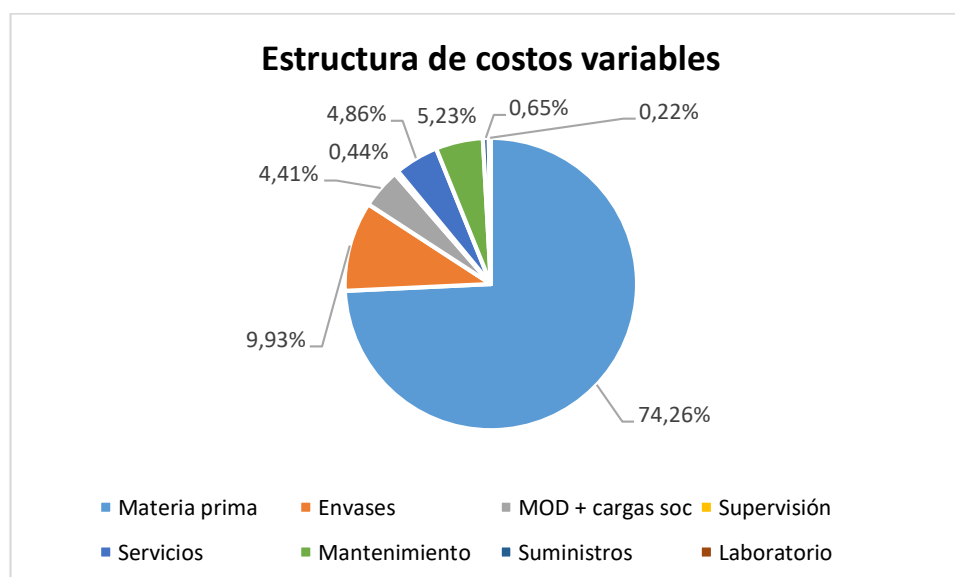


Figura 55. Estructura de costos variables.

Como se puede observar en la estructura de costos variables (Figura 55), las materias primas representan el costo con mayor peso dentro de la misma. Es así, que en el caso de que se proponga el objetivo de disminuir los costos, se debe analizar la posibilidad de reemplazar las materias primas utilizadas por otras alternativas cuyo costo sea menor, sin afectar la calidad e

inocuidad del producto final. Puntualmente, una de las materias primas que más encarece los costos es el estabilizante E2. Por ello, podrían realizarse pruebas con otros espesantes, a fin de conseguir un efecto similar en la textura y consistencia del producto, utilizando un producto de menor costo.

### 13.2.3. Cálculo de la rentabilidad

Para el análisis de la rentabilidad del proyecto, se parte de considerar un método estático y un método dinámico, es este caso el Tiempo de repago ( $n_R$ ) y la Tasa interna de retorno (TIR), respectivamente (ver sección 13.1.3.2. *Métodos de evaluación de la rentabilidad*).

A partir de ello, se concluye que el proyecto es rentable si la TIR resulta superior a la tasa de rentabilidad mínima aceptable (TRMA) definida y si el  $n_R$  resulta menor al estipulado por la empresa. Esto significa que el rendimiento económico del proyecto es mayor al esperado o bien al que se obtendría si se invirtiera el dinero en un proyecto de riesgo similar. Por otro lado, si el  $n_R$  resulta menor al estipulado, se traduce en una recuperación de la inversión fija depreciable en forma de flujos de caja del proyecto, en un tiempo inferior al estipulado por la empresa.

Teniendo en cuenta que no se trata de un producto completamente nuevo y que se comercializaría bajo la marca de la Cooperativa Nuevo Amanecer Ltda., la cual posee una clientela establecida y cuenta con un lugar en el mercado de los consumidores, se considera que el proyecto es riesgo "normal". A partir de ello, quedan definidos los valores de referencia de  $n_R$  y TRMA que se deben tener en cuenta a la hora de determinar si el proyecto es rentable o no, comparándolos con los valores calculados. Es así, que se define la TRMA como 15 % y el  $n_R < 5$  años (Tabla 60).

**Tabla 60.** Valores de referencia de  $n_R$  y TIR para proyectos con distinto riesgo.

Proyecto	$n_R$	TRMA
Riesgoso	< 2	> 20
Normal	< 5	15
Poco riesgo	-	< 10

Para poder analizar la rentabilidad a partir de lo recientemente explicado, es necesario realizar previamente el cuadro de usos y fuentes. Por lo tanto, a partir de los datos calculados en las secciones 13.2.1. *Cálculo de la Inversión Total* y 13.2.2. *Cálculo de los costos de producción* se realiza el cuadro de usos fuentes. El mismo se presenta en la

Capacidad (%)	60	70	80	90	100	100	100	100	100	100
Año	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>FUENTES</b>										
Capital propio	9520 96	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crédito	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ventas netas	8361 87	9755 52	1114 916	1254 281	1393 645	1393 645	1393 645	1393 645	1393 645	1393 645

<b>Saldo (a)</b>	1788 283	9755 52	1114 916	1254 281	1393 645	1393 645	1393 645	1393 645	1393 645	1393 645
<b>USOS</b>										
<b>Activo fijo</b>	8655 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Activo de trabajo</b>	8655 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Costos de producción</b>	7319 49	8312 40	9305 31	1029 822	1129 113	1129 113	1129 113	1129 113	1129 113	1129 113
<b>Saldo (b)</b>	1684 044	8312 40	9305 31	1029 822	1129 113	1129 113	1129 113	1129 113	1129 113	1129 113
<b>BNAI (a-b)</b>	1042 39	1443 12	1843 86	2244 60	2645 33	2645 33	2645 33	2645 33	2645 33	2645 33
<b>Impuestos (45 %)</b>	4690 7	6494 0	8297 4	1010 07	1190 40	1190 40	1190 40	1190 40	1190 40	1190 40
<b>Beneficio Neto</b>	5733 1	7937 2	1014 12	1234 53	1454 93	1454 93	1454 93	1454 93	1454 93	1454 93
<b>Depreciación</b>	7573 5	7573 5	7573 5	7573 5	7573 5	7573 5	7573 5	7573 5	7573 5	7573 5
<b>Flujo de caja</b>	1330 66	1551 07	1771 47	1991 87	2212 28	2212 28	2212 28	2212 28	2212 28	2212 28

Figura 56.

Capacidad (%)	60	70	80	90	100	100	100	100	100	100
Año	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>FUENTES</b>										
Capital propio	952096	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crédito	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ventas netas	836187	975552	1114916	1254281	1393645	1393645	1393645	1393645	1393645	1393645
Saldo (a)	1788283	975552	1114916	1254281	1393645	1393645	1393645	1393645	1393645	1393645
<b>USOS</b>										
Activo fijo	865541	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Activo de trabajo	86554	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costos de producción	731949	831240	930531	1029822	1129113	1129113	1129113	1129113	1129113	1129113
Saldo (b)	1684044	831240	930531	1029822	1129113	1129113	1129113	1129113	1129113	1129113
BNAI (a-b)	104239	144312	184386	224460	264533	264533	264533	264533	264533	264533
Impuestos (45 %)	46907	64940	82974	101007	119040	119040	119040	119040	119040	119040
Beneficio Neto	57331	79372	101412	123453	145493	145493	145493	145493	145493	145493
Depreciación	75735	75735	75735	75735	75735	75735	75735	75735	75735	75735
Flujo de caja	133066	155107	177147	199187	221228	221228	221228	221228	221228	221228

Figura 56. Cuadro de usos y fuentes, expresados todos los valores en USD.

Debe tenerse en cuenta que, en el año 10, al flujo de caja obtenido debe sumarse el valor del terreno, la inversión de capital de trabajo y el valor residual L. De esta manera, el flujo de caja final para el año 10 es de 415975 USD.

Para realizar el análisis de rentabilidad, como se mencionó con anterioridad, se utilizará la TIR y el tiempo de repago.

Considerando los flujos de caja presentados en la

Capacidad (%)	60	70	80	90	100	100	100	100	100	100
Año	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>FUENTES</b>										
Capital propio	952096	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crédito	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ventas netas	836187	975552	1114916	1254281	1393645	1393645	1393645	1393645	1393645	1393645
Saldo (a)	1788283	975552	1114916	1254281	1393645	1393645	1393645	1393645	1393645	1393645
<b>USOS</b>										
Activo fijo	865541	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Activo de trabajo	86554	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costos de producción	731949	831240	930531	1029822	1129113	1129113	1129113	1129113	1129113	1129113
Saldo (b)	1684044	831240	930531	1029822	1129113	1129113	1129113	1129113	1129113	1129113
BNAI (a-b)	104239	144312	184386	224460	264533	264533	264533	264533	264533	264533
Impuestos (45 %)	46907	64940	82974	101007	119040	119040	119040	119040	119040	119040
Beneficio Neto	57331	79372	101412	123453	145493	145493	145493	145493	145493	145493
Depreciación	75735	75735	75735	75735	75735	75735	75735	75735	75735	75735
Flujo de caja	133066	155107	177147	199187	221228	221228	221228	221228	221228	221228

Figura 56 y teniendo en cuenta lo recuperado en el año 10, se obtuvo un valor de tasa interna de retorno de 16 %.

Por otra parte, para el análisis del tiempo de repago se partió de la Inversión Fija depreciable y se tuvo en cuenta el flujo de caja acumulado (FCA). Los resultados obtenidos se pueden observar a continuación (Tabla 61 y Figura 57):

**Tabla 61.** Flujo de caja acumulado en función del tiempo, partiendo de la inversión fija depreciable para el año 0.

Tiempo [años]	Flujo de caja acumulado [USD]
0	-757349
1	-624283
2	-469176
3	-292029
4	-92842
5	128386
6	349614
7	570842
8	792070
9	1013298
10	1429272



**Figura 57.** Tiempo de repago obtenido por el método gráfico.

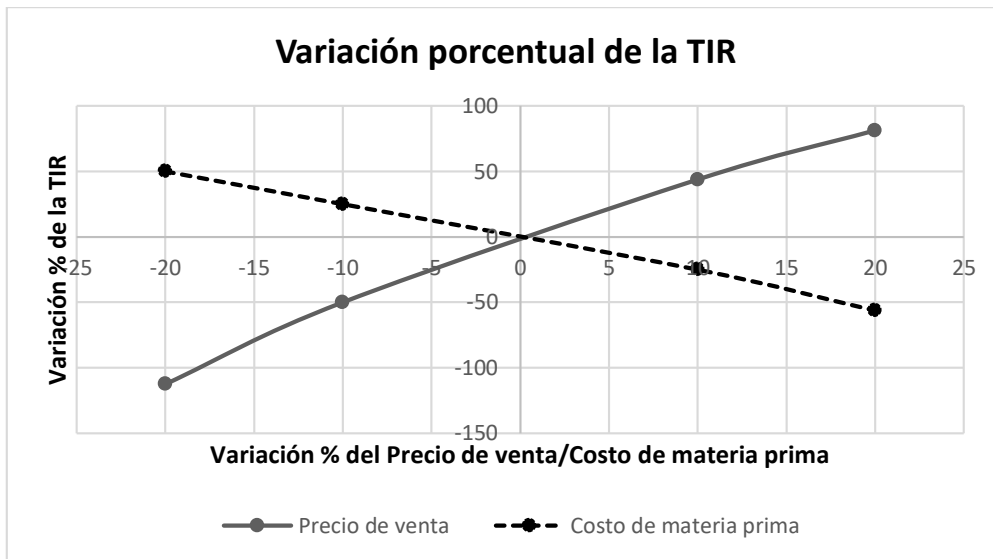
Puede observarse, analizando en conjunto la tabla y el gráfico presentados anteriormente, que el tiempo de repago se ubica entre el año 4 y 5. Al hacer una aproximación de la curva a un polinomio de grado 2, se llega a que el  $n_R$  resulta de 4,49 años. Esto se traduce en que el tiempo de repago es menor a la mitad de la vida útil del proyecto (5 años).

Puede concluirse que el proyecto es rentable, al ser la TIR mayor a la TRMA y el tiempo de repago menor a 5 años, encontrándose ambos parámetros dentro de los rangos especificados en la categoría de riesgo “normal”, en la cual se ubicó el presente proyecto (Tabla 60).

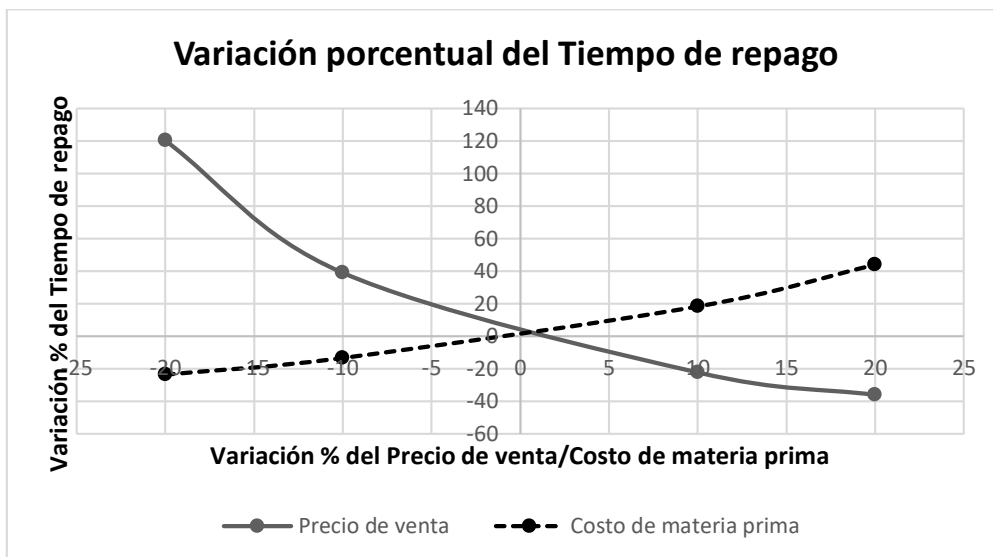
#### 13.2.4. Análisis de sensibilidad

A continuación, se realizará un análisis de la sensibilidad sobre los dos parámetros de los métodos utilizados para estimar la rentabilidad (TIR y  $n_R$ ), para variaciones porcentuales del 10

% y 20 % (positivas y negativas) en el precio de venta y el costo de materia prima. Los resultados se presentan en la Figura 58 y la Figura 59.



**Figura 58.** Variación porcentual de la TIR en función de una variación porcentual en el precio de venta del producto y del costo de materia prima.



**Figura 59.** Variación porcentual del  $n_R$  en función de una variación porcentual en el precio de venta del producto y del costo de materia prima.

Como puede observarse, los resultados del análisis de sensibilidad son los esperados. Al aumentar el precio de venta del producto o disminuir el costo de la materia prima, el valor de la TIR aumenta y el tiempo de repago disminuye, es decir, el rendimiento económico del proyecto es mayor. Por el contrario, al disminuir el precio de venta o aumentar el costo de materia prima, el proyecto tiene una TIR menor y el tiempo de repago es mayor.

Al observar las pendientes de las curvas determinadas en ambos gráficos, puede notarse que tanto la TIR como el  $n_R$  son más sensibles a cambios en el precio de venta que a cambios en el costo de la materia prima.



Para determinar en qué medida es posible disminuir el precio de venta para que el proyecto continúe siendo rentable, es decir, que la TIR sea 15 %, se graficó la TIR en función del precio de venta y se realizó una aproximación a un polinomio de grado 2 (Figura 60). Para construir el gráfico se consideraron incrementos y descensos del precio de venta del 10 y 20 %.

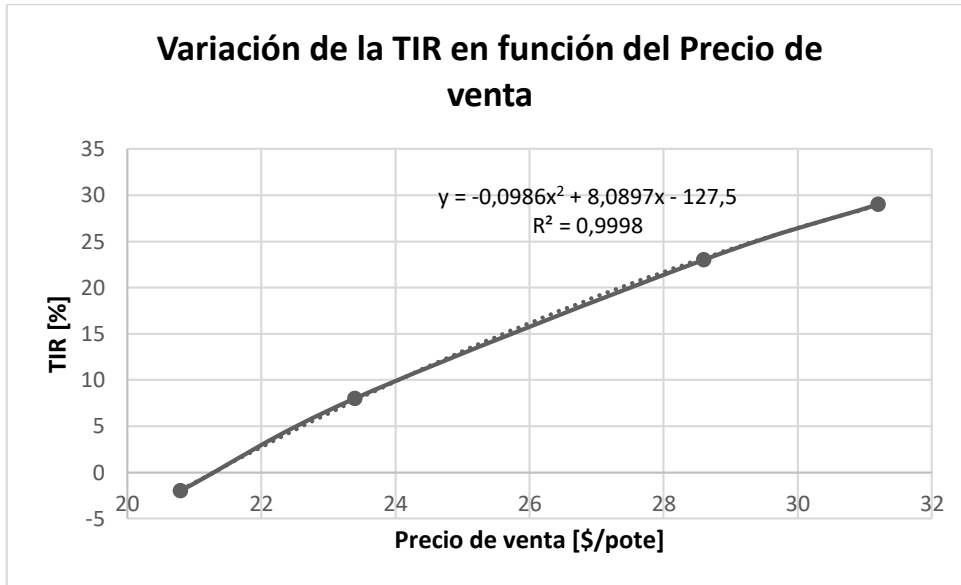


Figura 60. Variación de la TIR en función del Precio de Venta.

A partir de la aproximación polinómica y especializando la ecuación para el valor de TIR del 15 %, se obtuvo un Pv de 25,60 \$/pote. Teniendo en cuenta que el Pv establecido es de 26 \$/pote, se llega a que es posible solventar un descenso del precio de venta en un 1,5 %, a fin de que el proyecto continúe dando la rentabilidad esperada.

El mismo análisis se realizó al analizar aumentos y descensos de los costos de las materias primas. Esto se puede observar a continuación en el gráfico de la Figura 61:

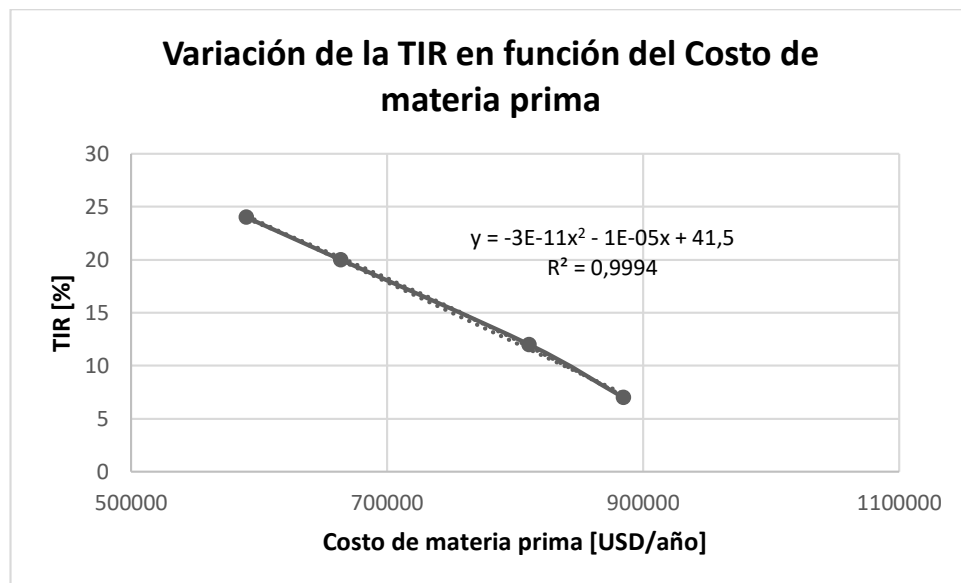


Figura 61. Variación de la TIR en función de los costos de materias primas.

Teniendo en cuenta que el costo de materias primas estimado es de 737289 USD/año (ver sección 13.2.2.1. *Materias primas*), al especializar la ecuación de la aproximación para TIR = 15 %, se obtuvo un valor de costos de materias primas de 787855 USD/año. Esto implica que la empresa puede afrontar un aumento en el costo de las materias primas de hasta el 6,9 %, para que el proyecto continúe dando la rentabilidad esperada.

### 12.2.5. Cálculo del punto de equilibrio

Para calcular el punto de equilibrio de la empresa es necesario conocer tanto el precio de venta en fábrica como la cantidad de unidades vendidas en este punto. El precio de venta ya fue determinado anteriormente, por lo que sólo resta calcular la  $N_{PE}$ . Esto es posible conociendo el costo fijo anual, el precio de venta y el costo variable unitario (a partir del costo variable total y las unidades elaboradas anualmente). Los valores se muestran en la Tabla 62:

**Tabla 62.** Valores requeridos para el cálculo de  $N_{PE}$ .

Valores	USD/año
Costo fijo anual	136203
Precio de venta	0,44
Costo variable anual	992910
Unidades anuales	3189840
Costo variable unitario	0,31

La cantidad de unidades para el punto de equilibrio, utilizando la ecuación presentada en la sección 13.1.4. *Punto de equilibrio*, es de 1084169. Este valor se alcanza cuando la planta trabaja al 34 % de su capacidad.

## 14. Conclusiones

Luego de 9 meses de trabajo en equipo, se puede concluir que los objetivos propuestos a principio de año fueron satisfactoriamente cumplidos. Se logró obtener un yogur descremado firme sabor vainilla reducido en sacarosa. Dicho alimento puede ser considerado funcional debido a que contiene probióticos que ofrecen múltiples beneficios al consumidor. Además, se logró desarrollar una formulación con una cantidad de sacarosa reducida a partir del proceso de deslactosado que se le realiza a la leche y la utilización de otros endulzantes. Por otro lado, se diseñó la línea de elaboración según la capacidad definida por el volumen de producción establecido. Este se obtuvo considerando que se propone cubrir un porcentaje del mercado mayor al que se cubre actualmente en la Cooperativa de Trabajo Nuevo Amanecer Ltda.. Se puede concluir que, luego del arduo análisis económico realizado, el proyecto es rentable presentando una TIR mayor al valor de la TRMA considerado (15 %) y un tiempo de repago menor a la mitad de la vida útil, al tratarse de un proyecto catalogado en la categoría de bajo riesgo.

Es necesario aclarar que en el presente proyecto muchas determinaciones y análisis no pudieron ser llevados a cabo por no contar con un presupuesto extenso. Es por ello que queda pendiente la determinación de la vida útil del mismo, teniendo en cuenta tanto el desarrollo de la acidez como la viabilidad de los microorganismos necesarios para ser considerado probiótico, además de los patógenos y alterantes. También se propone realizar análisis específicos de composición para establecer si es posible clasificarlo y, por ende, rotularlo como “reducido en lactosa” o “bajo en lactosa” según las especificaciones del Código Alimentario Argentino. Dicha clasificación permitiría una apertura del mercado ya que podría ser consumido por personas intolerantes a la lactosa sin riesgo alguno.

## 15. Bibliografía

Acevedo Román, J. H. (2005) *Elaboración de un Balance de Masa Para Yogur, Helado, Queso Zamorella y Queso Crema en La Planta de Lácteos de Zamorano* [en línea] disponible en <<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1058/1/AGI-2005-T001.pdf>> [consulta: 8 octubre 2019].

Acumar (2017) Tabla consolidada de límites admisibles de vertido de efluentes líquidos [en línea] disponible en <<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/270000-274999/273042/res46.pdf>> [consulta: 28 noviembre 2019].

Alimentos Argentinos (2016) YOGUR: Un alimento, muchos beneficios [en línea] Disponible en <[https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/escuelagro/\\_archivos//000010\\_Alimentos/000000\\_Educacion%20Alimentaria/000000\\_Ficha%20Yogur.pdf](https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/escuelagro/_archivos//000010_Alimentos/000000_Educacion%20Alimentaria/000000_Ficha%20Yogur.pdf)> [consulta: 9 noviembre 2019].

Ámbito (2018) “*Los argentinos ya destinan el 24,5% del gasto de consumo masivo en productos light*” [en línea] disponible en <<https://www.ambito.com/los-argentinos-ya-destinan-el-245-del-gasto-consumo-masivo-productos-light-n4037600>> [consulta: 19 junio 2019].

AMC System Technology (Suzhou) (2019) *Túnel de enfriamiento* [en línea] <[https://spanish.alibaba.com/product-detail/stainless-steel-standardized-modules-fluid-bed-dryer-cooling-tunnel-60404468836.html?spm=a2700.md\\_es\\_ES.maylikehoz.15.21ca7051JElwoY](https://spanish.alibaba.com/product-detail/stainless-steel-standardized-modules-fluid-bed-dryer-cooling-tunnel-60404468836.html?spm=a2700.md_es_ES.maylikehoz.15.21ca7051JElwoY)> [consulta: 3 noviembre 2019].

Aoustin, A. (2017) *Diseño el proceso de producción de jugo de kiwi concentrado*. Documento inédito. Mar del Plata: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.

American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. (2018) *Refrigeration*. I-P Edition. Estados Unidos: Atlanta.

Argentina, Decreto Ley N° 11459, de 17 mayo 2019, de Radicación Industrial Disponible en <<http://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/Decreto%20531-2019.pdf>> [consulta: 22 noviembre 2019]

Babio Sánchez, N., Mena Sánchez, G. y Salas-Salvadó J. (n.d.) Nuevas evidencias científicas sobre el beneficio del consumo de yogur [en línea] Disponible en <[http://www.iispv.cat/media/upload/arxius/VARIS/Monografico\\_beneficios\\_yogur\\_AF.pdf](http://www.iispv.cat/media/upload/arxius/VARIS/Monografico_beneficios_yogur_AF.pdf)> [Consulta: 8 noviembre 2019].

Blach, H. W. y Clark, D. S. (1997) *Biochemical Engineering*. 2nd ed. New York: Marcel Dekker Inc.

Bocci, D. y Casas, M. R. (2013) *Producción de Leche en Polvo Entera, Parcialmente Descremada y Descremada*. Estudio de prefactibilidad. Tesis de grado publicada. Argentina: Universidad Nacional de Cuyo.

Bourgeois, C. y Larpent, J. (1995) *Microbiología Alimentaria. Fermentaciones Alimentarias*. Zaragoza: Editorial Acribia S. A.

CAA (2010) Código Alimentario Argentino. Capítulo I: Disposiciones generales [en línea] disponible en < [http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/CAPITULO\\_I.pdf](http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/CAPITULO_I.pdf)> [consulta: 27 junio 2019].

CAA (2019) Código Alimentario Argentino. *Capítulo XVI: Correctivos y Coadyuvantes* [en línea] disponible en < [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/capitulo\\_xvi\\_actualiz\\_2019-4.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/capitulo_xvi_actualiz_2019-4.pdf)> [consulta: 27 junio 2019].

Camuzzi Gas (2019) *Tarifas vigentes* [en línea] disponible en <<http://www.camuzzigas.com.ar/tarifas-vigentes>> [consulta: 10 noviembre 2019].

Carrizo, G. (2019a) *Inversión*. Documento inédito. Mar del Plata: Facultad de Ingeniería UNMDP.

Carrizo, G. (2019b) *Costos de producción*. Documento inédito. Mar del Plata: Facultad de Ingeniería UNMDP.

Carrizo, G. (2019c) *Rentabilidad*. Documento inédito. Mar del Plata: Facultad de Ingeniería UNMDP.

Carrizo, G. (2019d) *Modelos de decisión económica. Modelo lineal de punto de equilibrio [Power Point]*. Disponible en <[http://www.dii.fi.mdp.edu.ar/campus/pluginfile.php/17236/mod\\_resource/content/1/Presentaci%C3%B3n%20Modelos%20de%20decisi%C3%B3n%20econ%C3%B3mica.pdf](http://www.dii.fi.mdp.edu.ar/campus/pluginfile.php/17236/mod_resource/content/1/Presentaci%C3%B3n%20Modelos%20de%20decisi%C3%B3n%20econ%C3%B3mica.pdf)> [consulta: 15 noviembre 2019].

Çengel, Y. A. y Ghajar, A. J. (2011) *Transferencia de calor y masa. Fundamentos y aplicaciones*. 4ta ed. México: McGraw-Hill.

Cervantes Espinosa, L. O. (n.d.). *Capacidad térmica específica y capacidad térmica*. Documento inédito. México: Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.

Chávez Álvarez, A. (2004) Determinación del tiempo de fermentación en la producción de yogurt utilizando cultivos mixtos. Tesis de grado. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.

CHR HANSEN (2018) Ha-Lactase 5200. Información de producto. Argentina: Buenos Aires.

Civit, D. (2019) *Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) en alimentos*. Documento inédito. Mar del Plata: Asociación Argentina de Tecnólogos Alimentarios, Filial Mar del Plata.

Cooperativa de trabajo Nuevo Amanecer (2017) *La Cooperativa* [en línea] disponible en <<http://cooperativanuevoamanecer.com.ar/nosotros/>> [consulta: 02 abril 2019].

Cyras, V. (2018) *Apuntes de la asignatura Bromatología*. Documento inédito. Mar del Plata: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.

Di Scala, K. (2018) *Apuntes de la asignatura Procesamiento de Alimentos*. Documento inédito. Mar del Plata: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.

Durruty, I. (2015) Unidad 12. Flujo alrededor de Objetos Sumergidos [PowerPoint]. Disponible en <<http://campus.fi.mdp.edu.ar/mod/folder/view.php?id=6555>> [consulta: 10 noviembre 2019].

EDEA (2019) *Cuadro tarifario – Tarifa plana* [en línea] disponible en <<https://edeaweb.com.ar/data/pdf/Edea%20-%20Cuadro%20Tarifario%20Hoja%201.pdf>> [consulta: 10 noviembre 2019].

Espindola, P. L. y Madeira, R. L. (2007) *Diseño de fábrica de productos lácteos*. Tesis de grado. Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata.

Europalet (2019) *Palet de plástico higiénico 1200 x 1000 - Plasteel 210 Certificado para las industrias alimentaria y farmacéutica y para exportación* [en línea]. Disponible en <<http://www.europalet.com/palets-1200-x-800/palets-de-plastico/palet-plastico-higienico-1200-x-1000-plasteel-210>> [consulta: 27 agosto 2019].

FAO (2001) Evaluation of health and nutritional properties of powder milk and live lactic acid bacteria. Geneva, Switzerland.

FAO (2003) Estudio de mercados agroindustriales [en línea] <<http://www.fao.org/3/Y4532S/y4532s00.htm#Contents>> [consulta: 22 noviembre 2019].

FAO (2005) Materiales termoaislantes, características técnicas y criterios de selección [en línea] <<http://www.fao.org/3/y5013s/y5013s07.htm>> [consulta: 7 diciembre 2019].

FAO (2019) *Composición de la leche* [en línea] <<http://www.fao.org/dairy-production-products/products/composicion-de-la-leche/es/>> [consulta: 8 octubre 2019].

Fardín, J. P. (2019) Tratamiento de efluentes [PowerPoint]. Disponible en <[http://campus.fi.mdp.edu.ar/pluginfile.php/29753/mod\\_resource/content/1/Tratamiento%20de%20Efluentes.pdf](http://campus.fi.mdp.edu.ar/pluginfile.php/29753/mod_resource/content/1/Tratamiento%20de%20Efluentes.pdf)> [consulta: 10 noviembre 2019].

Fennema, O. R. (2000) *Química de los alimentos* 2ª ed. Zaragoza: Acribia S.A.

Fennema, O. R. (2017) *Food chemistry* 5th ed. Boca Ratón: Taylor & Francis Group.

Freile-Pelegrín, Y. (2005) *Efecto del tratamiento alcalino en el rendimiento y la calidad del agar obtenido de gracilaria cornea j. agardh*. MEMORIAS Congreso Regional de Ciencia y Tecnología de la Península de Yucatán [en línea]. Disponible en <[https://www.researchgate.net/profile/Luis\\_Enrique\\_Amador-del\\_Angel/publication/236019307\\_Memorias\\_Congreso\\_Regional\\_de\\_Ciencia\\_y\\_Tecnologia\\_de\\_la\\_Peninsula\\_de\\_Yucatan/links/02e7e52a8f3b0d8ba1000000/Memorias-Congreso-Regional-de-Ciencia-y-Tecnologia-de-la-Peninsula-de-Yucatan.pdf#page=36](https://www.researchgate.net/profile/Luis_Enrique_Amador-del_Angel/publication/236019307_Memorias_Congreso_Regional_de_Ciencia_y_Tecnologia_de_la_Peninsula_de_Yucatan/links/02e7e52a8f3b0d8ba1000000/Memorias-Congreso-Regional-de-Ciencia-y-Tecnologia-de-la-Peninsula-de-Yucatan.pdf#page=36)> [consulta: 27 agosto 2019].

Freire Pérez, S. E. (2013) *Optimización del proceso de producción de yogurt en la empresa Proalim* Tesis de grado no publicada. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

García-Almeida, J. M., Casado Fernandez, G.M. y García Alemán, J. (2013) *Una visión global y actual de los edulcorantes. Aspectos de regulación*. Nutrición hospitalaria [en línea], 28 (4). Disponible en <[http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112013001000003](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112013001000003)> [consulta: 26 agosto 2019].

Goodfellow (2019) *Propileno (PP) Información sobre el Material* [en línea] disponible en <<http://www.goodfellow.com/S/Polipropileno.html>> [consulta: 01 noviembre 2019].

Hangzhou Kelin Aier Qiyuan Equipment Co., Ltd (2019) *Chiller* [en línea] <[https://klair.en.alibaba.com/product/60832502985-800996136/Best\\_Selling\\_Blow\\_Mold\\_Machine\\_Air\\_Cooled\\_Water\\_Chiller.html?spm=a2700.icbuShop.41413.18.1331548eNqDssK](https://klair.en.alibaba.com/product/60832502985-800996136/Best_Selling_Blow_Mold_Machine_Air_Cooled_Water_Chiller.html?spm=a2700.icbuShop.41413.18.1331548eNqDssK)> [consulta: 10 octubre 2019].

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) (2010) *Población total y variación intercensal absoluta y relativa por partido. Años 2001 - 2010*. [en línea] disponible en <<http://www.estadistica.ec.gba.gov.ar/dpe/Estadistica/censo2010/censo2010resultados.html>> [consulta: 01 mayo 2019].

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) (2019) *Estadísticas de Productos Industriales* [en línea] disponible en <[https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/economia/epi\\_03\\_19.pdf](https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/economia/epi_03_19.pdf)> [consulta: 01 mayo 2019].

Jarma-Orozco, A. (2008) *Estudios de adaptación y manejo integrado de estevia (Stevia rebaudiana Bert.): nueva alternativa agroindustrial del Caribe colombiano. Una revisión*. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas [en línea], 2 (1). Disponible en <[https://revistas.uptc.edu.co/revistas/index.php/ciencias\\_hortícolas/article/view/1176/1175](https://revistas.uptc.edu.co/revistas/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/1176/1175)> [consulta: 26 agosto 2019].

Kern, D.Q. (1965) *Procesos de transferencia de calor*. México: Compañía Editorial Continental, S.A.

La Serenísima (n.d.) *Comercio exterior* [en línea] disponible en <<https://www.laserenisima.com.ar/comercio-exterior.php>> [consulta: 09 mayo 2019].

Lacasa Godina, A. (1985) *Ciencia de la leche: principios de técnica lechera*. 4ta ed. España: Barcelona.

Las Voces (2016) *Breve historia de la cooperativa "El Nuevo Amanecer"* [en línea] disponible en <<http://www.lasvoces.com.ar/index.php/sociedad/item/42-breve-historia-de-la-cooperativa-el-nuevo-amanecer>> [consulta: 02 abril 2019].

Legrand Morales, K. V. (2013) *Diseño e implementación de prácticas operativas estandarizadas sanitarias POES que garantizan la inocuidad de los productos elaborados en una industria láctea de acuerdo al reglamento técnico centroamericano rtca 67.04.50:08*. Tesis de grado. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Liaoyang Zhonglian Pharmaceutical Machinery Co. Ltd. (2019) *Desnatadora* [en línea] <<https://www.alibaba.com/product-detail/Food-grade-vertical-type-milk->

centrifuge\_62120025872.html?spm=a2700.7724838.2017115.70.63637bd5AWdSfW>  
[consulta: 10 octubre 2019].

Macaya, A. (n.d.) *Comercio Exterior Argentino 1990-2000* [en línea] disponible en <[https://www.economia.gob.ar/cuentas/internacionales/comercio\\_exterior/1.htm](https://www.economia.gob.ar/cuentas/internacionales/comercio_exterior/1.htm)> [consulta: 09 mayo 2019].

Mancheno Mora, G. A. (2011) *Desarrollo de un prototipo de mermelada light de frutilla ecológica, utilizando sucralosa (Splenda) como edulcorante no calórico*. Tesis de grado no publicada. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Marchini, M. (2019) *Recibo y pretratamiento en la planta láctea*. Documento inédito. Luján: Universidad Nacional de Luján.

Massino, S. H. (2019) entrevista [entrevista realizada por Perez Cenci, M.] 7 de noviembre 2019.

Mena, B. (2019a) *Principales actividades de la cooperativa* [comunicación escrita] 10 de abril de 2019.

Mena, B. (2019b) [entrevista realizada por Dominguez, R. C.] 19 de abril 2019.

Mena, B. (2019c) *Resumen producción yogures descremados y enteros* [comunicación escrita] 8 de mayo de 2019.

Mena, B. (2019d) *Costos de materias primas* [comunicación escrita] 28 de octubre 2019.

METTLER TOLEDO (2018) *Inspección por rayos X para productos envasados*. Estados Unidos: Ohio.

Ministerio de Producción y Trabajo (n.d.) *Tabla de Aportes y Contribuciones - Seguridad Social* [en línea] disponible en <<https://www.argentina.gob.ar/trabajo/buscastrabajo/salario>> [consulta: 10 noviembre 2019].

Moran Santos, B. (n.d.) *Tipos de equipos pasteurizadores* [en línea] disponible en <[https://www.academia.edu/28341409/TEMA\\_TIPOS\\_DE\\_EQUIPOS\\_PASTEURIZADORES\\_OBJETIVOS](https://www.academia.edu/28341409/TEMA_TIPOS_DE_EQUIPOS_PASTEURIZADORES_OBJETIVOS)> [consulta: 3 noviembre 2019].

Moreira, M. R. (2019) *Lácteos, Leches fermentadas*. Documento inédito. Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata.

Muñoz Almagro, N. (2015) *Obtención y caracterización de pectinas modificadas mediante tratamientos químicos y físicos*. Tesis de maestría no publicada. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.

Observatorio de la Cadena Láctea Argentina (2018a) *Relevamiento de la Industria Láctea Argentina* [en línea] disponible en <[http://www.ocl.org.ar/NewsFiles/RELEVAMIENTO\\_INDUSTRIAL\\_DNL\\_2018.pdf](http://www.ocl.org.ar/NewsFiles/RELEVAMIENTO_INDUSTRIAL_DNL_2018.pdf)> [consulta: 02 abril 2019].



Observatorio de la Cadena Láctea Argentina (2018b) *Lechería Argentina - Mercado Externo* [en línea] disponible en <<http://www.ocla.org.ar/contents/newschart/portfolio/?categoryid=10#>> [consulta: 07 mayo 2019].

Observatorio de la Cadena Láctea Argentina (2019a) *Informe de Coyuntura* [en línea] disponible en <<http://www.ocla.org.ar/contents/news/details/13373360-informe-de-coyuntura-n009-marzo-2019>> [consulta: 02 abril 2019].

Observatorio de la Cadena Láctea Argentina (2019b) *Industria-Estructura* [en línea] disponible en <<http://www.ocla.org.ar/contents/newschart/portfolio/?categoryid=19>> [consulta: 24 septiembre 2019].

OSSE (2017) Ordenanza N° 23023. Municipio de General Pueyrredón.

Parra Huertas, R. A. (2010) Review. Bacterias ácido lácticas: papel funcional en los alimentos. *Revista Facultad de Ciencias Agrarias* [en línea], 8 (1), 93-105. Disponible en <<http://revistabiotecnologia.unicauca.edu.co/revista/index.php/biotecnologia/article/view/129>> [consulta: 27 junio 2019].

Parra Huertas, R. A. (2012) Yogur en la salud humana. *Revista Lasallista de Investigación* [en línea], Volumen (9), 162-177. Disponible en <<https://www.redalyc.org/pdf/695/69525875008.pdf>> [consulta: 14 noviembre 2019].

Pasquel, A. (2001) *Gomas: una aproximación a la industria de alimentos*. *Revista Amazónica de Investigación* [en línea]. Disponible en <<https://www.unapiquitos.edu.pe/pregrado/facultades/alimentarias/descargas/vol1/1.pdf>> [consulta: 27 agosto 2019].

Peñaranda Contreras, O. I., Perilla Perilla, J. E. y Algecira Enciso, N. A. (2008) Revisión de la modificación química del almidón con ácidos orgánicos. *Revista Ingeniería e Investigación* [en línea], 28 (3), 47-52. Disponible en <<http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v23n3/v28n3a06.pdf>> [consulta: 27 agosto 2019]

Plásticos Hurlingham (2019) *Cajón plástico bajo apilable*. ¿Disponible en <[https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-659597938-cajon-plastico-bajo-apilable-ventilamat-virgen-uso-alimento?\\_JM?variation=17712386064&quantity=1#reco\\_item\\_pos=3&reco\\_backend=machinalis-seller-items&reco\\_backend\\_type=low\\_level&reco\\_client=vip-seller\\_items-above&reco\\_id=4589588e-f0cb-463c-b314-4de6630c913b](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-659597938-cajon-plastico-bajo-apilable-ventilamat-virgen-uso-alimento?_JM?variation=17712386064&quantity=1#reco_item_pos=3&reco_backend=machinalis-seller-items&reco_backend_type=low_level&reco_client=vip-seller_items-above&reco_id=4589588e-f0cb-463c-b314-4de6630c913b)> [consulta: 1 de noviembre de 2019].

Prado Farfán, D. J. (2013) *Valoración de impactos ambientales generados en la industria láctea y cárnica en la ciudad de Cuenca*. Tesis de grado no publicada. Ecuador: Universidad del Azuay.

Resolución GMC N° 080/96 (1997) *Reglamento técnico MERCOSUR sobre las condiciones higiénico sanitarias y de buenas prácticas de elaboración para establecimientos elaboradores/industrializadores de alimentos*. Disponible en

<<http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/saiea/articulos/8096.pdf>>  
[consulta: 1 de noviembre de 2019].

Rodríguez Bombón, P. E. (2014) *Sustitución parcial de agar – agar por gelatina en la elaboración de gomitas con pulpa de maracuyá (passiflora edulis)*. Tesis de grado no publicada. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

Rodríguez, L. M. B. (2016) *Aplicación de hidrocoloides en la elaboración de yogurt*. Tesis de grado no publicada. Perú: Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

Rodríguez, J. (2017) Ley de la conservación de la materia, masa y energía [en línea] disponible en <<https://cientificoficial.blogspot.com/2017/10/ley-de-la-conservacion-de-la-materia.html>> [consulta: 25 agosto 2019].

Romero del Castillo Shelly, R. y Mestres Lagarriga, J (2004) *Productos lácteos. Tecnología* 1ª ed. Barcelona: UPC.

Sabillón Galeas, L. E. (2008) *Efecto de la  $\kappa$ -carragenina y lactato de sodio sobre las características químicas, físicas y sensoriales de un jamón picado de cerdo en anaquel iluminado y sin iluminar*. Tesis de grado no publicada. Honduras: Zamorano.

Sánchez Jáuregui, C., Rosales Medina, M. y Bustamante Gavilanéz, A. (2015) Modelo de hidrólisis de lactosa para fermentación láctica en una base probiótica y simbiótica. *Revista Tecnológica EPSOL-RTE* [en línea], 28 (3), 53-68. Disponible en <<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/399/262>> [consulta: 27 junio 2019].

SanCor (n.d.) *Las Exportaciones de SanCor* [en línea] disponible en <<http://www.sancor.com/la-empresa/la-empresa-exportaciones-comercio-exterior?es>> [consulta: 09 mayo 2019].

Sbodio, O. A.; Martínez, E. D. A.; Tercero, E. J., Didier, M. J. J.; Revelli, G. R. (2018) Desarrollo de un dispositivo para monitoreo en la línea del proceso de coagulación de la leche [en línea] disponible en <<http://ria.inta.gob.ar/sites/default/files/trabajosenprensa/revelli-castellano-4.pdf>> [consulta: 27 junio 2019].

Secretaría de Agroindustria (2016a) *Consumo total y per cápita de productos lácteos (miles de litros/toneladas por año 2000-2016)* [en línea] disponible en <[https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss\\_lecheria/estadisticas/\\_04\\_interno/index.php](https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_lecheria/estadisticas/_04_interno/index.php)> [consulta: 01 mayo 2019].

Secretaría de Agroindustria (2016b) *Elaboración de productos lácteos (miles de litros y toneladas por año 1989 - 2016)* [en línea] disponible en <[https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss\\_lecheria/estadisticas/\\_02\\_industrial/index.php](https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_lecheria/estadisticas/_02_industrial/index.php)> [consulta: 01 mayo 2019].

Secretaría de Agroindustria (2017) *Exportaciones lácteas argentinas por producto (Miles de USD y toneladas por año 1991-2017)* [en línea] disponible en

<[https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss\\_lecheria/estadisticas/\\_05\\_externo/index.php](https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_lecheria/estadisticas/_05_externo/index.php)> [consulta: 07 mayo 2019].

Secretaría de Agroindustria (2018) *Ventas internas (miles de litros/toneladas por mes 2015-2018)* [en línea] disponible en <[https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss\\_lecheria/estadisticas/\\_04\\_interno/index.php](https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_lecheria/estadisticas/_04_interno/index.php)> [consulta: 01 mayo 2019].

Seguros 911 (2019) Cuanto cuesta el seguro de ART [en línea] disponible en <<https://www.seguros911.com.ar/art/cuanto-cuesta-el-seguro-de-art/>> [consulta: 10 noviembre 2019].

Sgarlatta, F. y Tarditti, A. (2015) Análisis de la Planta de Tratamiento de Efluentes de Lácteos San Basilio S. A. Tesis de grado. Córdoba: Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Shangai Kaiquan Machine Valve Co. Ltd. (2019a) Homogeneizador [en línea] <[https://www.alibaba.com/product-detail/20Mpa-10000L-High-Pressure-Homogenizer-For\\_60519832225.html?spm=a2700.7724838.2017115.29.69b1a99b7l07lJ&s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/20Mpa-10000L-High-Pressure-Homogenizer-For_60519832225.html?spm=a2700.7724838.2017115.29.69b1a99b7l07lJ&s=p)> [consulta: 10 octubre 2019].

Shangai Kaiquan Machine Valve Co. Ltd. (2019b) Tanque de fermentación [en línea] <<https://spanish.alibaba.com/product-detail/stainless-steel-yogurt-fermentation-tank-and-mixing-tank-469373860.html>> [consulta: 10 octubre 2019].

Shangai Kaiquan Machine Valve Co. Ltd. (2019c) Tanque de calentamiento eléctrico [en línea] <[https://spanish.alibaba.com/product-detail/heating-tank-price-electric-heating-tank-steam-tank-60612632638.html?spm=a2700.md\\_es\\_ES.maylikever.14.7fac36dckwCPIH](https://spanish.alibaba.com/product-detail/heating-tank-price-electric-heating-tank-steam-tank-60612632638.html?spm=a2700.md_es_ES.maylikever.14.7fac36dckwCPIH)> [consulta: 2 noviembre 2019].

Shanghai Qindian Machinery Manufacturing Co., Ltd Envasadora [en línea] <[https://www.alibaba.com/product-detail/Yogurt-filling-machine-drinks-packing-machine\\_60703454040.html](https://www.alibaba.com/product-detail/Yogurt-filling-machine-drinks-packing-machine_60703454040.html)> [consulta: 10 octubre 2019].

STIA - Sindicato de Trabajadores de la Alimentación (2019) Escala salarial vigente [en línea] disponible en <<https://www.stia.org.ar/gremiales/escala-salarial/>> [consulta: 10 noviembre 2019].

Taizhou Nanfeng Cold-Chain Co., Ltd. Evaporadores [en línea] <[https://www.alibaba.com/product-detail/high-cost-effective-evaporative-air-cooler\\_60689788416.html?spm=a2700.details.maylikehoz.19.28c24b22PAFqCq](https://www.alibaba.com/product-detail/high-cost-effective-evaporative-air-cooler_60689788416.html?spm=a2700.details.maylikehoz.19.28c24b22PAFqCq)> [consulta: 10 octubre 2019].

Telam (2014) El Amanecer, una empresa recuperada por sus trabajadores [en línea] disponible en <<http://www.telam.com.ar/notas/201406/68449-el-amanecer-una-empresa-recuperada-por-sus-trabajadores.html>> [consulta: 02 abril 2019].

Torres Cicuéndez, D. (2014) Diseño de cámara para la congelación y almacenamiento de pan [en línea] disponible en <[https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/22946/PFC\\_david\\_torres\\_cicuendez\\_2014.pdf](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/22946/PFC_david_torres_cicuendez_2014.pdf)> [consulta: 7 de octubre 2019].

Torres, R. E. (2014) Proyecto de sistema de sedimentación para la compañía minera El Aguilar. Práctica Supervisada. Córdoba: Facultad de Ciencias Exactas y Físicas Naturales.

Vásquez, M. (2008) *Viabilidad y propiedades fisicoquímicas de leche fermentada probiótica*. Tesis de maestría. Puebla: Universidad de las Américas.

Wenzhou Rayen Machinery Co. Ltd. (2019) Filtro [en línea] <<https://spanish.alibaba.com/product-detail/China-316L-stainless-steel-dairy-inline-60661280139.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.1.405f56a7spzbkq&s=p>> [consulta: 10 octubre 2019].

Xinjiang Dayilong Packaging Machinery Manufacturing Co. Ltd. (2019) Tanque refrigerado [en línea] <<https://spanish.alibaba.com/product-detail/500-20000l-stainless-steel-single-jacket-raw-milk-storage-tank-for-milk-processing-factory-62282705329.html?spm=a2700.12243863.0.0.5c133e5fy4WnCn>> [consulta: 10 octubre 2019].

Zeu Inmunotec (2003) ECLIPSE 50 - Test para la detección de sustancias antibacterianas en leche. España: Zaragoza

Zhangjiagang Wilford Thermal Co. Ltd. (2019) Caldera vertical [en línea] <<https://spanish.alibaba.com/product-detail/Automatic-Gas-Fired-Steam-Generator-Steam-224759085.html?spm=a2700.7724838.2017115.20.50974a1dP00QFd&s=p>> [consulta: 2 noviembre 2019].

Zúñiga, M., Pardo I. y Ferrer, S. (1993) An improved medium for distinguishing between homofermentative and heterofermentative lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 18 (1), 37– 42.

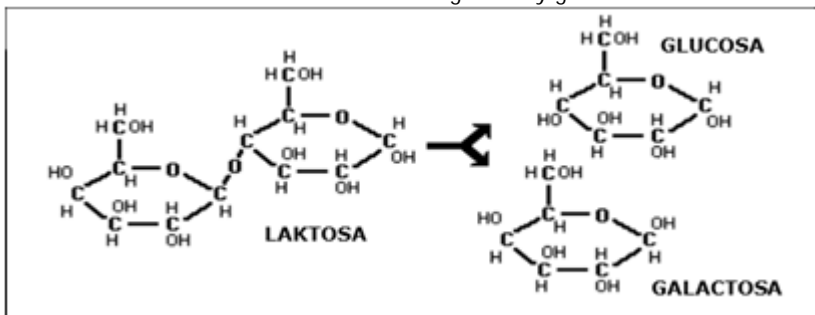
## Ha-Lactase 5200

### Información de Producto

Versión: 14 PI GLOB ES 01-05-2018

### Descripción

Ha-Lactase 5200 es una  $\beta$ -galactosidasa (lactasa) altamente purificada y estandarizada y neutra, en forma líquida. Es producida por fermentación sumergida sobre un sustrato vegetal utilizando una cepa seleccionada de la levadura *Kluyveromyces lactis* mantenida bajo condiciones controladas y que no está presente en el producto final. El producto hidroliza la lactosa dando una mezcla de glucosa y galactosa.



No Material: 450804

Tamaño: 5 L

Tipo: Bidón

Temp. de almacenamiento: 0 - 8 °C / 32 - 46 °F

Condiciones: Proteger de la luz . Mantener cerrado en el envase original.

### Vida útil

24 meses de caducidad desde la liberación de calidad, cuando se almacena en las condiciones recomendadas. La caducidad está limitada a 3 meses desde la apertura, siempre que el producto se mantenga en las condiciones de almacenamiento recomendadas.

### Condiciones de transporte

El producto debe ser transportado entre -5 y 20 °C / 23 y 68 °F con un tiempo de tránsito máximo de 7 días fuera de este intervalo. Una exposición prolongada a un calor excesivo puede influir en la actividad del producto.

### Aplicación

Ha-Lactase 5200 puede ser utilizada en varios productos lácteos como leche, nata, productos fermentados, queso, bebidas de suero, suero/permeato de suero, dulce de leche, helados y otros postres. El producto es adecuado para

- Productos bajos en lactosa/sin lactosa (intolerancia o mala absorción de lactosa);
- Mayor dulzor sin aumentar el contenido calórico;
- Reducción de azúcares, aromas añadidos;
- Mejorada apariencia/estabilidad para evitar la cristalización de lactosa;
- Características de producto mejoradas (p.ej. consistencia mejorada en helados);

## Ha-Lactase 5200

Información de Producto

Versión: 14 PI GLOB ES 01-05-2018

	Leche	Productos fermentados	Dulce de leche	Leche condensada	Probióticos	Helado
Eliminación de lactosa	x	x	x	x	x	x
Disminución de azúcar añadida		x	x	x	x	x
Aumenta el dulzor	x	x	x	x	x	x
Disminución tiempo de fermentación		x			x	
Mayor recuento celular					x	
Evita la cristalización de la lactosa			x	x		x
Aumenta el efecto de Maillard			x	x		
Menos calorías	x	x	x	x	x	x

### Dosis

500-4000 NLU/ l leche

La composición de la leche/sustrato y el tratamiento previo influirán en la actividad de la lactasa durante la hidrólisis. La dosis depende de la concentración inicial de lactosa. Como los iones calcio y sodio pueden inhibir la enzima, se recomienda tratar los productos como la leche condensada y el dulce de leche con lactasa antes de la evaporación. En la producción de leche fermentada, la temperatura de pasteurización afectará a la actividad enzimática durante la posterior fermentación con alta temperatura de pasteurización (95°C/203°F) proporcionando el sustrato más adecuado.

### Modo de empleo

El modo de utilización dependen de la aplicación. Existen a su disposición hojas de aplicación.

### Composición

glicerol (E422), agua, beta-galactosidasa

### Especificación

#### Propiedades

Actividad media: 5200 NLU/g Actividad garantizada: >= 4.800 NLU/g

La actividad garantizada es la mínima actividad en la fecha de consumo preferente.

#### Contenido

Tipo de enzima: Lactasa Composición enzimática: 100 % beta-galactosidasa

#### Propiedades Físicas

Color: Marrón claro Aspecto Físico: Líquido  
Solubilidad: Hidrosoluble Olor: Característico  
pH: 6,50 - 8,00 Densidad: 1,10 - 1,20

El producto puede tener variaciones de color entre un lote y otro. Esto no tiene influencia sobre la actividad.

#### Formulación

Glicerol %: >= 45,0 %

#### Calidad microbiológica

Recuento de aerobios: < 100 cfu/ml Levaduras y mohos: < 1 cfu/ml

## Ha-Lactase 5200

Información de Producto

Versión: 14 PI GLOB ES 01-05-2018

Bacterias coliformes:	< 1 cfu/ml	Escherichia coli:	Ausente en 25 ml
Salmonella spp.:	Ausente en 25 ml	Listeria monocytogenes:	Ausente en 25 ml
Anaerobios sulfito reductores:	< 1 cfu/ml	Estafilococos coagulasa-positivos:	Ausente en 1 ml

### Conformidad

Actividad secundaria proteasa PU/g: <= 35,00 PU/G

### Comentarios

Los métodos están disponibles bajo requerimiento.

Nuestras enzimas producidas por fermentación son analizadas para comprobar la presencia de micotoxinas y metabolitos relevantes, de acuerdo con las Especificaciones Generales para Enzimas de la JECFA.

Este producto cumple con las especificaciones de pureza recomendadas para enzimas de grado alimentario, dadas por el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y el Codex Químico Alimenticio (FCC) con las especificaciones para metales pesados para plomo ( $\leq 5$  ppm), Cadmio ( $\leq 0,5$  ppm), Mercurio ( $\leq 0,5$  ppm) y Arsénico ( $\leq 3$  ppm).

### Información técnica

#### Temperatura

El nivel deseado de hidrólisis puede ser obtenido seleccionando la temperatura apropiada, tiempo y dosis para la reacción. La temperatura óptima está entre 35-45°C (95-113°F). La enzima es desnaturalizada a temperaturas por encima de 50°C (122°F).

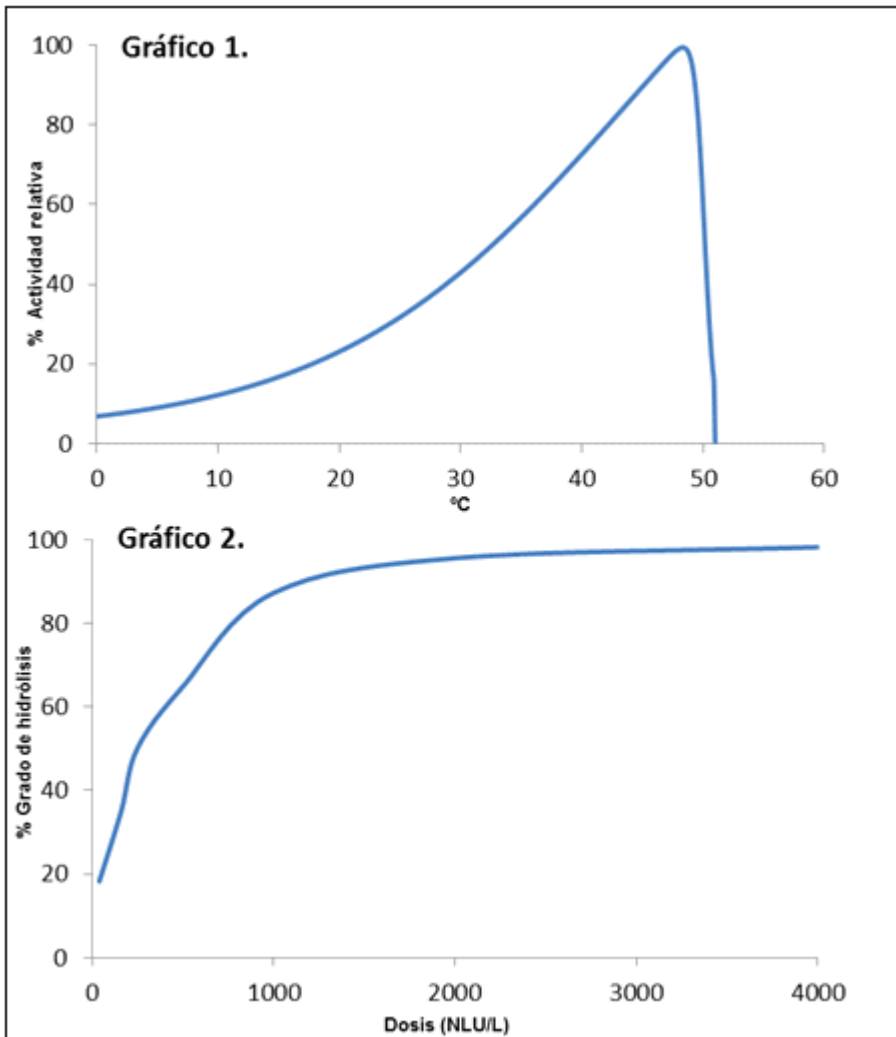
El gráfico 1 ilustra la influencia de la temperatura sobre la actividad utilizando permeato de suero como sustrato. Es siempre preferible realizar la hidrólisis a baja temperatura para minimizar el deterioro por microorganismos.

El gráfico 2 ilustra el grado de hidrólisis obtenido en leche a 5°C (41°F) durante 24 horas a diferentes dosis de lactosa. El tiempo de reacción puede ser reducido a mayores temperaturas. **Una hidrólisis de 80-90% es observada en 2-4 horas a 40°C (104°F) utilizando una dosis de 2000 NLU/L.**

**Ha-Lactase 5200**

Información de Producto

Versión: 14 PI GLOB ES 01-05-2018



pH

Ha-lactase es una lactasa neutra. El pH óptimo está entre pH 6,0 - 7,0 y la enzima es inhibida de forma significativa a valores de pH inferiores a 5.5.

El gráfico muestra la influencia del pH sobre la actividad sobre un sustrato de permeato de suero.

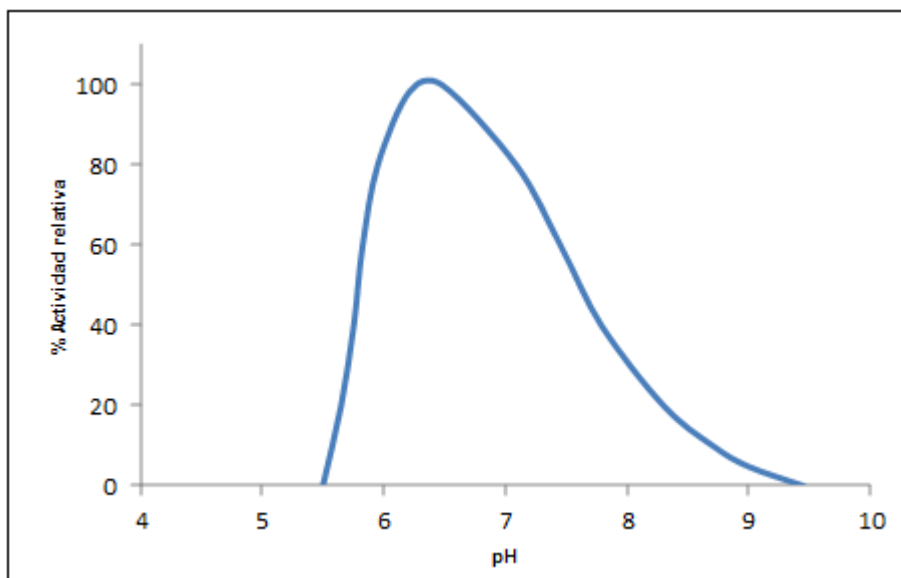
Temp: 40°C (104°F), Dosis: 800 NLU/L, Sustrato: Permeato de suero (5% lactosa)



## Ha-Lactase 5200

Información de Producto

Versión: 14 PI GLOB ES 01-05-2018



Servicio técnico

Personal de los Laboratorios de Aplicación y Desarrollo de Productos de Chr Hansen están a su disposición si necesita más información.

## Información dietética

Kosher:	Kosher Lácteo exclu. Pascua
Halal:	Certificado
Vegetariana:	Si
VLOG:	Conforme

## Precauciones durante la manipulación

Para información detallada sobre la manipulación, por favor, consulte la Hoja de Seguridad del Producto. Las enzimas pueden causar irritación por inhalación o contacto con la piel en individuos sensibles. El uso de equipo personal de protección como guantes, gafas y equipo respiratorio puede evitar la sensibilización. Para recomendaciones adicionales consulte la "Guía de uso seguro de preparaciones enzimáticas microbianas" publicada por la Association of Manufacturers and Formulators of Enzyme Products (AMFEP) y "Trabajo Seguro con Enzimas" por la Enzyme Technical Association (ETA).

De acuerdo con la legislación de la UE, la eliminación de materiales de embalaje de este producto deben ser tratados como residuos peligrosos. Como alternativa, o en países no pertenecientes a la UE, el embalaje se puede desechar como residuo normal si se enjuaga con abundante agua para asegurar que no quedan restos de enzimas.

## Legislación

Este producto cumple con las especificaciones recomendadas por JECFA- (FAO/OMS) y FCC para enzimas de grado alimentario.

El uso legal de enzimas en el procesamiento de alimentos está regulado por leyes generales de alimentos y por el Reglamento (CE) No 1332/2008. Sin embargo, la primera lista positiva se espera que sea publicada en unos años a partir de ahora. Mientras tanto, la situación regulatoria permanece sin cambios. La seguridad de la enzima ha sido establecida y documentada y como tal, la enzima puede ser utilizada como coadyuvante tecnológico en todos los países que no tienen requerimientos específicos de aprobación. En la UE, esto normalmente significa todos los países excepto Dinamarca y Francia, que tienen su propio sistema nacional de aprobación.

El producto está destinado para su utilización en alimentos

## Ha-Lactase 5200

Información de Producto

Versión: 14 PI GLOB ES 01-05-2018

### Etiquetado

Las enzimas, como coadyuvantes tecnológicos, generalmente no necesitan ser etiquetados en el producto final. Sin embargo, debe consultarse siempre la legislación local y las normas de identidad para el producto final.

### Marcas comerciales

Los nombres de productos, nombres de conceptos, logotipos, marcas y otras marcas comerciales mencionadas en este documento, figuren o no en mayúsculas, en negrita o con el símbolo ® o TM, son propiedad de Chr. Hansen A/S o de una filial de la misma o utilizados bajo licencia. Las marcas registradas que aparecen en este documento pueden no estar registradas en su país, aunque estén marcadas con un ®.

### Información adicional

Las siguientes hojas de aplicación están disponibles bajo petición:

- Ha-lactase™ - Leche
- Ha-lactase™ - Productos lácteos fermentados
- Ha-lactase™ - Dulce de leche
- Ha-lactase™ - Helados

## Ha-Lactase 5200

Información de Producto

Versión: 14 PI GLOB ES 01-05-2018

### Información GMO

Con arreglo a la legislación de la Unión Europea\*, podemos declarar que Ha-Lactase 5200 no contiene OMG ni materias primas con la etiqueta MG.\*\*. Con arreglo a la legislación europea sobre etiquetaje en producto alimentario acabado\*\*, podemos informar de que el uso de Ha-Lactase 5200 no requiere etiquetado MG del producto alimenticio final. La posición de Chr. Hansen sobre GMO puede encontrarse en: [www.chr-hansen.com](http://www.chr-hansen.com)

\* Directiva 2001/18/EC del Parlamento Europeo y del Consejo del 12 de marzo de 2001 sobre la liberación intencional en el medio de organismos modificados genéticamente, con modificaciones posteriores, y por la que se deroga la Directiva del Consejo 90/220/CEE.

\*\* Reglamento (CE) 1829/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo del 22 de septiembre de 2003 relativo a la trazabilidad y al etiquetado de organismos modificados genéticamente y a la trazabilidad de los alimentos y piensos producidos a partir de éstos, y por el que se modifica la Directiva 2001/18/CE, y con modificaciones posteriores.

### Información sobre Alergenos

Lista de alérgenos comunes de acuerdo con el Acto de 2004 sobre Protección a los Consumidores de la Autoridad sobre Alimentos y Etiquetado de Estados Unidos (FALCPA) y con el Reglamento 1169/2011/EC de la Unión Europea	Presente como ingrediente en el producto
Cereales que contengan gluten* y productos derivados	No
Crustáceos y productos a base de crustáceos	No
Huevos y productos a base de huevo	No
Pescado y productos a base de pescado	No
Cacahuets y productos a base de cacahuets	No
Soja y productos a base de soja	No
Leche y sus derivados (incluida la lactosa)	No
Frutos de cáscara* y productos derivados	No
Lista de alérgenos de acuerdo con el Reglamento 1169/2011/EC de la UE, exclusivamente	
Apio y productos derivados	No
Mostaza y productos derivados	No
Granos de sésamo y productos a base de granos de sésamo	No
Altramuces y productos a base de altramuces	No
Moluscos y productos a base de moluscos	No
Anhídrido sulfuroso y sulfitos (añadidos) en concentraciones superiores a 10 mg/kg o 10 mg/litro expresado como SO <sub>2</sub>	No

\* Por favor, consulte el Reglamento de la UE 1169/2011 Anexo II para una definición legal de los alérgenos comunes. Vea la legislación de la Unión Europea en: [www.eur-lex.europa.eu](http://www.eur-lex.europa.eu).

### EVALUACIÓN SENSORIAL

Nombre:

Fecha:

#### Intensidad de sabor dulce

Ud. recibirá muestras de leche. Por favor, evalúe una muestra por vez e indique en la escala la intensidad de sabor dulce.

Intensidad de sabor dulce



Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

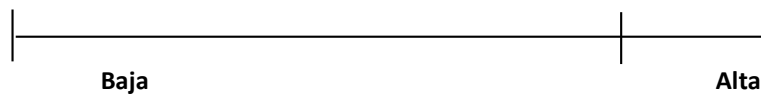
EVALUACIÓN SENSORIAL

Nombre:

Fecha:

**1. Intensidad de sabor dulce**

Ud. recibirá muestras de yogur. Recibirá como referencias dos muestras, que deberán ser evaluadas primero, una catalogada como baja intensidad de sabor dulce y otra como alta intensidad de sabor dulce, como se muestra en la escala. Luego, por favor, evalúe una muestra por vez e indique en la escala la intensidad de sabor dulce. Puede beber agua entre las muestras para neutralizar el sabor residual. Por favor escriba todas las observaciones que le surjan. Muchas gracias.



Observaciones:

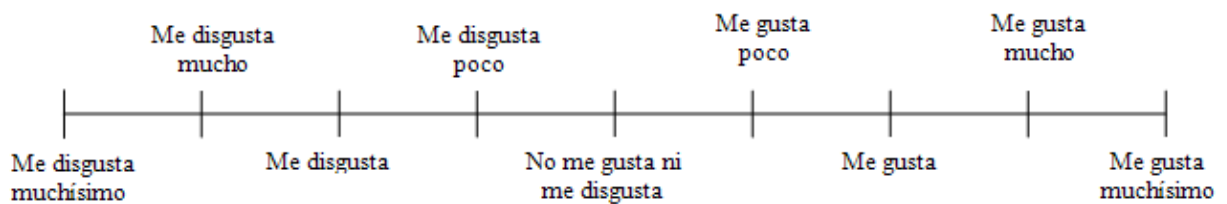
---

---

**2. Aceptabilidad sensorial de yogur**

Ud. recibirá muestras de yogur. Por favor, evalúe una muestra por vez. Utilice la escala para seleccionar la frase que mejor describa su opinión sobre el atributo pedido, en la muestra que evalúa. Puede beber agua entre las muestras para neutralizar el sabor residual. Por favor escriba todas las observaciones que le surjan. Muchas gracias.

**Aroma**

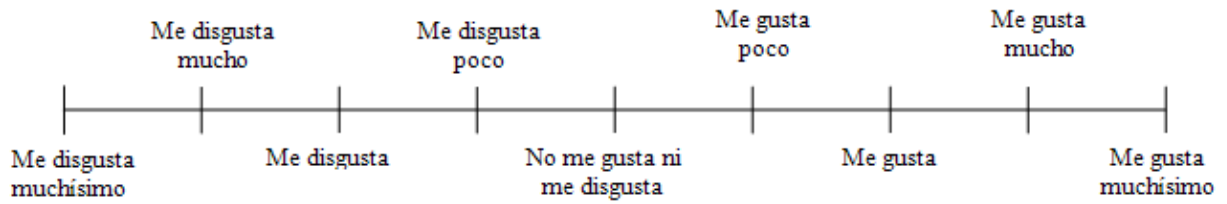


Observaciones:

---

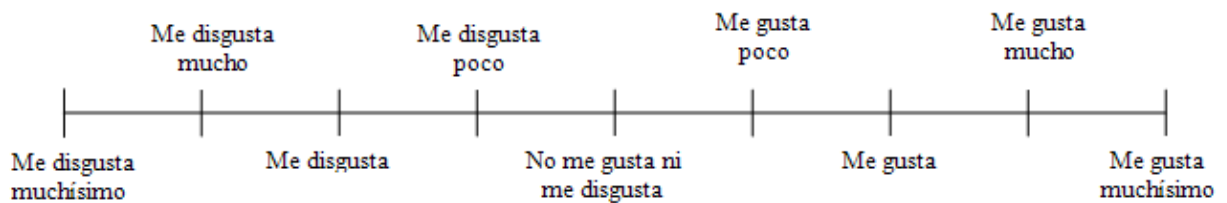
---

**Apariencia** (Incluye homogeneidad y agua en superficie)



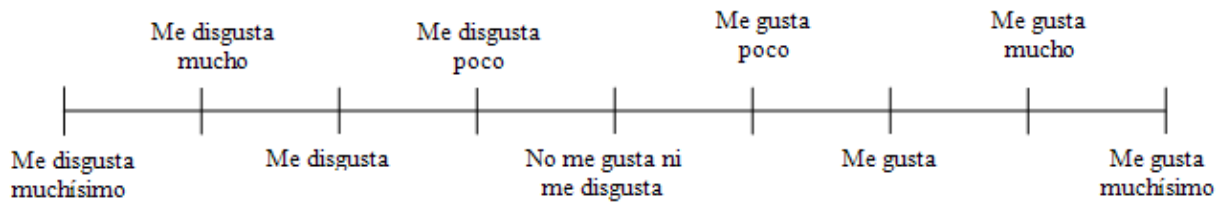
Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Color y brillo**



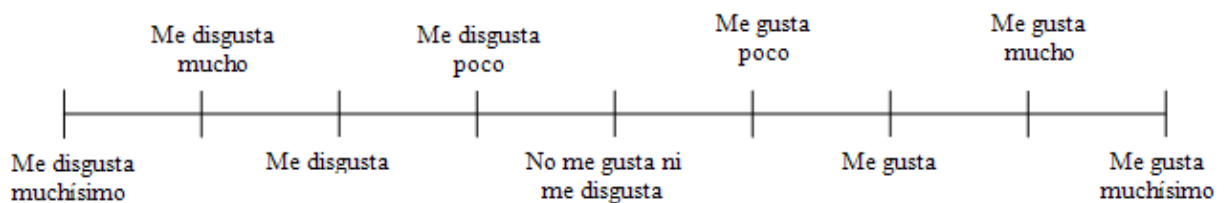
Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Textura en boca**



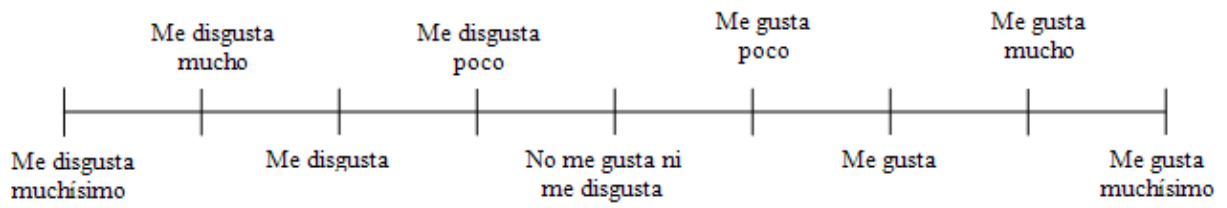
Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Sabor**



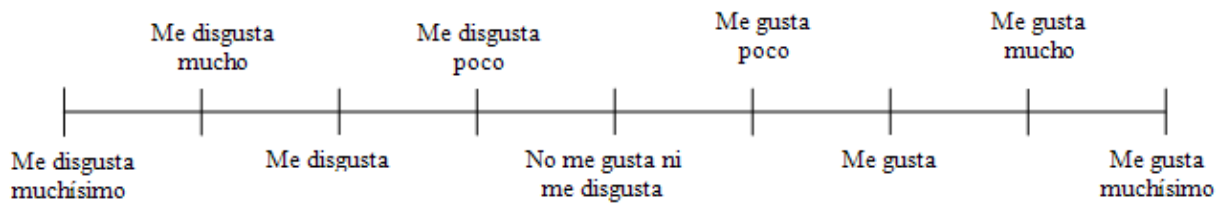
Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Sabor dulce**



Observaciones: \_\_\_\_\_

**Aceptabilidad global**



Observaciones: \_\_\_\_\_

### EVALUACIÓN SENSORIAL

Nombre:

Fecha:

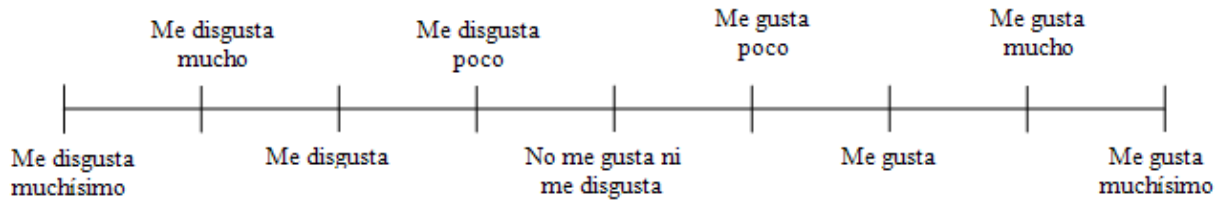
Edad:

Sexo:

#### Aceptabilidad sensorial de yogur

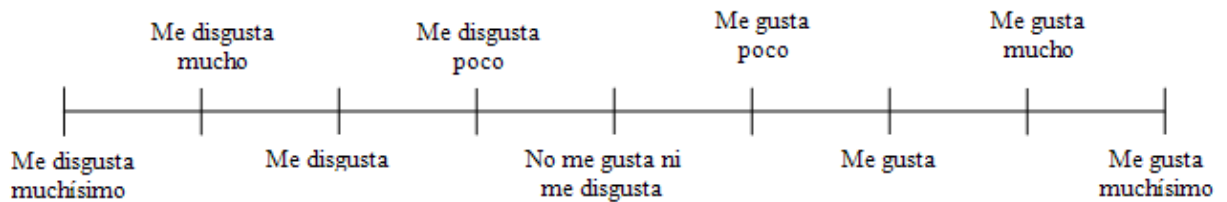
Ud. recibirá muestras de yogur. Por favor, evalúe una muestra por vez. Utilice la escala para seleccionar la frase que mejor describa su opinión sobre el atributo pedido, en la muestra que evalúa. Puede beber agua entre las muestras para neutralizar el sabor residual. Por favor escriba todas las observaciones que le surjan. Muchas gracias.

#### Apariencia (Incluye homogeneidad, agua en superficie, color y brillo)



Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### Textura en boca

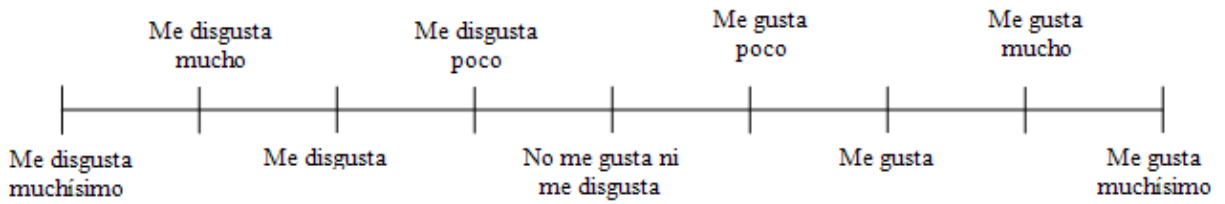


Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**NOTA: la evaluación continúa al dorso**

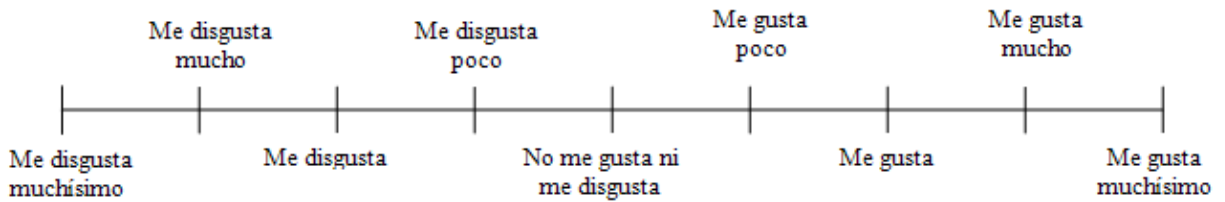


**Sabor**



Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Aceptabilidad global**



Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Por favor, responda a las siguientes preguntas.

¿Consume habitualmente yogures con bajo contenido de azúcar y/o bajos en calorías?  
¿Cuáles?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

¿Consume habitualmente edulcorantes no calóricos? ¿Cuál/es?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Muchas gracias!**

**Anexo V:** Detalle de etapas: duración, día de inicio y día de finalización.

Como puede observarse en la Tabla, en un día regular de producción se llevan a cabo de manera simultánea las etapas que se encuentran en rojo. Por un lado, se llevan a cabo las etapas para el yogur A (desde Precalentamiento hasta Almacenamiento III en cámara frigorífica) y al mismo tiempo se comienza a producir el yogur B (desde Recepción hasta Almacenamiento II). Como se observa en la Tabla, el tiempo requerido para el yogur A es de aproximadamente 9 h mientras que para el yogur B es de 10 h. Estas operaciones se realizan en paralelo.

<b>Etapas</b>	<b>Duración [h]</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>	<b>Producción en un día</b>
Recepción A	0,5	Día 1	Día 1	
Filtración A	0,5	Día 1	Día 1	
Almacenamiento I A	3	Día 1	Día 1	
Calentamiento I A	1	Día 1	Día 1	
Normalización A	1	Día 1	Día 1	
Pasteurización I A	1	Día 1	Día 1	
Enfriamiento I A	1	Día 1	Día 1	
Homogeneización A	1	Día 1	Día 1	
Calentamiento II y Estandarización A	0,5	Día 1	Día 1	
Deslactosado A	2,5	Día 1	Día 1	
Enfriamiento II A	1	Día 1	Día 1	
Almacenamiento II A	15,5	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	
<b>Precalentamiento A</b>	1,5	Día 2	Día 2	$1,5 + 0,08 + 0,5 + 3 + 0,5 + 4 =$ <b>9,58 horas</b>
<b>Pasteurización II A</b>	0,08	Día 2	Día 2	
<b>Enfriamiento III A</b>	0,5	Día 2	Día 2	
<b>Fermentación A</b>	3	Día 2	Día 2	
<b>Ruptura del coágulo A</b>	0,5	Día 2	Día 2	
<b>Envasado A</b>	3,5	Día 2	Día 2	
<b>Enfriamiento IV A</b>	4	Día 2	Día 2	
<b>Detección de materia extraña A</b>	3,5	Día 2	Día 2	
<b>Enfriamiento V A</b>	2	Día 2	Día 2	
<b>Almacenamiento III A</b>	24	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	
<b>Recepción B</b>	0,5	Día 2	Día 2	$0,5 + 3 + 1 + 0,5 + 2,5 + 1 =$ <b>8,5 horas</b>
<b>Filtración B</b>	0,5	Día 2	Día 2	
<b>Almacenamiento I B</b>	3	Día 2	Día 2	
<b>Calentamiento I B</b>	1	Día 2	Día 2	
<b>Normalización B</b>	1	Día 2	Día 2	
<b>Pasteurización I B</b>	1	Día 2	Día 2	
<b>Enfriamiento I B</b>	1	Día 2	Día 2	
<b>Homogeneización B</b>	1	Día 2	Día 2	
<b>Calentamiento II y Estandarización B</b>	0,5	Día 2	Día 2	
<b>Deslactosado B</b>	2,5	Día 2	Día 2	
<b>Enfriamiento II B</b>	1	Día 2	Día 2	
<b>Almacenamiento II B</b>	15,5	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	
Precalentamiento A	1,5	Día 3	Día 3	
Pasteurización II A	0,08	Día 3	Día 3	
Enfriamiento III A	0,5	Día 3	Día 3	

Fermentación A	3	Día 3	Día 3	
Ruptura del coágulo A	0,5	Día 3	Día 3	
Envasado A	3,5	Día 3	Día 3	
Enfriamiento IV A	4	Día 3	Día 3	
Detección de materia extraña A	3,5	Día 3	Día 3	
Enfriamiento V A	2	Día 3	Día 3	
Almacenamiento III A	24	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	

<b>PROCEDIMIENTO PARA EL LAVADO Y DESINFECCIÓN DE MANOS</b>	Código PR-1 Versión 0
<p><b>Objetivo:</b> describir la técnica para el lavado de manos garantizando la correcta higienización de las manos de los operarios y manipuladores, a fin de evitar que sean un foco de contaminación para el alimento en cualquiera de las etapas de elaboración.</p> <p><b>Alcance:</b> este procedimiento debe efectuarse para cualquier sector del área de elaboración.</p> <p><b>Responsables de la realización de la tarea:</b> todos los operarios y manipuladores que ingresen o se encuentren en el área de elaboración.</p> <p><b>Responsable de la supervisión de la tarea:</b> supervisor del área de producción.</p> <p><b>Frecuencia:</b> previo al ingreso de planta, luego de ir al baño, luego de tocarse el cabello y posteriormente a ensuciarse las manos de cualquier manera.</p> <p><b>Desarrollo para la realización de la tarea:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Humedecer las manos accionando el lavamanos.</li> <li>2. Aplicar sobre las manos una medida de jabón, presionando 1 (una) vez el dispenser que cuenta con la leyenda "JABÓN", ubicado sobre el lavamanos.</li> <li>3. Frotar las manos por al menos 20 segundos, con especial énfasis entre los dedos.</li> <li>4. Con ayuda del cepillo que se encuentra en el lavamanos, cepillar todas las uñas de las manos.</li> <li>5. Enjuagar con abundante agua accionando el lavamanos.</li> <li>6. Secar las manos con la cantidad necesaria de toallas de papel, ubicadas en el dispenser que cuenta con la leyenda "TOALLAS DE PAPEL", ubicado sobre un costado del lavamanos.</li> <li>7. Desechar las toallas de papel utilizadas en el tacho de basura.</li> <li>8. Desinfectar las manos aplicando alcohol en gel, presionando 1 (una) vez el dispenser que cuenta con la leyenda "ALCOHOL EN GEL", ubicado sobre un costado del lavamanos.</li> <li>9. Registrar que se ha completado la tarea en el Registro R1-Lavado de manos.</li> </ol> <p><b>Desarrollo para la supervisión:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Con el equipo de luz ultravioleta, verificar al menos 2 operarios elegidos al azar, semanalmente.</li> <li>2. Registrar que se ha verificado la limpieza en la columna correspondiente en el Registro R1-Lavado de manos.</li> <li>3. Realizar un hisopado a cada operario de forma semestral. Registrar en el Registro R2-Hisopado lavado de manos</li> </ol> <p><b>Medidas correctivas:</b> En caso de que se detecte limpieza deficiente en algún operario:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inmediatas: re-higienizar las manos según se describe en el presente procedimiento.</li> <li>2. A largo plazo: re-capacitar al personal sobre la correcta higienización de manos.</li> </ol> <p><b>Documentos relacionados:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Registro R1-Lavado de manos</li> <li>4. Registro R2- Hisopado lavado de manos</li> </ol>	
<p><b>Fecha de elaboración:</b></p> <p><b>Elaborado por:</b></p> <p><b>Fecha de aprobación:</b></p> <p><b>Aprobado por:</b></p>	<p><b>Control de cambios:</b></p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>



<b>PROCEDIMIENTO PARA EL LAVADO Y DESINFECCIÓN DE TANQUE FERMENTADOR</b>	Código PR-2 Versión 0
<p><b>Objetivo:</b> garantizar la sanitización del taque fermentador, con el fin de evitar la contaminación del producto y lograr la correcta obtención de yogur.</p> <p><b>Alcance:</b> ambos tanques fermentadores del sector de producción.</p> <p><b>Responsables de la realización de la tarea:</b> operario encargado de la obtención de yogur.</p> <p><b>Responsable de la supervisión de la tarea:</b> supervisor de producción de turno, al momento de realizar la limpieza del equipo.</p> <p><b>Frecuencia:</b> post-operacional.</p> <p><b>Desarrollo para la realización de la tarea:</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Realizar un enjuague con agua de red a temperatura ambiente por 5 minutos para eliminar los residuos lácteos fáciles de remover</li><li>2. Cargar la solución alcalina DIVOSAN TC86 (1%) a 50 °C y hacerla recircular por un lapso de 20 min. Drenar.</li><li>3. Enjuagar los restos de solución alcalina cargando agua de red a temperatura ambiente y haciéndola recircular por 10 minutos.</li><li>4. Cargar la solución desinfectante de ácido peracético DIVOSAN FORTE (200 ppm) a temperatura ambiente y hacerla recircular por un lapso de 20 min. Drenar.</li><li>5. Registrar que se ha completado la tarea en el Registro R3-Limpieza del tanque fermentador.</li></ol> <p><b>Desarrollo para la supervisión:</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Realizar una inspección visual de las superficies sanitizadas, en caso de estar en condiciones, dar el visto bueno para comenzar la producción. En caso contrario, dar aviso para repetir las operaciones de limpieza según o especificado anteriormente.</li><li>2. Registrar que se ha verificado la limpieza en la columna correspondiente en el Registro R3-Limpieza del tanque fermentador.</li><li>3. Realizar un hisopado de superficie con frecuencia mensual. Registrar en el Registro R4- Hisopado tanque fermentador</li></ol> <p><b>Medidas correctivas:</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. En caso de no tener seguridad de haber realizado efectivamente los pasos 1 a 4, o bien de no haberlos realizado durante los períodos de tiempo correspondientes, comenzar nuevamente desde el ítem 1. Dar aviso al supervisor de turno.</li></ol> <p><b>Documentos relacionados:</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Registro R3-Limpieza del tanque fermentador</li><li>2. Registro R4-Hisopado tanque fermentador</li></ol>	
<p><b>Fecha de elaboración:</b></p> <p><b>Elaborado por:</b></p> <p><b>Fecha de aprobación:</b></p> <p><b>Aprobado por:</b></p>	<p><b>Control de cambios:</b></p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

#### Anexo IV: Análisis de Peligros y PCC

Etapas	Peligros potenciales	Causa	Gravedad	Probabilidad	¿Es significativo?	Medida de control	P1	P2	P3	P4	¿Es PCC?	Justificación
Recepción	<u>Físico</u> : presencia de metales	Provenientes del camión de transporte	Alta	Baja	Si	-	Si	No	Si	Si	No	En la recepción no se cuenta con un dispositivo para la eliminación del peligro analizado (se controlará en etapa posterior)
	<u>Biológico</u> : presencia de <i>Salmonella spp.</i> , <i>Escherichia Coli</i> , <i>Campylobacter jejuni y coli</i> , <i>Mycobacterium bovis y tuberculosis</i> , <i>Brucella abortus</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Yersinia patógena</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Aracnobacter pyogenes</i> , <i>Streptococcus zooepidemicus</i> , <i>Leptospira</i> , <i>Coxiella burnetii</i> (Claeis et al., 2013)	Proviene de las ubres infectadas, heces de la vaca o infección sistémica y si no se mantiene temperatura de refrigeración pueden desarrollarse	Alta	Media-Baja	Si	Refrigeración a 4-8 °C	Si	No	Si	Si	No	Existe una etapa posterior de pasteurización que eliminará el peligro
Filtración	<u>Físico</u> : presencia de metales de tamaño menor a 2 mm	Provenientes del camión de transporte	Alta	Baja	Si	Presencia de malla de 2 mm	No	No	-	-	No	Existe una etapa posterior que detectará metales de tamaño menor a 2 mm, garantizando así la inocuidad (Detección de materia extraña)
Almacenamiento I	<u>Biológico</u> : presencia y desarrollo de <i>Salmonella spp.</i> , <i>Escherichia Coli</i> , <i>Campylobacter jejuni y coli</i> , <i>Mycobacterium bovis y tuberculosis</i> , <i>Brucella abortus</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Yersinia patógena</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Aracnobacter pyogenes</i> , <i>Streptococcus zooepidemicus</i> , <i>Leptospira</i> , <i>Coxiella burnetii</i> (Claeis et al., 2013)	Proviene de las ubres infectadas, heces de la vaca o infección sistémica y si no se mantiene temperatura de refrigeración pueden desarrollarse	Alta	Media-Baja	Si	Refrigeración a 4-8 °C	Si	No	Si	Si	No	Existe una etapa posterior de pasteurización que eliminará el peligro
Calentamiento I	Ninguno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Normalización	Ninguno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pasteurización I	<u>Biológico</u> : supervivencia de <i>Salmonella spp.</i> , <i>Escherichia Coli</i> , <i>Campylobacter jejuni y coli</i> , <i>Mycobacterium bovis y tuberculosis</i> , <i>Brucella abortus</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Yersinia patógena</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Aracnobacter pyogenes</i> , <i>Streptococcus zooepidemicus</i> , <i>Leptospira</i> , <i>Coxiella burnetii</i> (Claeis et al., 2013)	Proviene de las ubres infectadas, heces de la vaca o infección sistémica	Alta	Media-Baja	Si	Tratamiento térmico a 76 °C durante 15 s	Si	Si	-	-	Si	La pasteurización es un tratamiento térmico diseñado para la eliminación de los microorganismos patógenos mencionados (no así para la eliminación de BAL)
Enfriamiento I	Ninguno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Homogeneización	Ninguno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calentamiento II y Estandarización	<u>Físico</u> : incorporación de plástico	Proveniente del envase de leche en polvo	Alta	Baja	Si	-	Si	No	Si	Si	No	En la estandarización no se cuenta con un dispositivo para la eliminación del peligro analizado (se controlará en etapa posterior)

**Anexo IV: Análisis de Peligros y PCC**

	<u>Biológico</u> : presencia y desarrollo de <i>Salmonela spp., Staphilococcus aureus, Bacillus cereus</i>	Proveniente de la leche en polvo adicionada	Alta	Media-Baja	Si	-	Si	No	Si	Si	No	Existe una etapa posterior de pasteurización que eliminará el peligro
Deslactosado	Ninguno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Enfriamiento II	<u>Biológico</u> : desarrollo de <i>Salmonela spp., Staphilococcus aureus, Bacillus cereus</i>	Proveniente de la leche en polvo adicionada	Alta	Media-Baja	Si	-	Si	No	Si	Si	No	Existe una etapa posterior de pasteurización que eliminará el peligro
Almacenamiento II	<u>Biológico</u> : desarrollo de <i>Salmonela spp., Staphilococcus aureus, Bacillus cereus</i>	Proveniente de la leche en polvo adicionada	Alta	Media-Baja	Si	-	Si	No	Si	Si	No	Existe una etapa posterior de pasteurización que eliminará el peligro
Precaentamiento	<u>Físico</u> : incorporación de plástico	Proveniente del envase de endulzante y/o espesante	Alta	Baja	Si	-	Si	No	Si	Si	No	En el precaentamiento no se cuenta con un dispositivo para la eliminación del peligro analizado (se controlará en etapa posterior)
Pasteurización II	<u>Biológico</u> : supervivencia de <i>Salmonela spp., Staphilococcus aureus, Bacillus cereus</i>	Proveniente de la leche en polvo adicionada	Alta	Media-Baja	Si	Tratamiento térmico a 95 °C durante 5 min	Si	Si	-	-	Si	La pasteurización es un tratamiento térmico diseñado para la eliminación de los microorganismos patógenos mencionados (no así para la eliminación de BAL)
Enfriamiento III	Ninguno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fermentación	Ninguno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ruptura de coágulo	Ninguno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Envasado	Ninguno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Enfriamiento IV	Ninguno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Detección de materia extraña	<u>Físico</u> : presencia de metales y plásticos de tamaño menor a 0,8 mm	Metales provenientes de los equipos utilizados durante la elaboración, plásticos provenientes de los envases de los insumos adicionados	Alta	Baja	Si	Detección de objetos por rayos X	Si	Si	-	-	Si	Con la tecnología de rayos X se pueden detectar los metales y plásticos presentes en el producto terminado, de un tamaño aceptable para asegurar la inocuidad
Enfriamiento V	Ninguno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Almacenamiento III	Ninguno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



**Anexo V: Principios aplicados a los PCC**

Etapa	Peligro	Medida de control	Límite crítico	Monitoreo					Acción correctiva	Verificación	Registros
				Qué	Dónde	Cómo	Cuándo	Quién			
Pasteurización I	<u>Biológico</u> : supervivencia de <i>Samonella spp.</i> , <i>Escherichia Coli</i> , <i>Campylobacter jejuni y coli</i> , <i>Mycobacterium bovis y tuberculosis</i> , <i>Brucella abortus</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Yersinia patógena</i> , <i>Staphilococcus aureus</i> , <i>Aracnobacter pyogenes</i> , <i>Streptococcus zooepidemicus</i> , <i>Leptospira</i> , <i>Coxiella burnetii</i> (Claeis et al., 2013)	Tratamiento térmico	72 °C 15 s	Tiempo y temperatura	Intercambiador de placas	Lectura del tiempo y temperatura indicados en el equipo	Durante todo el proceso de pasteurización I	Operario responsable de la pasteurización	Reprocesar la leche	Revisión del Registro de tiempo y temperatura de pasteurización I <u>Responsable</u> : Supervisor de la etapa de pasteurización <u>Frecuencia</u> : diaria	Registro de tiempo y temperatura de pasteurización I
Pasteurización II	<u>Biológico</u> : supervivencia de <i>Salmonela spp.</i> , <i>Staphilococcus aureus</i> , <i>Bacillus cereus</i>	Tratamiento térmico	72 °C 15 s	Tiempo y temperatura	Tanque fermentador	Lectura del tiempo y temperatura indicados en el equipo	Durante todo el proceso de pasteurización II	Operario responsable de la fermentación	Recomenzar el proceso	Revisión del Registro de tiempo y temperatura de pasteurización I <u>Responsable</u> : Supervisor de la etapa de fermentación <u>Frecuencia</u> : diaria	Registro de tiempo y temperatura de pasteurización II
Detección de materia extraña	<u>Físico</u> : presencia de metales y plásticos de tamaño menor a 0,8 mm	Detección de objetos por rayos X	Partícula de tamaño mayor a 0.8 mm	Aparición de material extraño en los potes	En el equipo de rayos X que se encuentra a la salida de la envasadora	Inspección visual en la pantalla del equipo	Desde que inicia el envasado hasta su finalización (inspección de todos los envases)	Operario encargado del envasado	Retirar el envase de la línea	Revisión del Registro de detección de materia extraña <u>Responsable</u> : Supervisor de la etapa de envasado <u>Frecuencia</u> : diaria	Registro de detección de materia extraña