



**PROPUESTA PARA ESTABLECER EL MONTAJE DE UN LABORATORIO
ESPECIALIZADO EN EVALUAR Y ESTIMAR LA VIDA ÚTIL DE LOS PRODUCTOS
FABRICADOS POR LA COOPERATIVA COLANTA**

Geraldine Valencia Rodríguez

Proyecto presentado para optar al título de Ingeniera Química

Asesor

Elías de Jesús Gómez Macías, Doctor (PhD) en Ingeniería

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Química
Medellín, Antioquia, Colombia
2024

Cita

Valencia Rodríguez [1]

Referencia

[1] Valencia Rodríguez, “Propuesta para establecer el montaje de un laboratorio especializado en evaluar y estimar la vida útil de los productos fabricados por la Cooperativa Colanta”, Trabajo de grado profesional, Ingeniería Química, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2024.

Estilo IEEE
(2020)



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A todas aquellas personas que han sido parte de mi vida y que me han brindado su apoyo incondicional, en especial, a mis padres y hermano, quienes han sido mi mayor motivación, impulsándome a seguir y luchar por cada uno de mis sueños. Su apoyo ha sido fundamental en mi desarrollo tanto académico como personal, y les estoy eternamente agradecida. Sin su amor, orientación y sacrificio, no estaría donde estoy hoy.

Agradecimientos

Me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento al docente Elías de Jesús Gómez por su dedicación y pasión por la enseñanza que han sido verdaderamente inspiradoras. Su sabiduría ha sido fundamental para la realización exitosa de este proyecto. Es difícil expresar con palabras cuánto valoro su constante apoyo y orientación durante este viaje académico. Su guía ha dejado una huella perdurable en mi desarrollo académico y en mi vida personal y estaré eternamente agradecida.

Le agradezco a la Cooperativa Colanta por brindarme la oportunidad de reforzar y enriquecer mis conocimientos en sus instalaciones, además de depositar su confianza en mis capacidades para brindarles acompañamiento en su proyecto durante estos meses.

Por último, deseo expresar mi gratitud a mi alma mater por brindarme la oportunidad de crecer y aprender durante todos estos años. Me siento honrada de ser parte de esta institución y llevaré con orgullo sus enseñanzas a lo largo de mi vida.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
I. Introducción	11
II. Planteamiento del problema	12
III. Justificación.....	13
IV. Objetivos	15
a. Objetivo general	15
b. Objetivos específicos.....	15
V. Marco teórico	16
VI. Metodología	18
VII. Resultados y análisis.....	41
VIII. Conclusiones	48
IX. Recomendaciones.....	50
BIBLIOGRAFIA.....	51
ANEXOS.....	54
Anexo 1. Implementación del diseño experimental	54
Anexo 2. Capacidad necesaria para el proyecto.....	66
Anexo 3. Base de datos y de cálculos.	68

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Pasos del diseño experimental	19
Tabla 2. Características de los refrigeradores.	29
Tabla 3. Características de los congeladores.....	29
Tabla 4. Características de las Cámaras climáticas	30
Tabla 5. Software y equipos de computación.	31
Tabla 6. Criterios de selección de equipos.....	31
Tabla 7. Normativa que rige los ensayos microbiológicos.	39
Tabla 8. Normativa que rige los ensayos fisicoquímicos.....	39
Tabla 9. Normativa que rige los ensayos sensoriales.....	40
Tabla 10. Matriz de selección refrigeradores.....	41
Tabla 11. Matriz de selección congeladores	41
Tabla 12. Matriz de selección cámaras climáticas.....	42
Tabla 13. Presupuesto final.	47

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Rangos de operación de la cámara climática referencia 3911.	43
Ilustración 2. Cámara climática Thermo Scientific referencia 3911.	44
Ilustración 3. Refrigerador y Congelador Thermo Scientific referencia TSX2305GY y TSX2330FY respectivamente.	44
Ilustración 4. Vista en isométrico.	46
Ilustración 5. Vista superior.	46
Ilustración 6. Tiempos de muestreo para el quesito.	59
Ilustración 7. Tiempos de muestreo para el jamón de cerdo.	60
Ilustración 8. Tiempos de muestreo para la crema pasteurizada.	61
Ilustración 9. Tiempos de muestreo para el Tampico Citrus.	62
Ilustración 10. Tiempos de muestreo para la leche pasteurizada.	63
Ilustración 11. Tiempos de muestreo para la leche UHT.	64
Ilustración 12. Tiempos de muestreo para leche en polvo.	65
Ilustración 13. Tiempos de muestreo para la mantequilla sin sal.	65
Ilustración 14. Tiempos de muestreo para la mantequilla con sal.	66
Ilustración 15. Cálculo del número de equipos.	67
Ilustración 16. Registro de datos para ensayos acelerados.	68
Ilustración 17. Determinación de parámetros cinéticos para ensayos acelerados.	69
Ilustración 18. Contraste de hipótesis de ensayos acelerados.	70
Ilustración 19. Registro de datos para pruebas en tiempo real.	71
Ilustración 20. Tabla dinámica para observar el comportamiento de las variables.	72
Ilustración 21. Contraste de hipótesis para pruebas en tiempo real.	73

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

IEEE:	Institute of Electrical and Electronics Engineers
PhD:	Philosophiae Doctor
UdeA:	Universidad de Antioquia
ASLT:	Accelerated Shelf-Life Testing
UHT:	Ultra High Temperature “Ultra alta temperatura”
ICH:	The International Council for Harmonisation of Technical Requirements for pharmaceuticals for Human Use.
OMS:	Organización Mundial de la Salud.
EMA:	Agencia Europea de Medicamentos
ASEAN:	Association of Southeast Asian Nations
GMP:	Good Manufacturing Practice
GLP:	Good Laboratory Practice
GCCP:	Guidance on Good Cell Culture Practice
FDA	Food and Drug Administration
TAPPI:	Technical Association of the Pulp and Paper Industries
ASTM:	American Society for Testing and Materials
UL:	Underwriters Laboratories
cUL:	Canadian Underwriters Laboratories
CE:	Conformité Européenne (CE) certification is a regulatory standard that verifies certain products are safe for sale and use in the European Economic Area (EEA)

RESUMEN

El presente proyecto está enfocado en proponer un laboratorio interno orientado a la evaluación y estimación de la vida útil de los productos elaborados en las diferentes plantas de la Cooperativa Colanta, estableciendo los recursos necesarios para llevar a cabo el montaje del espacio e identificando las metodologías y variables involucradas para la realización de los diferentes estudios que se llevarían a cabo en este espacio. Para esto se implementaron unos criterios de selección para escoger los mejores dispositivos que contribuyeran a simular las condiciones de almacenamiento de los ensayos, y de acuerdo con el tamaño de los equipos se ha determinado el espacio requerido para ubicación del laboratorio y el personal encargado de su operación.

Se elaboró un diseño experimental generalizado que permite establecer el paso a paso para la realización de los estudios de estabilidad de manera uniforme y sistemática, garantizando resultados fiables y comparables. Adicionalmente, se creó una guía para la ejecución de 9 ensayos específicos, utilizando un archivo de Excel con macros habilitadas. Esta herramienta facilita la recopilación y análisis de datos, optimizando el proceso y mejorando la eficiencia en la gestión de la información.

Después del análisis y la metodología desarrollada, se estimó que son necesarias 4 cámaras climáticas, dos refrigeradores y un congelador para suplir las necesidades del laboratorio, en relación con lo anterior, se determinó que el área mínima requerida para el laboratorio es de 20 metros cuadrados, lo que satisface adecuadamente las necesidades iniciales del proyecto y proporciona un espacio óptimo para llevar a cabo las actividades de manera eficiente y cómoda. Finalmente, se estableció que se requieren como mínimo 3 profesionales para el desarrollo de las actividades del laboratorio, un auxiliar, un analista de datos y un especialista en el control de calidad y vida útil.

Palabras clave: Cooperativa Colanta, vida útil, estudios de estabilidad, pruebas aceleradas, pruebas en tiempo reales, parámetros cinéticos, cámaras climáticas.

ABSTRACT

The present project is focused on proposing an internal laboratory oriented to the evaluation and estimation of the useful life of the products elaborated in the different plants that compose the Colanta Cooperative, establishing the necessary resources to carry out the assembly of the space and identifying the methodologies and variables involved for the realization of the different studies that would be carried out in this space. For this purpose, selection criteria were implemented to choose the best devices that would contribute to simulate the storage conditions of the tests, and according to the size of the equipment, the space required for the location of the laboratory and the personnel in charge of its operation was determined.

A generalized experimental design was developed to establish the step-by-step procedure for conducting the stability studies in a uniform and systematic manner, guaranteeing reliable and comparable results. Additionally, a guide was created for the execution of 9 specific tests, using an Excel file with enabled macros. This tool facilitates data collection and analysis, optimizing the process and improving efficiency in information management.

After the analysis and the methodology developed, it was estimated that 4 climatic chambers, two refrigerators and a freezer are necessary to supply the needs of the laboratory, in relation to the above, it was determined that the minimum area required for the laboratory is 20 square meters, which adequately meets the initial needs of the project and provides an optimal space to carry out the activities efficiently and comfortably. Finally, it was established that a minimum of 3 professionals are required for the development of the laboratory activities, an assistant, a data analyst and a specialist in quality and useful life control.

Keywords: Cooperativa Colanta, shelf life, stability studies, accelerated tests, real time tests, kinetic parameters, climatic chambers.

I. Introducción

Todos los productos alimenticios se componen de materias primas biológicas, las cuales se deterioran intrínsecamente y extrínsecamente con el tiempo. Este deterioro es un factor que no puede detenerse por completo; sin embargo, el principal propósito de las empresas productoras y procesadoras de alimentos es retardar esta degeneración en la medida de lo posible a través de mejoras en la formulación, el envasado, tratamientos térmicos, material de empaque, el almacenamiento y la manipulación [1] [2].

Hay varios indicadores con los cuales se le puede hacer seguimiento al deterioro del alimento en el tiempo. Por ejemplo, se puede dar un cambio de color, sabor, textura, aroma, las vitaminas, el pH y ciertos parámetros microbiológicos como el conteo total de microorganismos mesófilos. Por lo tanto, cuando una de estas variables llegue a su límite máximo o mínimo permitido, se considera que ha cumplido con su vida útil.

Por tanto, determinar la vida útil de un alimento es fundamental para fabricantes y consumidores, dado que, les permite a los fabricantes obtener información relevante que afecta directamente el volumen de ventas de la empresa, costes de logística y todo lo que incluye la cadena de suministro y operación. Por su parte, los consumidores pueden tener seguridad y garantía de que el producto que se está consumiendo cuenta con una buena calidad. Por lo cual, realizar estudios de vida útil en los alimentos mediante técnicas avanzadas es primordial para cumplir con la normativa, aventajar a la competencia y potenciar la eficiencia interna de las empresas.

En el caso específico de la industria de la leche y sus derivados, es esencial garantizar su calidad y seguridad, ya que son productos altamente perecederos y susceptibles a la proliferación de microorganismos tanto alteradores como patógenos. En esta propuesta de trabajo, se desea plantear un proyecto que determine y justifique los recursos, métodos y variables necesarias para estimar la vida útil de estos alimentos fabricados por la Cooperativa Colanta, ya que actualmente no hay un espacio para determinar estos valores y, por ende, hay que analizarlos de manera externa, lo que implica también un gasto adicional. El proyecto tiene como fin determinar la infraestructura física, equipos, recursos humanos y metodologías o diseños experimentales orientados a estudiar la vida útil de las diferentes matrices de productos de la Cooperativa.

II. Planteamiento del problema

La Cooperativa Colanta constantemente está desarrollando nuevos productos para lanzar al mercado o realizando mejoras en los productos ya existentes, bien sea en su composición, material de empaque o cambios en las líneas de proceso o requisitos legales (como la resolución 2056 del 2023, la cual es una estrategia nacional para la reducción del consumo de sal/sodio en Colombia). En todos los casos anteriores, es necesario conocer el impacto positivo o negativo que se tiene en la vida útil del producto.

Hay diversas formas y metodologías para realizar estudios de vida útil que, dependiendo del tipo de producto, la naturaleza de este y la necesidad de los procesos, podrían realizarse en tiempo real o de forma acelerada; en todas las circunstancias, se requiere simular las condiciones ambientales a las que puede someterse durante su vida útil, sin embargo, estas condiciones no pueden ser simuladas de manera interna, ya que no se cuentan con los equipos necesarios, lo que implica contratar laboratorios externos que pueden ser bastantes costosos. En este sentido, en el último año la Cooperativa destino en análisis externos alrededor de 52.958.282 \$. Además, aunque estos laboratorios externos poseen la capacidad técnica para realizar las pruebas necesarias, no son expertos en el manejo de los productos específicos de la Cooperativa, por lo tanto, los resultados obtenidos pueden carecer de total confiabilidad y seguridad en algunas ocasiones.

III. Justificación

Considerando el presente proyecto sobre el planteamiento del montaje de un laboratorio especializado en estimar la vida útil de los productos de la Cooperativa Colanta, se debe expresar que la motivación principal radica en la necesidad que ha venido evidenciando la empresa de requerir el análisis de estudios de vida útil de manera frecuente de los diferentes productos que comercializa debido a cambios de presentación, empaque, materia prima y en las líneas de proceso y también a proyectos de innovación y generación de nuevos productos, que si bien se cuenta con los conocimientos analíticos para realizarlos, aún no se poseen los equipos y la infraestructura necesaria.

En ese sentido, a raíz de dicha necesidad, este proyecto se justifica desde aspectos económicos, de confiabilidad y de oportunidad. En primer lugar, se argumenta su desarrollo desde la perspectiva de confiabilidad y seguridad en los resultados de los ensayos de vida útil dado que, si bien las empresas externas cuentan con los recursos necesarios para realizar los ensayos y pruebas, no cuentan con la experiencia en el manejo de los productos de la Cooperativa, por ende, pueden realizar pruebas innecesarias que únicamente representan un aumento en los costos, ya que normalmente su comportamiento puede permanecer constante en el transcurso de la vida útil y por lo tanto, no aportar una respuesta al estudio.

Así mismo, no se puede asegurar que las muestras analizadas hayan sido manipuladas de manera adecuada y, por lo tanto, hay cierto grado de precaución con respecto a los datos suministrados por la entidad externa, ya que, no contar con un valor acertado puede perjudicar la reputación de la Cooperativa. Por lo anterior, este proyecto se lleva a cabo debido a que se percibe una necesidad real que presenta la oportunidad de sacar provecho de la situación actual de la empresa.

Por otro lado, esta propuesta de establecimiento se realiza con el fin de definir los requerimientos necesarios para hacer el montaje de un laboratorio especializado en análisis de estabilidad y vida útil, donde se incluyen los equipos, los software y personal necesario para el manejo y cuidado del espacio. Así, este proyecto ofrece a la empresa una posible estrategia y datos concretos para abordar la problemática actual, también un estimado de la inversión requerida y sugiere metodologías claves para la ejecución en del proyecto.

De igual forma, el proyecto de práctica tendrá un impacto significativo en el campo de la ingeniería al proporcionar la oportunidad de aplicar los conocimientos teóricos adquiridos a lo largo del desarrollo profesional. A través de la implementación de técnicas ingenieriles de manera masiva en un entorno industrial, también la aplicación del pensamiento crítico, la selección de variables y la toma de decisiones a base de datos e información. Por lo que la estudiante desarrollará habilidades prácticas en la integración y optimización de recursos y la gestión de estos. Además, el proyecto fomentará la investigación y permitirá incursionar en nuevos conocimientos basados en el estudio de vida útil para abordar la demanda actual de este tipo de pruebas para el cumplimiento de las legislaciones y normativas.

IV. Objetivos

a. Objetivo general

Plantear un laboratorio interno orientado a la evaluación y estimación de la vida útil de los productos elaborados en las diferentes plantas que componen la Cooperativa Colanta, estableciendo los recursos, métodos y variables necesarias para llevar a cabo el proyecto.

b. Objetivos específicos

Identificar y seleccionar las pruebas específicas necesarias para evaluar la vida útil de los productos lácteos y sus derivados producidos en la planta Jenaro Pérez, considerando estándares y regulaciones pertinentes.

Realizar un análisis de mercado y tecnológico para adquirir los equipos de laboratorio más avanzados y adecuados para llevar a cabo las pruebas de evaluación de vida útil.

Definir el perfil técnico y profesional del personal necesario para operar el laboratorio, asegurando competencias en áreas clave como análisis sensorial de alimentos, pruebas microbiológicas y fisicoquímicas y técnicas generales de laboratorio.

Definir el espacio físico para el laboratorio, asegurando que el área estimada pueda cumplir con la distribución espacial que se especifica en la normativa correspondiente.

V. Marco teórico

Un producto lácteo es inherentemente perecedero y, dependiendo de sus propiedades físicas y químicas, la calidad microbiológica y las condiciones de almacenamiento, llegará un momento en el que su calidad será inaceptable o será perjudicial para el consumidor, alcanzando el final de su vida útil [2]. La capacidad de predecir esto es de gran valor para la industria láctea al definir las condiciones, límites de almacenamiento y distribución, formular productos, evaluar procesos de fabricación y realizar evaluaciones cuantitativas de riesgo [2].

Los fabricantes de alimentos estudian la vida útil de su producto mediante métodos directos e indirectos [3]. El método directo consiste en almacenar el producto en condiciones preseleccionadas durante un tiempo (más largo que el de conservación esperada) y revisarlo a intervalos regulares para ver cuándo comienza a deteriorarse. Este es el método más confiable a productos perecederos como la carne cruda, la leche pasteurizada, quesos, frutas, entre otros.

El método indirecto utiliza pruebas de vida útil acelerada o modelado predictivo [3]. La prueba de vida útil acelerada ofrece una manera de estimar la vida útil sin tener que esperar mucho tiempo para obtener la respuesta [3]. Ambos requieren un conocimiento profundo de los componentes del alimento, el proceso, los factores de seguridad microbiológicos, los principales modos de determinación de la calidad y las condiciones de almacenamiento previstas [3].

Por su parte, los métodos o pruebas de vida útil aceleradas (ASLT, por sus siglas en inglés) surgen de la necesidad de obtener, en un tiempo relativamente corto, la información necesaria para determinar la vida útil de los alimentos fundamentalmente de larga duración [4], este tipo de método es esencial para productos no perecederos, que tienen una vida útil superior tales como lo son los enlatados, las harinas, los cereales, o también productos que han sido tratados mediante técnicas avanzadas que le permiten conservar sus propiedades mucho más tiempo como lo es el caso de la leche en polvo o la leche UHT. También, es un adecuado para análisis que requieren resultados urgentes. Los resultados de toda prueba de almacenamiento acelerado deben ser validados una vez que el producto esté en el mercado [4].

Las ASLT son aplicables a cualquier proceso de deterioro que tenga un modelo cinético válido, puede ser químico, físico, bioquímico, microbiológico e incluso sensorial [5]. Existen varias aproximaciones a las ASLT, pero el método más común es la aproximación por el modelo cinético

de Arrhenius, que relaciona la velocidad de deterioro con los cambios de temperatura y cuya popularidad lo ha hecho sinónimo de las ASLT [5].

Durante los estudios acelerados de vida útil pueden existir un sin número de problemas prácticos y errores teóricos. Aumentos de temperatura pueden provocar cambios de fases (el cambio de grasa sólida a líquida) y acelerar una reacción; por lo que, la vida útil a altas temperaturas puede ser menor que la que se predijo. Carbohidratos en estado amorfo pueden cristalizar a altas temperaturas, provocando una mala predicción de la vida útil; Si dos reacciones con diferentes valores de Q_{10} causan una pérdida de calidad, la que tenga un Q_{10} más alto puede predominar a mayor temperatura, pero con un mecanismo diferente puede predominar en un almacenamiento en condiciones normales, confundiendo la predicción.

La actividad de agua (a_w) de los productos secos puede incrementarse cuando la temperatura aumenta; esto causa un incremento en la velocidad de reacción para productos empacados de a_w bajos y puede resultar en una sobre predicción de la verdadera vida útil a bajas temperaturas. La solubilidad de los gases, especialmente el oxígeno en grasas o disoluciones acuosas decrece casi un 25% por cada 10 °C que suba la temperatura. La reacción de oxidación (pérdida de vitaminas E, A, C o ácido linoleico) puede decrecer en velocidad si el oxígeno disponible es el factor limitante; por lo tanto, a altas temperaturas la velocidad puede ser menor teóricamente y esto da como resultado una baja predicción de la verdadera vida útil a una temperatura normal de almacenamiento. Si se utiliza una temperatura lo suficientemente alta, las proteínas pueden ser desnaturalizadas; esto puede producir un incremento o un descenso de la velocidad de reacción, produciendo una alta o baja predicción de la vida útil. Adicionalmente, pueden ocurrir errores en la evaluación sensorial [3].

VI. Metodología

1. Definición del Alcance:

Como se indicó con anterioridad lo que se pretende alcanzar con este proyecto es proporcionar a la Cooperativa Colanta una estrategia detallada y concreta que permita definir y establecer las variables involucradas para realizar el montaje de un laboratorio especializado en la evaluación de la vida útil de los diversos productos fabricados en cada una de sus plantas. Teniendo en cuenta esto, se establecen las limitaciones y alcances:

- El proyecto no incluirá la ejecución física del laboratorio.
- Los entregables consistirán en archivos de Excel que servirán como herramientas para la gestión de datos y programación de análisis.
- Se proporcionará una estrategia detallada y estimación de inversión para el establecimiento del laboratorio.
- Se proporcionará información sobre el espacio requerido, el personal adecuado y el diseño experimental para la realización de los ensayos de vida útil.

El proyecto se considerará finalizado cuando se logren desarrollar con éxito los alcances definidos anteriormente y cuenten con la aprobación del personal interesado en la realización del espacio.

2. Diseño experimental:

El diseño experimental es una técnica estadística apoyada en el método científico, donde se obtienen resultados más eficientes a partir de la metodología adecuada para identificar, recolectar, analizar e interpretar datos, que conduzcan a minimizar el error y tomar así decisiones apropiadas.

Los aspectos para tener en cuenta para elaborar un diseño experimental eficiente para estudios de vida útil, independientemente del método de estimación a emplear, son:

Tabla 1. Pasos del diseño experimental

Orden	Ítem
a	Objetivo de estudio
b	Condiciones de almacenamiento
c	Duración del estudio
d	Selección de tiempos de muestreo (Frecuencia de análisis)
e	Número de muestras
f	Selección de los parámetros representativos
g	Límites de aceptabilidad (Puntos de corte)
h	Análisis estadístico e interpretación de resultados

a. Objetivo de estudio:

Los objetivos de estudio son aspectos que orientan la formulación de hipótesis específicas sobre cómo estos factores impactan la calidad y la duración de los alimentos. Estos objetivos también guían la selección de variables a medir, los métodos de análisis y los parámetros de almacenamiento que se deben controlar durante el experimento. Además, contribuyen a la comunicación efectiva de los resultados, asegurando que la investigación sea relevante para la empresa y que cumpla con estándares especificados por la norma.

b. Condiciones de almacenamiento:

La elección de las condiciones de almacenamiento, como temperatura y humedad, es relevante por su impacto directo en reacciones químicas, estabilidad microbiológica y cambios físicos. La variación en la temperatura, desde condiciones de refrigeración hasta situaciones extremas, permite evaluar la sensibilidad del producto a variaciones térmicas. En cuanto a la humedad, su variación refleja la influencia en la actividad acuosa, crecimiento microbiano y cambios en la textura. La selección de un rango amplio y representativo de temperaturas y niveles de humedad asegura la aplicabilidad de los resultados a condiciones reales de almacenamiento, proporcionando una comprensión completa de la estabilidad y calidad del producto en diversos entornos ambientales.

A continuación, se presentan las siguientes posibles condiciones [6]:

- Para un producto enlatado las temperaturas de ensayo podrían ser 30 °C, 35 °C y 40 °C, manteniendo el control a 25 °C ± 2 °C.

- Para un producto refrigerado las temperaturas de ensayo podrían ser 15 °C y 25 °C. Manteniendo su control en $4\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.
- Para un producto que se almacena a temperatura ambiente las temperaturas de ensayo podrían ser 35 °C, 45 °C, manteniendo el control a 25 °C.
- Para un producto congelado las temperaturas de ensayo podrían ser 4 °C, -10 °C y -25 °C, manteniendo el control a $-30\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

Es importante señalar que no es necesario realizar los estudios a las temperaturas mencionadas en este documento; se pueden seleccionar temperaturas próximas a las indicadas. Si se requiere extrapolar los valores a otras temperaturas menores o inferiores se implementará el uso del factor Q10, pero, si se desea ser más estricto, se aplicará el almacenamiento a esa temperatura.

Ahora, suponiendo un empaque totalmente impermeable a los gases, a la humedad y a la luz, se podría considerar que los alimentos están aislados del ambiente por lo que el daño que sufrirían no estaría relacionado con la humedad, por lo tanto, para este tipo de productos no se implementará el uso de aceleramiento por humedad. Caso contrario, sucede con productos como la mantequilla y el quesito, que no están herméticamente sellados, por lo que se encuentran completamente expuestos al ambiente. Para este tipo de productos, se sugiere implementar los siguientes rangos de humedad para su almacenamiento acelerado:

- Para productos sensibles a la humedad porque pueden absorberla, las humedades de ensayo podrían ser: 55%, 60% y 65%.
- Para alimentos o productos secos, como galletas, cereales entre otros, se recomiendan humedades de ensayo sean de 65%, 75% y 85%.
- Para productos cárnicos las humedades de ensayo pueden ser 75%, 80%, 85%.

Es importante mencionar que la humedad relativa y la temperatura presentan una relación entre ellas inversamente proporcional; cuando la temperatura aumenta, la humedad relativa tiende a disminuir, y cuando la temperatura disminuye, la humedad relativa tiende a aumentar, siempre y cuando el contenido de vapor de agua en el aire permanezca constante. En este sentido, las condiciones sugeridas con anterioridad pueden verse modificadas cuando se contemple el uso de la temperatura de manera simultánea con la humedad y de acuerdo con los rangos de operación que acepte la cámara climática [7] [8].

c. Selección de tiempos de muestreo (Frecuencia de análisis):

La selección de la frecuencia de muestreo impacta directamente en la precisión y representatividad de los datos recopilados durante el experimento. Una frecuencia de muestreo adecuada permite capturar variaciones temporales en las propiedades de los alimentos, especialmente aquellas relacionadas con cambios microbiológicos, químicos o físicos que pueden afectar la calidad y la seguridad alimentaria. Si la frecuencia de muestreo es demasiado baja, podrían pasarse por alto eventos críticos, lo que resultaría en una evaluación inexacta de la vida útil. Por otro lado, una frecuencia de muestreo excesiva puede generar un volumen de datos innecesario y aumentar los costos del experimento sin proporcionar beneficios significativos [9].

Ahora bien, la Cooperativa Colanta, como empresa consolidada con una alta capacidad de producción, tiene la posibilidad de acceder a una gran cantidad de unidades experimentales para los ensayos, por lo tanto, no es necesario restringir las frecuencias de muestreo las cuales afectan directamente el número de muestras como se observará en el siguiente ítem. Sin embargo, si la empresa considera prestar servicios externos a otras entidades se sugieren adecuar los tiempos de frecuencia de acuerdo con la capacidad de producción de la entidad que desee adquirir los servicios.

d. Número de unidades muestréales:

Para diseñar un estudio de durabilidad es necesario el cálculo del tamaño de muestra, que debe ser suficientemente grande para producir información útil, y lo suficientemente pequeño para ser práctico y económicamente viable para la empresa [10]. Por heurística se sugiere que el número de réplicas mínimas sea de 3 lotes para cada estudio, esto con el fin de obtener un mayor número de datos que permitan una respuesta más confiable.

Para el cálculo del tamaño de unidades experimentales mínimas para cada lote partiendo de los índices de deterioro relacionados con el producto específico, debe tenerse en cuenta: el número de puntos en el tiempo en que se realizarán los muestreos (nt), el número de unidades necesarias para los análisis fisicoquímicos (mFQi), y el número de unidades necesarias para cada análisis microbiológico (mMi). Es importante señalar que en el número de unidades para análisis fisicoquímicos se contemplan los análisis sensoriales.

El tamaño de unidades experimentales para cada muestra puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$nL_i = n_t(mFQ_i + mM_i) \quad (1)$$

El tamaño de unidades total necesario para realizar el experimento puede calcularse multiplicando el número de muestras (Lotes) por el número de unidades necesarias calculado con la expresión anterior. En las pruebas de almacenamiento acelerado por abuso de temperatura para el cálculo del número mínimo de unidades se deben tener en cuenta, además, las temperaturas de ensayo, de modo que cada lote sea examinado en todas ellas.

$$N_{total} = 3nL_i \quad (2)$$

e. Selección de parámetros representativos

La velocidad de degradación depende de la energía de activación de la reacción química y es específica del producto. Cada producto tiene un modo específico de deterioro (es decir, rancidez, pérdida/ganancia de humedad, cambios organolépticos, cambio en la acidez), por lo que cada estudio se adapta al producto específico.

Al elegir parámetros sensibles a la temperatura, se facilita la evaluación precisa de la influencia ambiental en la vida útil de los productos, permitiendo a los investigadores extrapolar resultados y prever cómo las condiciones de almacenamiento afectarán la calidad y seguridad alimentaria.

Si no hay mucha información previa sobre el comportamiento del producto en el almacenamiento, hay que plantear pruebas que incluyen análisis fisicoquímicos, microbiológicos, sensoriales (con panel de evaluadores entrenados) y de aceptabilidad (con consumidores) [6], para conocer cuál es el parámetro crítico del producto.

f. Límites de aceptabilidad

Según lo establecido en el decreto 616 del 2006, así como en las resoluciones 2310 de 1986 y la 3929 del 2013 [11] [12] [13], junto con la documentación interna y fichas técnicas de los productos de la Cooperativa, se determinan los límites de aceptabilidad para definir la calidad de un producto logrando así identificar cuando sus características organolépticas y nutricionales ya no cumplen con los estándares de inocuidad requeridos.

g. Análisis estadístico e interpretación de resultados:

El análisis estadístico e interpretación de resultados son fases críticas en el diseño experimental para calcular la vida útil de los alimentos. Son aspectos importantes porque permiten sacar conclusiones significativas y respaldar decisiones prácticas basadas en datos. La aplicación de pruebas estadísticas adecuadas, como análisis de varianza (ANOVA) o regresiones, facilita la identificación de diferencias significativas entre condiciones de almacenamiento y parámetros evaluados. La interpretación de estos resultados implica no solo comprender la significancia estadística, sino también su relevancia práctica y aplicabilidad a la industria alimentaria.

3. Modelos matemáticos y estadísticos:

Para el presente proyecto, se hará uso de los siguientes modelos matemáticos para la determinación de los parámetros cinéticos que representan el comportamiento de la velocidad de degradación de cada uno de los alimentos. Además, se implementarán distribuciones estadísticas para realizar comparaciones, contrastar las hipótesis que se definan y tomar decisiones basadas en datos. A continuación, se presentan los modelos a usar.

Modelo de Arrhenius:

Este modelo se utiliza para determinar la vida útil de productos en industrias como la alimentaria. Basándose en la relación entre la temperatura y la velocidad de degradación o reacción química, este modelo permite prever cómo los cambios de temperatura afectarán la estabilidad de alimentos, medicamentos o materiales [14].

$$k = Ae^{-\frac{Ea}{RT}} \quad (3)$$

Su forma linealizada es:

$$\ln k = \ln A - \frac{Ea}{R} \cdot \frac{1}{T} \quad (4)$$

Donde:

k es la constante de velocidad de reacción.

A es el factor pre-exponencial o factor de frecuencia.

Ea es la energía de activación.

R es la constante de los gases ideales.

T es la temperatura en kelvin.

El proceso haciendo uso de esta ecuación consiste en obtener los valores de k mediante la regresión lineal del comportamiento de la variable de interés en función del tiempo para cada temperatura. Luego con la ecuación linealizada, se realiza una nueva regresión lineal del $\ln(k)$ contra el inverso de la temperatura para obtener el valor de la pendiente que es la energía de activación, la cual es necesaria para la estimación de la variable Q_{10} .

Modelos de Regresión lineal y no lineal:

Los modelos de regresión lineal son herramientas fundamentales que permiten analizar la relación entre variables y son ampliamente aplicables en la estimación de vida útil de productos. Estos modelos pueden incorporar tanto regresiones lineales como no lineales para ajustar datos experimentales y anticipar tendencias en la evolución de ciertos factores. La regresión lineal clásica se emplea cuando existe una relación lineal entre las variables, mientras que las regresiones no lineales son útiles cuando la relación es más compleja y no puede describirse de manera lineal. Esto permite no solo identificar patrones y comportamientos, sino también prever cómo las variables críticas impactarán la vida útil en diversas condiciones.

Modelo cinético de Orden cero:

El modelo cinético de orden cero se aplica para describir reacciones como la degradación enzimática, pardeamiento no enzimático y oxidación lipídica [15]. Al conocer la constante de velocidad (K), que puede ser determinada experimentalmente, se puede estimar la vida útil del producto bajo diversas condiciones de almacenamiento.

$$-\frac{dQ}{dt} = k \quad (5)$$

Integrando se obtiene:

$$Q = Q_0 - kt \quad (6)$$

En este caso la evaluación del parámetro es lineal y se puede obtener el tiempo de vida útil así:

$$t = \frac{Q_0 - Q}{k} \quad (7)$$

Donde:

Q es la concentración en el tiempo del parámetro de estudio.

Q0 es la concentración inicial del parámetro de estudio.

k es la constante de velocidad de reacción.

Modelo cinético de Primer Orden:

El modelo cinético de primer orden se aplica para determinar cómo la concentración de ciertos componentes críticos disminuye con el tiempo debido a procesos donde hay pérdidas de vitaminas, el crecimiento y destrucción microbianos y a la pérdida de calidad de proteínas en alimentos deshidratados [15]. Al conocer la constante de velocidad (K), que puede ser determinada experimentalmente, se puede estimar la vida útil del producto bajo diversas condiciones de almacenamiento.

$$-\frac{dQ}{dt} = kQ \quad (8)$$

$$\ln\left(\frac{dQ}{dt}\right) = -kQ \quad (9)$$

$$Q = Q_0 \exp(-kt) \quad (10)$$

$$t = \frac{\ln\left(\frac{Q_0}{Q}\right)}{k} \quad (11)$$

Donde:

Ct es la concentración en el tiempo

C0 es la concentración inicial.

k es la constante de velocidad de reacción.

Factor Q10:

El factor Q10 se interpreta como el cambio en la velocidad de reacción o degradación cuando la temperatura aumenta en 10 grados Celsius. En la determinación de la vida útil, el factor Q10 se utiliza para proyectar cómo los cambios en la temperatura afectarán la velocidad de degradación del producto. Sin embargo, es importante destacar que el factor Q10 es una aproximación y puede variar según la naturaleza específica de la reacción o proceso en cuestión.

$$Q_{10} = \frac{\text{Vida útil a } T}{\text{Vida útil a } T + 10} = \text{Exp} \left(\frac{Ea}{R} \cdot \frac{10}{T(T + 10)} \right) \quad (12)$$

Monod-Hinshelwood:

Es un modelo matemático el cual se puede usar para estimar la vida útil. Esta ecuación considera que el tiempo en el cual ocurre o se desarrolla la alteración de los alimentos está directamente relacionado con el tiempo de generación del microorganismo predominante [15], cual depende de μ_{\max} y se calcula: $T_g = \mu_{\max}/2$.

$$t_s = \frac{\text{Log} N_s - \text{Log} N_o}{\text{Log} 2} \cdot T_g \quad (13)$$

Donde, t_s es el tiempo necesario para que se desarrolle la alteración; N_s (UFC/g), es la población de seguridad; N_o (UFC/g), es la población inicial presente en el producto; T_g , es el tiempo de generación de la población alterante específica (días).

Para utilizar la ecuación mencionada anteriormente, es fundamental determinar experimentalmente la tasa de crecimiento específica de los microorganismos como punto inicial. Esto se logra mediante la contabilización del número de células viables en intervalos regulares, y luego se calcula la tasa de crecimiento empleando técnicas como la regresión lineal [16]. Además, se debe cuantificar la cantidad de fuente de carbono consumida durante esos intervalos de tiempo. Este proceso nos permite identificar la tasa de crecimiento máxima, que es el parámetro esencial para el análisis. Es esencial tener en cuenta que estos procedimientos deben llevarse a cabo para cada ensayo y para cada producto, dado que variables externas como la temperatura pueden influir en el comportamiento de estos valores.

Distribución t student:

La prueba t-student para una muestra es una técnica utilizada para determinar si la media de una muestra es estadísticamente diferente de una media poblacional conocida o hipotética. Esta prueba se utiliza cuando la población no sigue una distribución normal o cuando el tamaño de la muestra es pequeño <30 . En el contexto del cálculo de la vida útil de un producto, la prueba t-student se emplea para comparar las características del producto en diferentes momentos de su vida útil o bajo diversas condiciones de almacenamiento, producción, o transporte [17].

$$tp = \frac{\bar{x} - \mu}{\sqrt{\frac{s^2}{n}}} \quad (14)$$

S: desviación estándar

\bar{x} : Promedio

μ : media

n: número de muestras

Grados de libertad: n-1

Intervalo de confianza

$$\mu = \bar{x} \pm t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (15)$$

Análisis de Varianza (ANOVA):

Este análisis se utiliza en la estimación de vida útil para evaluar si existen diferencias significativas en la duración de un producto entre diferentes condiciones experimentales. En este contexto, ANOVA ayuda a determinar si factores como diferentes formulaciones, condiciones de almacenamiento o tratamientos tienen un impacto estadísticamente significativo en la vida útil del producto [17]. Este análisis estadístico es valioso para garantizar la calidad y consistencia de los productos a lo largo del tiempo y en diversas condiciones, contribuyendo a la gestión efectiva de la durabilidad de los productos.

4. Determinación de Equipos:

A continuación, se indicarán los equipos necesarios para la realización adecuada de las pruebas aceleradas y en tiempo real para la determinación de la vida útil de los productos.

- **Cámaras Climáticas:** Estas cámaras proporcionan entornos controlados para estudios de envejecimiento acelerado. Pueden simular una variedad de condiciones de temperatura y humedad para acelerar el proceso de envejecimiento y estimar la vida útil.

- Congeladores: Son equipos utilizados para almacenar muestras que requieren temperaturas de congelación para su conservación.
- Refrigeradores: Se utiliza para almacenar muestras en condiciones de refrigeración controlada para evaluar la estabilidad y calidad del producto a temperaturas más bajas.
- Computadores: Dispositivos electrónicos usados para registrar y monitorear las condiciones ambientales, y los datos arrojados por las pruebas.
- Software de laboratorio: Para la gestión de datos y el análisis de resultados.

Para la mayoría de las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas se usarán los laboratorios ya existentes en la planta Jenaro Pérez. Ahora bien, haciendo uso de las indicaciones establecidas en el “Sistema de gestión de la calidad en el laboratorio” para la selección y compra de los equipos de laboratorio, se debe inicialmente responder varias preguntas tales como: ¿qué criterios deben seguirse para seleccionarlos? ¿Deben adquirirse los equipos o es mejor alquilarlos? ¿Cuáles son los requisitos de instalación para los nuevos equipos y quién instalará los nuevos instrumentos? [18]. A continuación, se responderán algunos de estos cuestionamientos:

Inicialmente, se tomarán los siguientes criterios como aspectos relevantes para la selección de equipos:

- Costo de adquisición (transporte, instalación, impuestos)
- Costos operativos (energía, mantenimiento, costos adicionales)
- Servicios y reparaciones necesarias del equipo en la zona geográfica
- Certificaciones de los equipos

Por otra parte, en respuesta a la pregunta que especifica si es más apropiado alquilar los servicios de manera externa o adquirir los equipos, la respuesta inicial sería la adquisición de estos dado que, si se inclinara por la opción de alquilar los servicios, se estaría incurriendo en la problemática de costos por la que en parte se planteó inicialmente esta propuesta de trabajo. En el sentido de observar cuál es la mejor opción se define a continuación la selección de los equipos que son necesarios para el laboratorio de vida útil.

Selección de equipos

Las cámaras climáticas son los dispositivos principales para el montaje del laboratorio de vida útil, ya que es el equipo que presenta mayor funcionalidad al realizar las pruebas aceleradas, por lo que la selección de este debe ser rigurosa. De igual manera, se debe plantear la selección de los demás equipos de refrigeración y congelación.

Para la selección de los equipos, inicialmente se realizaron la cotización de este tipo de equipos con diversos distribuidores y con diferentes marcas. A continuación, se presentan estos equipos y algunas de sus características más relevantes:

Tabla 2. Características de los refrigeradores.

Características	Fabricante		
	Mether	Lab Care Plus	Thermo Scientific
Distribuidor	OneLab	Blamis	Equipos y Laboratorio de Colombia
Rango de operación	2 a 8 °C	2 a 8°C	2 a 8°C
Referencia	MPC-5V315		TSX2305GY
Dimensiones exteriores (WxHxD), mm	660x1915x555	687x1955x853	711x1994x960
Dimensiones interiores (WxHxD), mm	540x1380x415	534x1207x654	610x1473x723
Refrigerante	R290	R134a	R290
Estantes suministrados	6	8	4
Estantes máximos	6	8	4
Capacidad, L	315	521	650
Voltaje, V/Hz	110/60	230/50	115/60
Potencia, W	116.7	651	1725
Garantía	1	1	2
Valor unitario, sin IVA \$COP	14'294.279.8\$	44'700.000 \$	44'500.000 \$
Impuesto, IVA	2'715.913.18 \$	8'493.000 \$	8'455.000 \$
Transporte, \$COP	0	35.000\$	0
Certificado			CE, UL, cUL, Energy Star

Tabla 3. Características de los congeladores.

Características	Fabricante			
	Mether	Mether	Lab Care	Thermo Scientific
Distribuidor	OneLab	Onelab	Blamis	Equipos y laboratorios de Colombia
Rango de operación	-10 a -25 °C	-10 a -25 °C	-20 a -40 °C	-15 a -35 °C

Referencia	MPC-5V528	MDF-25V328E		TSX2330FY
Dimensiones exteriores (WxHxD), mm	910x1875x845	673x1886x676	670x1955x660	711x1994x962
Dimensiones interiores (WxHxD), mm	(651x635x631.5)*2	508x1393x455	520x1470x523	610x1473x723
Refrigerante	R290	R290	R404A	R290
Estantes suministrados	6	5	8	4
Estantes máximos	6	5	8	4
Capacidad, L	528	328	400	659
Voltaje, V/Hz	110/60	220/60	230/50	115/60
Potencia, W	141.7	125	689	1725
Valor unitario, sin IVA	32'435.999 \$	22'439.999 \$	26'500.000 \$	51'415.000 \$
\$COP				
Impuesto, IVA	6'162.840 \$	4'263.600 \$	5'035.000 \$	9'768.850 \$
Transporte, \$COP	0	0	35.000 \$	0
Certificado				FDA, UL, cUL

Tabla 4. Características de las Cámaras climáticas

Características	Fabricante			
	Memmert	Thermo Scientifics	Thermo Scientifics	Ethik technology
Distribuidor	OneLab	Equipos y laboratorio de Colombia	Equipos y laboratorio de Colombia	CMLAB
Rango de operación	-10 a 60°C /sin humedad	0°C a 60°C / 20 a 95% rh	0°C a 60°C / 20 a 95% rh	20°C a 60°C / 20 a 90% rh
	10 a 60°C /10-80% rh			
Referencia	ICH-260	3911	3940	420 CLDTS
Dimensiones exteriores (WxHxD), mm		965x1308x813	965x2248x813	660x1780x780
Dimensiones interiores (WxHxD), mm	824x1552x685	787x609x686	787x1524x686	500x1180x500
Estantes suministrados	2	3	6	5
Estantes máximos	9	11	19	11
Carga por estante, kg	20	22.7	22.7	20
Tamaño de los estantes (WXD)		778X656 0,5m ²		

Carga máxima por equipo, kg	200	272	-	-
Sistema de enfriamiento		Compresor, ¼ Hp, Refrigerado por aire		
Capacidad, L	256	311.5	821.2	916
Voltaje, V/Hz	230 / 115 – 50 / 50/60	208/220 - 60	230 – 50/60	110/220 - 50/60
Potencia, W	1350	3120	3450	1650
Valor unitario, sin iva	98'172.699	98'130.000	102'500.000	29'000.000
\$COP				
Impuestos, IVA	18'652.813	18'644.700	19'475.000	5'510.000
Transporte, \$COP	0	0	0	400.000
Certificados	ICH - OMS - EMA - ASEAN - GMP - GLP - GCCP.	ICH, FDA, TAPPI, ASTM	ICH, FDA, TAPPI, ASTM	

Tabla 5. Software y equipos de computación.

Equipo	Referencia	Precio, \$	Unidad	Total, \$
Computador	Optiplex AIO 7410	4'100.000	1	4'100.000

A continuación, se presenta en la tabla 6 los criterios de selección de los equipos y los valores asignados a cada uno.

Tabla 6. Criterios de selección de equipos.

Categoría	Criterio	Subcriterio	Valor
Criterio económico 45%	Costos de adquisición	Precio de equipo	15
		Precio de instalación	8
		Precio de transporte	5
		Impuestos IVA	2
	Costos operativos	Gasto energético	12
Criterios técnicos 55%	Calidad técnica de los equipos	Rango de operación	12
	Servicio técnico	Garantía y tipo de apoyo (virtual o presencial)	10
		Planes de mantenimiento	8
	Otros	Formación de usuarios	5
		Certificaciones de los equipos	12
		Capacidad máxima instalada	8

- Precio del equipo, instalación, transporte e impuestos:

Los precios relacionados con la adquisición de los equipos, es decir, el precio del equipo, el precio de transportarlo hasta su destino final, y la instalación de este en su lugar de operación son fundamentales para estipular la viabilidad económica del proyecto, dado que esto le da una idea a la empresa de la inversión que se requiere inicialmente. El precio del transporte está relacionado con el distribuidor, ya que dependiendo de dónde se encuentre ubicado el equipo costará o no más el flete de transporte. Además, también depende de los servicios que ofrezca la empresa, ya que muchas de estas no cobran los servicios de envío, ni de instalación.

Ahora bien, los impuestos como el IVA pueden tener un impacto en el costo total del proyecto, por lo que tener en cuenta estos costos es fundamental para evitar sorpresas financieras y asegurarse de que el presupuesto del proyecto sea preciso. Para obtener el valor correspondiente a cada una de las opciones establecidas en este ítem se hará uso de la siguiente fórmula:

$$v = \left[1 - \frac{\text{Costo} - \text{Costo}_{\min}}{\text{Costo}_{\max} - \text{Costo}_{\min}} \right] [(v_{\max} - v_{\min})] + v_{\min} \quad (16)$$

Donde se establecerá que el valor máximo es 9 y el mínimo 1.

- Gasto energético:

El consumo de energía del equipo no solo afecta los costos operativos, sino también la sostenibilidad y la eficiencia energética del sistema en general. Elegir equipos con un bajo gasto energético puede tener beneficios económicos a largo plazo y ayudar a cumplir con restricciones ambientales. Por lo cual, para este ítem se debe considerar el precio del kWh cobrado por EPM para organizaciones industriales y comerciales, que es de 1023,78 \$/kWh en punta y 1003.21 \$/kWh fuera de punta [19] [20].

También, se debe considerar el consumo de agua de las cámaras climáticas y por ende es fundamental conocer el precio cobrado por EPM, el cual es de 5924,66 \$/m³ [21]. Conociendo el precio total de estas variables se obtendrá el valor correspondiente haciendo uso de la ecuación 16.

- Rango de operación:

El rango de operación de los equipos, pueden ser cruciales dependiendo de los requerimientos de los estudios de vida útil, por lo que, es importante que los dispositivos a usar presenten un mayor rango de operación, dado que así, se asegura que se abarque un mayor número de temperaturas de estudio. En este sentido, los equipos que presentan una diferencia mayor y posean en su rango de operación las temperaturas de estudio establecidas con anterioridad, se les asignará un valor de 9. Las que posean una diferencia inferior y dejen por fuera temperaturas de estudio necesarias se les asignará un valor de 5.

- Garantía y tipo de apoyo (virtual o presencial):

La garantía y el tipo de soporte ofrecido por el proveedor son críticos para garantizar el funcionamiento continuo y confiable del equipo. Tener acceso a soporte técnico, ya sea virtual o presencial, puede ser crucial para resolver problemas y minimizar el tiempo de inactividad y manejo de la tranquilidad del usuario que adquiere los dispositivos. En este sentido, este subcriterio se calificará de manera cualitativa; este dependerá de las características y servicios que ofertan las empresas.

Para las empresas que ofrezcan un apoyo presencial e inmediato con una garantía mayor o igual a 1 año, se les asignarán un valor de 9. A las empresas que ofrezcan una garantía mayor o igual a 1 año, pero con un apoyo virtual se les asignará un valor de 1 y a las empresas que ofrezcan una garantía mayor o igual a 1 año, pero con un apoyo semipresencial se les asignará un valor de 5.

- Planes de mantenimiento:

Los planes de mantenimiento son aspectos que pueden ayudar a mantener la operatividad del equipo a lo largo del tiempo y a prevenir costosas interrupciones debido a fallas no planificadas. Por lo que es fundamental que las empresas que distribuyen los equipos de interés presten servicios de mantenimiento, ya que estos tienen un mayor conocimiento del equipo en cuestión. Este parámetro también se puede considerar de carácter cualitativo; por ende, se valorará de la siguiente manera:

A las empresas que ofrezcan los servicios de mantenimiento se les asignará una puntuación de 9. Ahora bien, las empresas que no realicen los servicios de mantenimiento y, por ende, sea necesario contratar los servicios de manera externa, se les asignará un valor de 1.

- Formación a los usuarios:

La capacitación y el soporte para los usuarios finales pueden ser críticos para asegurar un uso efectivo y eficiente del equipo. Por tal motivo, es importante que las empresas presten estos servicios de capacitación con el fin de aportar un servicio de valor agregado y así facilitar la adopción exitosa del equipo en el lugar de trabajo. Este parámetro es de carácter cualitativo, por lo que se valorará de la siguiente manera:

Las empresas que ofrezcan los servicios de formación, asesoría y capacitación de manejo del equipo se les asignarán una puntuación de 9. A las empresas que no ofrezcan los servicios de formación y, por ende, sea necesario contratar los servicios de manera externa, se les asignará un valor de 1.

- Certificados:

Las certificaciones de los equipos pueden proporcionar garantías adicionales sobre su calidad, seguridad y cumplimiento de regulaciones y estándares industriales. Es importante verificar que los equipos seleccionados cuenten con las certificaciones adecuadas para el uso previsto.

- Capacidad máxima instalada:

Dependiendo de la demanda futura o de las necesidades actuales del proyecto, la capacidad máxima instalada puede ser un factor importante por considerar para evitar limitaciones en el rendimiento del laboratorio.

Este parámetro se considera cuantitativo, ya que evalúa la capacidad de los equipos según la cantidad de estantes máximos que pueda poseer, los cuales están establecidos en sus respectivas fichas técnicas. Este parámetro se valorará con la ecuación 17.

$$v = \left[\frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \right] [(v_{max} - v_{min})] + v_{min} \quad (17)$$

5. Programas informáticos:

Para el actual proyecto se implementará Excel como el programa informático que realizará el desarrollo de análisis estadísticos y como base de dato, debido a su versatilidad y facilidad de uso. Dado que por su interfaz intuitiva y amplia gama de funciones, Excel permitiría a los usuarios organizar, manipular y visualizar los datos obtenidos de los ensayos de vida útil encontrados.

Se sugiere implementar a futuro el uso de programas estadísticos como R-studio, Weibull++ [22], Statgraphics, entre otros, que faciliten el análisis estadístico de los datos.

6. Infraestructura:

La planta Jenaro Pérez cuenta con dos laboratorios especializados: uno de microbiología y uno de fisicoquímica. Por lo cual, las pruebas de vida útil que involucren estos análisis se realizarán en estas instalaciones. En vista de esto, los equipos necesarios para el laboratorio de vida útil no deben involucrar pruebas que se puedan realizar en las localidades ya mencionadas, al menos en la parte inicial del proyecto.

Ahora bien, para la organización óptima del laboratorio, se deben considerar los siguientes requisitos:

- Para ubicar equipos como los refrigeradores, congeladores y las cámaras climáticas se debe tener un espacio relevante, ya que estos dispositivos pueden ocupar muchos espacios. Por lo tanto, se debe conservar una distancia necesaria entre equipos y paredes como mínimo de 50 mm. Además, se debe garantizar una distancia mínima entre el techo y los equipos de 200 mm [23]. En general, hay que buscar distancias mínimas entre mesones de 1,40 m y pasillos principales no menores a 2 m [23].
- Las cámaras climáticas requieren conexión directa a una fuente de agua para modificar humedad dentro de la cámara; para proteger el mismo dispositivo, se requiere un filtro o desmineralizador para purificar adecuadamente el agua antes de ingresar al dispositivo. También, debe haber acceso directo al agua potable para uso general del laboratorio.

- Con respecto a la electricidad, según la ficha técnica de los equipos, es necesario tener varias conexiones eléctricas distribuidas alrededor del laboratorio con suministros de 110 y 220 voltios [24].
- Lo recomendable para el funcionamiento de los equipos y del bienestar del personal del laboratorio es contar con un equipo de aire acondicionado que mantenga la temperatura constante en el laboratorio, generalmente en el rango de 20-25 grados Celsius.
- También, se necesita una iluminación adecuada en todo el laboratorio para permitir una visión clara y precisa durante las pruebas y análisis. La intensidad lumínica suele estar en el rango de 500-1000 lux [25].
- Con respecto a la seguridad, se deben tener extintores que cumplan los códigos de seguridad contra riesgo eléctrico, es decir, clase C; deben estar marcadas y despejadas siempre las salidas de emergencia [7].
- Se debe contar con drenajes accesibles para cada una de las cámaras climáticas, de lo contrario se requiere un evaporador de condensado.
- Se debe disponer de un mesón de acero inoxidable para preparación previa de las muestras y un escritorio como puesto de trabajo del personal del laboratorio.

7. Definición de roles:

Implementar un laboratorio de vida útil en una empresa de manufactura de alimentos requiere la contribución de varios profesionales con habilidades y conocimientos especializados en el área específica. Es por esta razón que el perfil profesional de los profesionales que trabajen en el laboratorio de vida útil debería incluir una combinación de habilidades técnicas, conocimientos especializados y habilidades interpersonales que sean esenciales para llevar a cabo las pruebas y análisis relacionados con la estimación de la vida útil de los productos lácteos y sus derivados.

A continuación, se establecerán los requisitos de cada uno de los perfiles profesionales requeridos:

Auxiliar de control de calidad.

- Responsabilidades del cargo: Garantizar que los procesos productivos cumplan con los estándares fisicoquímicos y de calidad de cada uno de los productos fabricados y alineados a las normativas legales vigentes. Realizar análisis sensoriales, fisicoquímicos y microbiológicos según la frecuencia establecida, realizar muestreos y manejar de equipos especializados.
- Requisitos educativos: Técnico en laboratorio, control de calidad, microbiología y carreras afines.
- Experiencia laboral: Experiencia previa en laboratorios mínima de 6 meses en la industria de alimentos o farmacéutica.
- Habilidades técnicas: tener conocimiento de los protocolos de seguridad y prácticas seguras en el laboratorio. Familiaridad y dominio para operar equipos y herramientas de laboratorio específicos.
- Habilidades interpersonales: Persona responsable, proactiva, con capacidad para trabajar en equipo y con capacidad de adaptarse con facilidad.

Especialista en control de calidad y vida útil.

- Responsabilidades del cargo: Contribuir al desarrollo y revisión de procedimientos de control de calidad. Llevar a cabo auditorías internas para evaluar la conformidad con los procedimientos y estándares establecidos. Identificar y gestionar no conformidades, proponiendo acciones correctivas y preventivas. Identificar oportunidades para mejorar los procesos, análisis y productos en términos de calidad. Realizar análisis sensoriales.
- Requisitos educativos: Ingeniero químico, Ingeniero de alimentos, Ingeniero de procesos y carreras afines.
- Experiencia laboral: Experiencia previa en el área de control de calidad mínima de 1 año en la industria de alimentos o farmacéutica.
- Habilidades técnicas: Comprender los procesos de fabricación y manufactura de los productos lácteos y sus derivados. Conocer las normativas y estándares de calidad aplicables. Habilidad para realizar inspecciones detalladas y pruebas precisas. Uso de

herramientas y equipos de medición. Capacidad para analizar datos y tomar decisiones basadas en resultados.

- **Habilidades interpersonales:** Expresar claramente problemas de calidad y soluciones propuestas. Capacidad de colaborar con otros colegas para identificar y abordar problemas de manera efectiva. Habilidad para gestionar no conformidades de manera eficiente aplicando acciones correctivas y preventivas. Capacidad de gestionar eficientemente el tiempo y las tareas. Actitud proactiva para participar en iniciativas de mejora continua.
- **Otras:** inglés B2-C1 (opcional).

Analista de datos.

- **Responsabilidades del cargo:** Determinar las fuentes de datos relevantes para el análisis. Identificar y corregir datos incorrectos, incompletos o inconsistentes. Analizar datos y desarrollar resúmenes y estadísticas descriptivas para comunicar patrones y tendencias. Utilizar modelos y algoritmos para prever resultados futuros o identificar patrones ocultos. Comunicar hallazgos de manera efectiva a partes interesadas no técnicas. Proporcionar análisis que respalde la toma de decisiones estratégicas.
- **Requisitos educativos:** Profesional en Estadística, Matemáticas, Ingeniero Químico, Ingeniero de Alimentos, Ingeniero de procesos, Químico farmacéutico y carreras afines.
- **Experiencia laboral:** Experiencia previa trabajando como analista de datos o en un rol similar.
- **Habilidades técnicas:** Dominio avanzado de herramientas de análisis de datos, como Excel, y conocimiento en técnicas de visualización de datos.
- **Habilidades interpersonales:** responsable, proactiva para trabajar en equipo y con pensamiento analítico para identificar patrones y tendencias.
- **Otras:** inglés B2-C1.

Es importante resaltar que la Cooperativa cuenta con este tipo de personal para llevar a cabo las tareas que requiere el laboratorio, por lo cual, no representará un costo adicional.

8. Documentación y normas

En esta sección se detallan las normativas que regulan cada uno de los ensayos que serán llevados a cabo en los laboratorios de microbiología y fisicoquímica.

Tabla 7. Normativa que rige los ensayos microbiológicos.

Ensayos microbiológicos	Normativa	Otros
Mesófilos aerobios	ICMSF método 1, 2000	AOAC 990.12. 21 st. Ed. 2019. AOAC Official methods 966.23 Ed 21 2019
Mohos	ISO 21527-1:2008	
Levaduras	ISO 21527-1:2008	
S. aureus coagulasa positiva	ISO 6888-1:2021	AOAC 2003.11. 21st. Ed. 2019
Bacillus cereus	ISO 7932:2004 /AMD-1:2020	
Salmonella spp	AOAC official methods of analysis Ed 21st, 2019, 967.26	AOAC 2013.01 21 st. Ed. 2019
Coliformes totales	NTC 4458:2018	AOAC 991.14. 21 st. Ed. 2019 AOAC Official methods 041002.Ed 21, 2019
Listeria monocytogenes	AOAC 2016.08. 21 st. Ed ,2019	
E-coli	AOAC 991.14. 21 st. Ed. 2019	AOAC Official methods 041002.Ed 21, 2019

Tabla 8. Normativa que rige los ensayos fisicoquímicos.

Ensayos fisicoquímicos	Normativa	Descripción
Proteína total	método Kjeldahl en alimentos para consumo humano y alimentos para consumo animal según ISO 1871:2009, versión 03. Fecha de actualización 2021-11-04 Acreditado	Kjeldahl, AOAC 981.10. 21st. Ed.2019. IN-GS-3.048 V8 2019-09-02
Humedad	NTC 2227:1986	IN-GS-3.053 V12 2019-09-
Cenizas	Procedimiento interno PO 154 Determinación de Cenizas V.1	
Almidón	Espectrofotometría UV/VIS, NTC 4566	
Grasa	AOAC 960.39. 21st. Edition 2019	AOAC 2000.18 Ed 21 de 2019*
Acidez	AOAC 947.05 Ed 21	
Densidad	AOAC 925.22 Ed 21	
Peroxidasa	IN-GS-3.112 V7 basado en NTC 506	
Fosfatasa	IN-GS-3.007 V7 basado en AOAC 979.13 Ed 21	

Materia grasa en extracto seco	Cálculo a partir de la materia
Materia grasa	IN-GS-3.044 V10 basado en AOAC 2000.18 Ed 21

Tabla 9. Normativa que rige los ensayos sensoriales.

Ensayos sensoriales	Normativa
Organolépticos básicos	ISO 13299:2016
	NTC 3925. Análisis sensorial. Metodología. Guía General
	NTC 5328. Análisis Sensorial. Directrices para el uso de escalas de respuesta cuantitativas.
	NTC 2681. Análisis sensorial. Metodología. Prueba Triangular
	NTC 2224.
	NTC 1325 5ta actualización/2008.Productos cárnicos procesados no enlatados. Tabla 3 y 5
	NTC 3925. Análisis sensorial. Metodología. Guía General

VII. Resultados y análisis

Implementando el uso de los criterios de selección expuestos en el apartado VI, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 10. Matriz de selección refrigeradores.

Subcriterio	%	Memmert	Lab Care	Thermo Scientifics
Precio equipo	15	1,35	0,15	0,157893251
Precio instalación	8	0,08	0,08	0,72
Precio de transporte	5	0,45	0,05	0,45
Impuestos, IVA	5	0,45	0,05	0,05
Gastos de operación	12	1,08	0,76	0,12
Velocidad	12	1,08	1,35	1,08
Garantía y tipo de acompañamiento	10	0,5	0,5	0,9
Planes de mantenimiento	8	0,08	0,08	0,72
Formación de usuarios	5	0,05	0,05	0,45
Capacidad instalada	8	0,08	0,47	0,72
¿Certificados?	12	0,12	0,12	1,08
Total	100	5,3	3,7	6,5

Tabla 11. Matriz de selección congeladores

Subcriterio	%	Memmert	Memmert	Lab Care	Thermo Scientifics
Precio equipo	15	0,94	1,35	1,18	0,15
Precio instalación	8	0,71	0,72	0,63	0,08
Precio de transporte	5	0,45	0,45	0,05	0,45
Impuestos, IVA	5	0,31	0,45	0,39	0,05
Gastos de operación	12	1,07	1,08	0,74	0,12
Rango operación	12	0,60	0,6	0,60	1,08
Garantía y tipo de acompañamiento	10	0,50	0,5	0,50	0,9
Planes de mantenimiento	8	0,08	0,08	0,08	0,72

Formación de usuarios	5	0,05	0,05	0,05	0,45
Capacidad instalada	8	0,47	0,08	0,22	0,72
¿Certificados?	12	0,12	0,12	0,12	1,08
Total	100	5,30	5,48	4,57	5,80

Tabla 12. Matriz de selección cámaras climáticas.

Subcriterio	%	Memmert	Thermo Scientifics	Thermo Scientifics	Ethik technology
Precio equipo	15	0,22	0,22	0,15	1,35
Precio instalación	8	0,08	0,72	0,72	0,08
Precio de transporte	5	0,45	0,45	0,45	0,05
Impuestos, IVA	5	0,07	0,07	0,05	0,45
Gastos de operación	12	1,08	0,27	0,12	0,94
Velocidad	12	0,6	1,35	1,35	0,12
Garantía y tipo de acompañamiento	10	0,5	0,9	0,9	0,5
Planes de mantenimiento	8	0,08	0,72	0,72	0,08
Formación de usuarios	5	0,05	0,45	0,45	0,05
Capacidad instalada	8	0,08	0,208	0,72	0,208
¿Certificados?	12	0,12	1,08	1,08	0,12
Total	100	3,33	6,44	6,71	3,95

Como se puede observar tanto en la tabla 7 como en la tabla 8 los equipos más apropiados de acuerdo con los criterios de selección son el refrigerador Thermo Scientific TSX2305GY y el congelador Thermo Scientifics TSX2330FY, dado que estos obtuvieron los mayores valores de ponderación, los cuales son 6.5 y 5.8 respectivamente.

De manera similar, se concluye que la cámara climática más apropiada es la Thermo Scientifics referencia 3940, la cual tiene un valor de ponderación de 6.71. Sin embargo, la variable que la posiciona como la más adecuada es su tamaño. No obstante, en este proyecto, se prefiere disponer de múltiples cámaras para simular diversas condiciones, en lugar de confiar únicamente en una cámara con un espacio más amplio. Por lo tanto, se considerará el uso de la segunda cámara

con mayor puntuación, es decir, la Thermo Scientific referencia 3911. Como se puede observar, la selección de los equipos se basó en criterios específicos relevantes para las necesidades de la Cooperativa, aunque es posible que no se hayan tenido en cuenta otros factores, como la facilidad de uso y la precisión. Sin embargo, se considera que estos aspectos no representan una preocupación significativa en la selección de los equipos necesarios para los análisis de vida útil. En lugar de eso, se buscó priorizar los requerimientos operativos y económicos para garantizar la eficacia y la rentabilidad de las operaciones del laboratorio.

Considerando lo anterior, se hace necesario adquirir 4 cámaras climáticas de 311.5 L, dos refrigeradores de 650 L y un congelador de 659L; esta cantidad de equipos se obtuvo con ayuda de la capacidad y el peso soportado por los estantes de cada equipo y la cantidad de unidades muestrales necesarias para el desarrollo de al menos 9 ensayos a diferentes condiciones de temperatura. En el anexo 2 se presenta parte del proceso de obtención.

A continuación, se presenta el rango de operación de la cámara climática seleccionada para conocer los rangos de operación cuando se utiliza la humedad en conjunto con la temperatura para alguno de los estudios. También es de gran importancia conocer este rango dado que así se optimiza el funcionamiento del equipo y se evitan futuros daños.

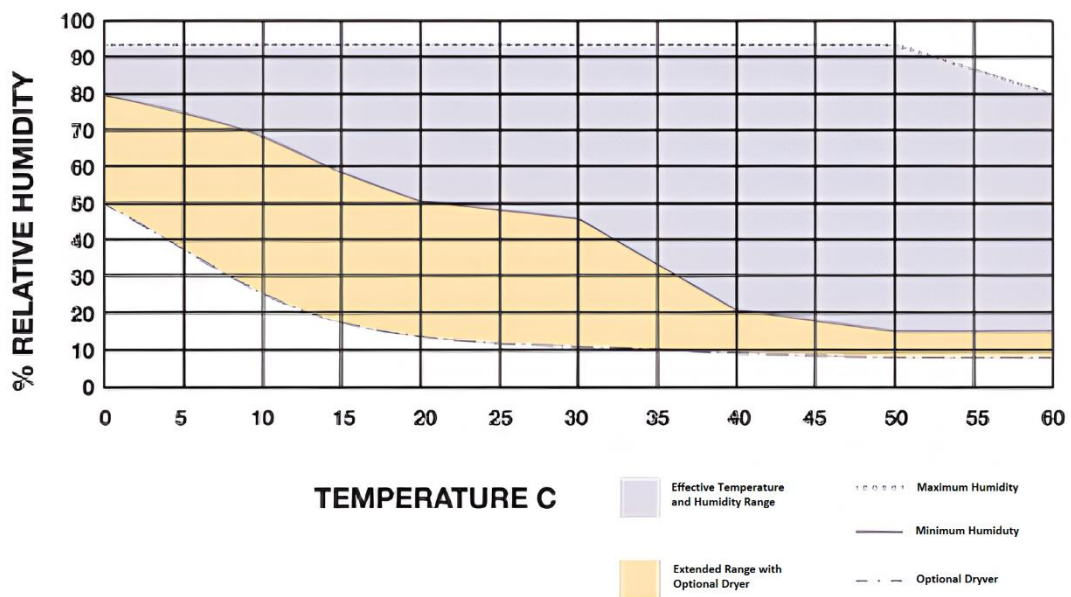


Ilustración 1. Rangos de operación de la cámara climática referencia 3911.

Nota: La ilustración 1 muestra la humedad máxima y mínima alcanzable dentro de la cámara a una temperatura en las siguientes condiciones nominales: refrigeración encendida, desescarhe apagado, sin registrador de bulbo húmedo, sin

intercambio de aire, ajustado para 22,2°C (72°F) y 50% HR ambiente. Se debe disponer de un secador sin calor opcional para alcanzar niveles de humedad más bajos.

A continuación, se muestra la representación gráfica de los equipos seleccionados para el laboratorio de vida útil.



Ilustración 2. Cámara climática Thermo Scientific referencia 3911.



Ilustración 3. Refrigerador y Congelador Thermo Scientific referencia TSX2305GY y TSX2330FY respectivamente

Es importante mencionar que el valor estimado de consumo para los gastos operativos no incluía el consumo de agua, dado que únicamente se conocía el consumo de la cámara Thermo Scientific y al incluirlo se vería en desventaja con respecto a las demás cámaras. Sin embargo, como esta cámara fue seleccionada como la que presenta mayores beneficios, se debe tener presente valor de consumo para considerarlo como una variable en la inversión. Se obtiene entonces que con un consumo de 14 gal/día los costos de operación se incrementarían 9419,5 \$/mes.

Ahora bien, conociendo las dimensiones externas de los equipos requeridos y la cantidad de estos, y las indicaciones de los proveedores para su instalación, se puede calcular el área mínima que se necesita para permitir que los auxiliares realicen la apertura de los equipos y sus funciones dentro del laboratorio con normalidad, comodidad y seguridad. Se considera entonces que el área mínima apropiada es de 20 m², en donde se incluirá un mesón para preparación de las muestras y la disposición de un puesto de trabajo y monitoreo que incluye un computador. Es crucial destacar que, debido a limitaciones de espacio, solo se puede permitir la presencia simultánea de un máximo de dos personas en las instalaciones del laboratorio. Esto es fundamental para asegurar el funcionamiento eficiente del espacio y el desempeño del personal. Además, dado que las tareas en el espacio se centran exclusivamente en la disposición, ubicación y retiro de muestras por parte de los auxiliares, no se requiere la presencia de más personas en el sitio.

En la actualidad, en la Cooperativa no se cuenta con un espacio disponible para disponer del laboratorio, por lo que para la ubicación de este es necesario realizar modificaciones a los espacios actuales que ya posee la empresa, dado que para que el proyecto se desarrolle con éxito es necesario que el laboratorio de vida útil se ubique lo más cercano a los laboratorios de microbiología y fisicoquímicos de la planta Jenaro Pérez, dado que, como se indicó con anterioridad, en estos espacios es donde se llevarán a cabo los análisis de las muestras y en el laboratorio de vida útil su almacenamiento.

Ahora, de manera ilustrativa, se presentará a continuación una distribución ejemplificadora, suponiendo que se disponga de espacio rectangular de 4 m x 5 m. Para este tipo de espacio se implementará la distribución en “U”, ya que así, al colocar los equipos y estaciones de trabajo alrededor del perímetro del laboratorio, se dispondrá de un acceso más rápido a las diferentes áreas

del laboratorio y se podrá supervisar de manera efectiva el funcionamiento general de todo el espacio.

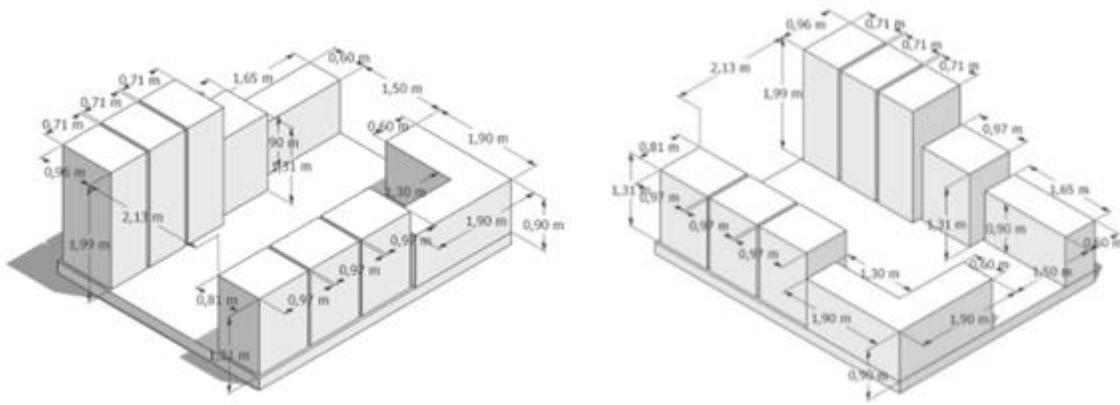


Ilustración 4. Vista en isométrico.

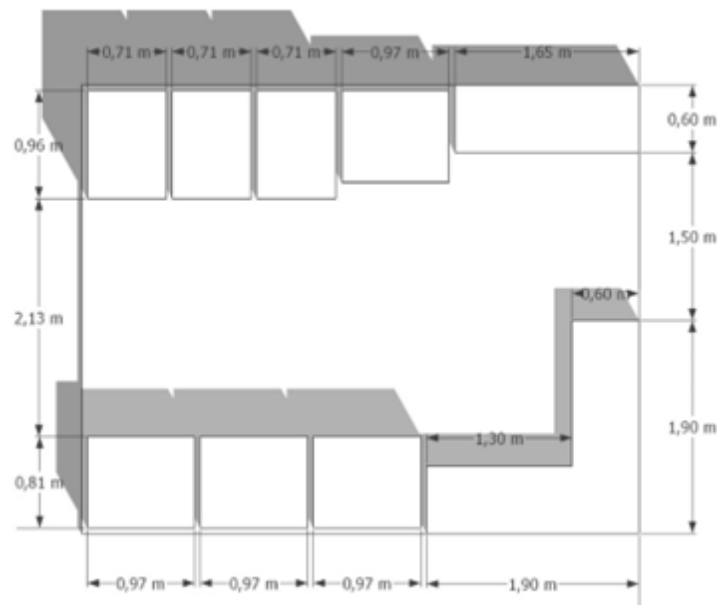


Ilustración 5. Vista superior.

Con base en lo anterior se obtiene el presupuesto final aproximado requerido para la adquisición, adecuación y disposición del laboratorio, que incluye todos los equipos del laboratorio, programas y licencias de cómputo y mobiliario.

Tabla 13. Presupuesto final.

Equipo	Precio	Cantidad	Valor final
Equipos del laboratorio			
Cámara climática Thermo Scientifics 3911	\$ 116'774.700	4	\$ 467.098.800
Refrigerador Thermo Scientific TSX2305GY	\$ 52'955.000	2	\$ 105.910.000
Congelador Thermo Scientifics TSX2330FY	\$ 61'183.850	1	\$ 61.183.850
Software y equipos de computo			
Computador DELL Optiplex AIO 7410	\$ 4'100.000	1	\$ 4.100.000
Adecuación del espacio			
Costos de adecuación (Puertas, mesones, sillas, aire acondicionado, entre otros). Mano de obra para instalación del laboratorio.	\$20'000.000	1	\$20'000.000
Total			\$658.292.650

Nota: Los costos de adecuación del espacio son un valor aproximado, dado que este valor lo debe suministrar el área de mantenimiento de la Cooperativa Colanta, y dado que no se cuenta con esta información, se asume un valor de acuerdo con cotizaciones realizadas a personas externas.

VIII. Conclusiones

A raíz de lo anteriormente expuesto, se observó que se cumplieron con éxito los objetivos propuestos y las metas establecidas del proyecto, ya que se establecieron los equipos necesarios y el personal requerido para la puesta en marcha del laboratorio. Con respecto al personal, se encontró que se requieren como mínimo 3 personas, un analista de datos, un especialista en control de calidad y un auxiliar de calidad; en cuanto a lo demás, se estableció que se requieren 4 cámaras climáticas, 2 refrigeradores y un congelador para la realización de 9 ensayos simultáneos.

En este mismo sentido, también se determinaron los análisis y se establecieron procedimientos a seguir mediante el diseño experimental, los cuales han sido documentando y sirven como referencia para futuros proyectos relacionados o mejoras del actual. Además, que esta guía también se puede emplear para realizar el montaje experimental de cualquier producto de la Cooperativa Colanta, dado que está planteado de manera general.

También, en armonía con los objetivos, se determinó el espacio mínimo requerido, el cual es de 20 metros cuadrados; con este espacio se asegura el eficiente manejo de los equipos y la seguridad del personal, lo que permite contar con un entorno de trabajo adecuado y que contribuye a la optimización de los recursos disponibles.

Ahora bien, se identificó a lo largo del proyecto un aspecto relevante que representa beneficios significativos para la empresa con la realización del presente proyecto, entre los cuales se destaca que la Cooperativa no necesita incurrir en gastos adicionales para contratar más personal, ya que los auxiliares actuales pueden cumplir con la demanda y necesidades que presente el laboratorio, ya que cumplen con el perfil que se indicó en numeral VIII; por ende, representa un ahorro de los recursos financieros de la Cooperativa, además de que proporciona seguridad dado que se cuenta con el personal preparado y calificado para la realización de los estudios.

En este proyecto, se exploraron técnicas para determinar la vida útil mediante la implementación de equipos que recrean las condiciones de almacenamiento, como las cámaras climáticas, seguido del uso de análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Sin embargo, es

importante destacar que el avance tecnológico ha generado equipos más avanzados que podrían ofrecer estimaciones de vida útil de manera más rápida y precisa. Esto sugiere la necesidad de estar al tanto de las innovaciones en el campo y considerar la adopción de nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia y la precisión en el proceso de determinación de vida útil en proyectos futuros y mejoras del presente.

Finalmente, es importante reconocer que este trabajo no generará beneficios económicos a la Cooperativa. Si bien, aunque el proyecto actualmente busca reducir los costos asociados con la realización de las pruebas de vida útil con entidades externas, su verdadero valor se debe evaluar también en términos de beneficios cualitativos, como la mejora en la confiabilidad de los procesos, el fortalecimiento de las competencias del personal y la seguridad de los datos. En este mismo sentido, es crucial destacar que la Cooperativa solo podría obtener beneficios económicos adicionales con el presente proyecto si en el futuro decide expandir sus servicios también a externos.

IX. Recomendaciones

En caso de llevarse a cabo la ejecución del proyecto, se recomienda ampliar el espacio de trabajo con el fin de incrementar la cantidad de equipos, ya que los propuestos en el presente trabajo permiten alcanzar como mínimo 30 estudios anuales, lo cual puede ser limitante si se busca prestar servicios externos. De igual manera, se recomienda realizar la guía de frecuencia de muestreo para cada uno de los productos de la Cooperativa, ya que en el presente proyecto solo se alcanzó la realización de la guía para 9 productos.

También se sugiere estandarizar y validar los procesos y métodos que se ejecuten en el laboratorio con el fin de garantizar la fiabilidad de los resultados obtenidos en él; pues con esto se obtendrían beneficios como una mayor competitividad, oportunidad, optimización de recursos, entre otros, lo cual impactaría positivamente en la buena imagen de la Cooperativa, además aumentaría la satisfacción del cliente y la confianza del laboratorio en el sector de la industria de alimentos. Además, se espera que se validen las metodologías implementadas con el fin de seguir estableciendo los pasos y las guías para el desarrollo en el futuro de un centro de investigación que se posicione como referente en el análisis y estudio de la vida útil de alimentos dentro de la industria nacional, contribuyendo al desarrollo de prácticas innovadoras, y mejorando la seguridad y confiabilidad de la estimación y durabilidad de los productos alimenticios.

Finalmente, se considera adecuado implementar programas y software especializados para que automatice el análisis de datos estadísticos. Además, también se sugiere el estudio de equipos como el “Oxitest Reactor”, el cual es un dispositivo que permite estimar la vida útil de un producto a partir de la determinación de la estabilidad oxidativa. Esto con el fin de contemplar nuevas tecnologías que permitan mejorar las actuales, haciendo el proceso de estimación de vida útil más eficiente y óptima en términos de precisión y requisitos de espacio. Esto es especialmente relevante dado que, como se observó a lo largo del proyecto, la disposición de cámaras climáticas requiere de un espacio considerable debido a su gran volumen.

BIBLIOGRAFIA

- [1] SMS Labs, «Methods for determining the shelf life of food,» 26 Marzo 2023. [En línea]. Available: <https://smsla.global/methods-for-determining-the-shelf-life-of-food/>.
- [2] D. Lazar, C. Gavan y V. Motorga, «Study on accelerated shel-life testing of UHT cow milk,» *Agricultural and Food Sciences*, 2015.
- [3] S. Mizrahi, «Accelerated shelf-life tests,» de *Understanding and Measuring the Shelf-life of Food*, Woodhead Publishing, 2004, pp. 317-339.
- [4] M. Nuñez, R. Hernandez, I. Rodríguez, J. Rodríguez y Y. López, Metodología para la estimación de la vida útil de los alimentos. II. Métodos de estimació, *Food Science and Technology*, 2018.
- [5] M. C. Nicoli, *Shelf life Assessment of Food*, Boca raton: CRC Press, 2012.
- [6] G. Hough y S. Fiszman, *Estimación de la vida útil sensorial de alimentos*, Programa CYTED, 2005.
- [7] Carrrier corporation , «Psychrometric chat,» [En línea]. Available: <https://www.carrier.com/commercial-refrigeration/>.
- [8] A. Khambhata, «Humedad relativa y temperatura,» Lambda Geeks , 29 Abril 2022. [En línea]. Available: <https://es.lambdageeks.com/relative-humidity-and-temperature/>.
- [9] J. Jaramillo Rodríguez, *Protocolo para la vida útil del pan sin relleno*, Medellín, 2020.
- [10] M. Guillet y N. Rodríguez, «Shelf life testing methodology and data analysis,» *Food packaging and Shelf life*, pp. 31-50, 2010.
- [11] Ministerio de protección social, *Decreto número 616 de 2006*, Bogotá, 2006.
- [12] Ministerio de salud y protección social, «Resolución 2310 de 1986,» AyJ Seguridad Alimentaria, 23 Abril 2022. [En línea]. Available: <https://manipulaciondealimentos.pro/normas-para-la-industria-de-alimentos/resolucion-2310-de-1986/> .
- [13] Ministerio de salud y protección social, «Resolución 3929 de 2013,» Suinjuriscol.gov, 2014. [En línea]. Available: <https://www.suin-juriscol.gov.co/>. [Último acceso: 1 Marzo 2024].
- [14] G. I. Giraldo Gómez, *Métodos de estudio de vida útil de anaquel de los alimentos*, Manizales, 1999.

-
- [15] T. McMeekin y R. T. «Predictive microbiology: providing a knowledge-based framework for change management,» *J Food Microbiol*, pp. 133-53, 2002.
- [16] E. Salvucci, «Hacia una nueva biología, Crecimiento microbiano,» esalvucci.wordpress, 17 Enero 2013. [En línea]. Available: <https://esalvucci.wordpress.com/crecimiento-microbiano/>. [Último acceso: 29 Febrero 2024].
- [17] H. Gutiérrez Pulido y R. de la Vara Salazar, *Análisis y diseño de experimentos*, McGraw-Hill, 2004.
- [18] Organización mundial de la salud, *Sistema de gestión de la calidad en el laboratorio (LQMS)*, 2016.
- [19] EPM, «Diccionario de servicios públicos,» Portal EPM, 2024. [En línea]. Available: <https://www.epm.com.co/institucional/sobre-epm/quienes-somos/diccionario-de-servicios-publicos..>
- [20] EPM, «Tarifas y costos de energía eléctrica,» Enero 2024. [En línea]. Available: <https://www.epm.com.co/content/dam/epm/clientes-y-usuarios/energia/tarifas-energia/tarifas-2024/publicacion-tarifas-enero.pdf>. [Último acceso: 20 Febrero 2024].
- [21] EPM, «Tarifas para servicios de acueducto y aguas residuales,» febrero 2024. [En línea]. Available: <https://www.epm.com.co/content/dam/epm/clientes-y-usuarios/aguas/tarifas-aguas/2024/02-tarifas-aguas-fact-feb-2024.pdf>. [Último acceso: 30 febrero 2024].
- [22] Wilde Analysis Ltd, «ReliaSoft Weibull ++ Software / Life data analysis,» 2022 Junio 2022. [En línea]. Available: <https://wildeanalysis.co.uk/software/safety-reliability/reliasoft/weibull/>.
- [23] S. Nogareda Cuixart, «NTP: Ergonomía en el laboratorio: requisitos de diseño de mobiliario y equipos,» Centro Nacional de condiciones de trabajo- Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo, 2014.
- [24] Norma técnica Colombiana, «NTC 2050 Código eléctrico Colombiano,» 1998.
- [25] Ledbox, «Niveles recomendados de iluminación por zonas,» Ledbox News, 21 Marzo 2012. [En línea]. Available: <https://blog.ledbox.es/niveles-recomendados-lux/>. [Último acceso: 2 Marzo 2024].
- [26] J. F. Vélez Ruiz, «Rheology and texture of cheese,» *Food processing and engineering topics*, pp. 88-122, 2009.
- [27] A. Eck y J. Gilis, «What is a cheese?,» *Agricultural and Food Sciences*, 2000.
- [28] R. Scott, R. Robinson y R. Wilbey, *Cheesemaking Practice*, Nueva York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 1998.

- [29] E. Guzmán, S. De Pablo, C. Yáñez, I. Zacarias y S. Nieto, «Estudio comparativo de calidad de leche fluida y en polvo,» *Revista Chilena de pediatría*, pp. 277-286, 2003.
- [30] T. Luigi, L. Rojas y O. Valbuena, «Evaluación de la calidad higiénicosanitaria de leche cruda y pasteurizada expendida en el estado de Carabobo-Venezuela,» *Salus*, pp. 25-33, 2013.
- [31] M. Haouet, M. Tommasino, M. Mercuri, F. Benedetti, S. Bella, M. Framboas, S. Pelli y M. Altissimi, «Experimental accelerated shelf life determination of a ready to eat processed food.,» *Italian Journal of Food Safety*, pp. 189-192, 2018.

ANEXOS

Anexo 1. Implementación del diseño experimental

Como la Cooperativa Colanta fabrica y comercializa más de 150 productos en diferentes presentaciones, se plantea un diseño experimental para 9 productos, algunos de los cuales son fabricados en las instalaciones de la planta Jenaro Pérez y otros en plantas de la misma empresa. Estos productos se listan a continuación:

- Leche pasteurizada entera.
- Leche UHT entera.
- Tampico Citrus.
- Crema de leche entera pasteurizada.
- Jamón de cerdo
- Mantequilla con sal.
- Mantequilla sin sal.
- Leche en polvo.
- Quesito.

Leche pasteurizada entera:

La leche pasteurizada es un producto que ha sido sometido a un proceso de pasteurización para eliminar microorganismos dañinos, como bacterias, virus y mohos, con el fin de mejorar su seguridad alimentaria y prolongar su vida útil. El proceso de pasteurización implica calentar la leche a una temperatura de $74^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante un período de 15 segundos y luego enfriarla rápidamente. Por su parte, la pasteurización no esteriliza la leche, es decir, no elimina todos los microorganismos presentes en ella. Sin embargo, reduce significativamente su carga microbiana, lo que hace que la leche sea más segura para el consumo.

Leche UHT entera:

La leche UHT (Ultra alta temperatura), o leche larga vida, recibe su nombre debido al tratamiento térmico continuo al que es sometido, el cual permite obtener un producto

comercialmente estéril, de modo que cuando se envasa asépticamente es bacteriológicamente estable a temperatura ambiente durante varios meses. El proceso térmico de la leche UHT se lleva a cabo a una temperatura de $140^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 5 segundos.

Tampico Citrus:

El tampico Citrus es una bebida refrescante que combina sabores cítricos, como naranja, limón, lima y otras frutas tropicales cítricas. Que, de acuerdo con la legislación colombiana al ser un refresco elaborado a partir de jugo o pulpa de frutas, con un contenido mínimo de fruta del 8%, adicionado con agua y aditivos permitidos, deben ser sometidos a un tratamiento de conservación, que en este caso consiste en pasteurización a 80°C por 15 segundos seguidos de enfriamiento a temperaturas de refrigeración para garantizar una mayor vida útil.

Crema de leche entera pasteurizada:

La crema pasteurizada es un producto elaborado con crema obtenida de leche entera seleccionada y controlada. La crema se separa por centrifugación, luego se estandariza a un nivel de materia grasa alrededor del 35% m/m y pasteurizada a $86^{\circ}\text{C} \pm 4^{\circ}\text{C}$ para envasarse bajo estrictos controles de calidad e higiene.

Mantequilla con sal y sin sal:

La mantequilla es un derivado lácteo que se obtiene por el batido de la nata. Ésta se produce a través de un proceso conocido como desnatado de la leche, es decir, la separación de la nata o crema de la leche entera. Este producto presenta una vida útil más extensa que la leche, debido a que contiene menos agua alrededor de unos 75-80%, lo que hace que a las bacterias se les dificulte su crecimiento en su interior.

Leche en polvo:

La leche en polvo o leche deshidratada es el resultado que se obtiene mediante un proceso de deshidratación de leche pasteurizada. Este producto conserva las propiedades naturales y características nutricionales que tiene la leche normalmente. Por su parte, una de las diferencias principales con respecto a la leche fluida es que esta no precisa conservarse en frío y, por lo tanto, su vida útil es más prolongada.

Quesito:

El quesito es el producto obtenido por coagulación de la leche cruda o pasteurizada, constituido esencialmente por caseína de la leche en forma de gel más o menos deshidratado [26]. Mediante este proceso se logra preservar el valor nutritivo de la mayoría de los componentes de la leche, incluidas las grasas, proteínas y otros constituyentes menores, generando un sabor especial y una consistencia sólida o semisólida en el producto obtenido [27]. El queso es obtenido por coagulación (total o parcial) de la leche por medio de la acción del cuajo o de otros agentes coagulantes adecuados, con un escurrido parcial del lactosuero [28].

Selección de los parámetros representativos

Para el caso específico de los alimentos establecidos anteriormente se tiene conocimiento previo de los parámetros que normalmente están directamente relacionados con el comportamiento de la vida útil de los productos, en este sentido se enumeran a continuación:

Leche pasteurizada entera:

Durante el almacenamiento los microorganismos presentes pueden producir ácidos como resultado de la descomposición de los componentes de la leche, algunos de estos ácidos pueden ser el ácido láctico y el ácido acético, por lo que la medición de la acidez puede dar indicios específicos de cuando ha aumentado el contenido de microorganismos en el producto. Directamente, relacionado con la acidez, se encuentra el panel sensorial, donde mediante el proceso de evaluación de los panelistas pueden indicar cuando se ha alcanzado el deterioro cuando perciben un mal sabor o rancidez en el producto.

Leche UHT entera:

Por su parte, la leche UHT puede experimentar cambios en su composición y características físicas, incluida la acidez. A medida que la leche envejece, pueden ocurrir reacciones químicas que aumentan su acidez, lo que puede afectar su sabor, textura y calidad, por ende, se puede monitorear a lo largo del tiempo para determinar cuándo ha alcanzado un nivel que indica que la leche ya no es apta para el consumo.

Tampico Citrus:

Por su parte, esta bebida cítrica posee un alto contenido de ácido ascórbico (Vitamina C), el cual es un parámetro que se degrada con el tiempo, ya que se ve afectado por factores como la luz y la temperatura, entre otros. Por lo cual, cuando se reduce por debajo del límite inferior permitido y reportado en su ficha nutricional, se puede considerar que su vida útil a caducado.

Crema de leche entera pasteurizada:

La acidez al igual que el panel sensorial presentan un papel fundamental para la determinación de la vida útil de este producto al igual que en la leche pasteurizada, por lo que su seguimiento y monitoreo será muy importante para estimar cuando el producto en mención no cuenta con las condiciones nutricionales para el consumo humano.

Mantequilla con sal y sin sal:

Este producto presenta principalmente deterioro de las grasas que lo componen; normalmente esto se denomina rancidez oxidativa, la cual, se caracteriza por tener un ligero olor y sabor dulce en su etapa inicial; estas características se van acentuando conforme la oxidación progresa. Las características de olor y sabor no se deben a una sola sustancia química sino más bien a una variedad de aldehídos, cetonas y ácidos producidos en cantidades pequeñas como productos secundarios de la oxidación. Además, la mantequilla es un producto susceptible a la absorción de la humedad del ambiente, lo que puede hacer que se vuelva más blanda o incluso se derrita si la humedad es muy alta, afectando así su textura y consistencia. En este sentido, pruebas sensoriales y el seguimiento de la humedad y acidez pueden indicar cuando se ha culminado la vida útil del producto.

Leche en polvo:

La leche en polvo, como cualquier otro producto de consumo humano, es propensa a contaminación por microorganismos, que conlleva al deterioro del producto [29]. El contenido nutritivo del alimento genera un ambiente óptimo e ideal para el desarrollo de microorganismos. Uno de los principales factores que afectan la vida útil de la leche en polvo es la humedad del ambiente, dado que esta puede aumentar el riesgo de aglomeración y formación de grumos.

Además, la presencia de agua puede promover el crecimiento de microorganismos y la oxidación de los nutrientes.

Es preciso mencionar que el envase utilizado en la elaboración de este producto juega un papel crucial en su conservación ya que se debe asegurar una total protección frente a contaminaciones, absorción de humedad y exposición de la luz, además, cabe mencionar que la exposición a cualquier fuente lumínica acelera la pérdida de nutrientes en un tiempo relativamente corto [30].

Quesito:

Por su parte, este producto se puede ver afectado por la humedad del ambiente ya que no se encuentra cerrado herméticamente, por lo cual puede ser susceptible a la formación de microorganismos y hongos.

Es importante resaltar que los análisis microbiológicos son parámetros representativos de todos los productos mencionados antes, ya que son fundamentales al permitir la cuantificación del número de microorganismos presentes en un producto, incluso aquellos que no son visibles mediante análisis fisicoquímicos. Por lo tanto, al realizar análisis microbiológicos y fisicoquímicos en conjunto, se obtiene una evaluación más completa y segura.

A continuación, se presentan las frecuencias de análisis de estos productos, la cantidad de unidades muestrales, y las temperaturas a las cuales se realizarán los análisis.



GUÍA DE TIEMPOS DE MUESTREO PARA EL QUESITO

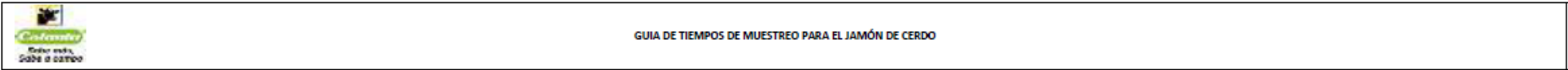
Fecha de inicio	10/01/2024
Tipo de prueba	Acelerada

Temperatura	Cantidad de unidades muestrales
5°C	22
15°C	30

Fechas de análisis					10/01/2024	12/01/2024	14/01/2024	16/01/2024	18/01/2024	20/01/2024	22/01/2024	24/01/2024	26/01/2024	28/01/2024	30/01/2024	
Tiempo de pruebas, semanas					0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
Especificaciones					Análisis											
Pruebas fisicoquímicas	Variables	Unidades	min	máx	5°C											
		pH		4		5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Sensorial					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pruebas microbiológicas	Mohos	ufc/g	1000	5000		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Escherichia coli	ufc/g	<10	1000		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Staphylococcus coagulasa positiva	ufc/g	1000	10000		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Salmonella spp		Ausencia/25g	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Listeria monocitogenes		Ausencia/25g	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Número de unidades experimentales por tiempo de muestreo						2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Fechas de análisis					10/01/2024	11/01/2024	12/01/2024	13/01/2024	14/01/2024	15/01/2024	16/01/2024	17/01/2024	18/01/2024	19/01/2024	20/01/2024	21/01/2024	22/01/2024	23/01/2024	24/01/2024		
Tiempo de pruebas, días					0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Especificaciones					Análisis																
Pruebas fisicoquímicas	Variables	Unidades	min	máx	15°C																
		pH					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Sensorial		4	5		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Pruebas microbiológicas	Mohos	ufc/g	1000	5000		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Escherichia coli	ufc/g	<10	1000		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Staphylococcus coagulasa positiva	ufc/g	1000	10000		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Salmonella spp		Ausencia/25g	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Listeria monocitogenes		Ausencia/25g	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Número de unidades experimentales por tiempo de muestreo						2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Ilustración 6. Tiempos de muestreo para el quesito.



Fecha de inicio	10/01/2024	Temperatura	5°C	Cantidad de unidades muestrales	34																				
Tipo de prueba	Acelerada	15°C	36	25°C	30																				
Fecha de análisis		10/01/2024	17/01/2024	24/01/2024	31/01/2024	07/02/2024	14/02/2024	21/02/2024	28/02/2024	07/03/2024	14/03/2024	21/03/2024	28/03/2024	04/04/2024	11/04/2024	18/04/2024	25/04/2024	02/05/2024	09/05/2024	16/05/2024	23/05/2024	30/05/2024			
Tiempo de pruebas, días		0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105	112	119	126	133	140			
Especificaciones		Análisis																							
Pruebas físico-químicas	Variables	Unidades	min	máx	5°C																				
	Sensorial		4	5		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Pruebas microbiológicas	Aerobios mesófilos	UFC/g	-	100000	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Coliformes total	UFC/g	100	500	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Staphylococcus aureus coagulasa	UFC/g	<100	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Esporas Clostridium sulfito reductor	UFC/g	<10	100	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Escherichia Coli	UFC/g	<10	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Salmonella	UFC/g	Ausencia	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Listeria Monocytogenes	UFC/g	Ausencia	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Número de unidades experimentales por tiempo de muestreo		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
Fecha de análisis		10/01/2024	12/01/2024	14/01/2024	16/01/2024	18/01/2024	20/01/2024	22/01/2024	24/01/2024	26/01/2024	28/01/2024	30/01/2024	01/02/2024	03/02/2024	05/02/2024	07/02/2024	09/02/2024	11/02/2024	13/02/2024	15/02/2024	17/02/2024	19/02/2024			
Tiempo de pruebas, días		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40			
Especificaciones		Análisis																							
Pruebas físico-químicas	Variables	Unidades	min	máx	15°C																				
	Sensorial		4	5		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Pruebas microbiológicas	Aerobios mesófilos	UFC/g	-	100000	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Coliformes total	UFC/g	100	500	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Staphylococcus aureus coagulasa	UFC/g	<100	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Esporas Clostridium sulfito reductor	UFC/g	<10	100	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Escherichia Coli	UFC/g	<10	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Salmonella	UFC/g	Ausencia	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Listeria Monocytogenes	UFC/g	Ausencia	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Número de unidades experimentales por tiempo de muestreo		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
Fecha de análisis		10/01/2024	11/01/2024	12/01/2024	13/01/2024	14/01/2024	15/01/2024	16/01/2024	17/01/2024	18/01/2024	19/01/2024	20/01/2024	21/01/2024	22/01/2024	23/01/2024	24/01/2024									
Tiempo de pruebas, días		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14									
Especificaciones		Análisis																							
Pruebas físico-químicas	Variables	Unidades	min	máx	25°C																				
	Sensorial		4	5		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Pruebas microbiológicas	Aerobios mesófilos	UFC/g	-	100000	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Coliformes total	UFC/g	100	500	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Staphylococcus aureus coagulasa	UFC/g	<100	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Esporas Clostridium sulfito reductor	UFC/g	<10	100	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Escherichia Coli	UFC/g	<10	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Salmonella	UFC/g	Ausencia	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Listeria Monocytogenes	UFC/g	Ausencia	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Número de unidades experimentales por tiempo de muestreo		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2									

Ilustración 7. Tiempos de muestreo para el jamón de cerdo.


		GUÍA DE TIEMPOS DE MUESTREO DE LA CREMA PASTEURIZADA																
Fecha de Inicio	10/01/2024	Temperatura	Cantidad de unidades muestrales															
Tipo de prueba	En tiempo real	5°C	26															
Fechas de análisis Tiempo de pruebas, días				10/01/2024	12/01/2024	14/01/2024	16/01/2024	18/01/2024	20/01/2024	22/01/2024	24/01/2024	26/01/2024	28/01/2024	30/01/2024	01/02/2024	03/02/2024		
Especificaciones				Condiciones de estudio 5°C	Análisis													
Variables	Unidades	min	máx															
Acidez expresada como ácido láctico		0,13	0,25		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Sensorial		4	5		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Grasa	%m/m	35	47,9		✓												✓	
Sólidos no grasos	%m/m	5	6,9		✓												✓	
Índice Reichert Meissel		22	32		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Prueba de fosfatasa		Negativa			✓												✓	
Coliformes totales	ufc/ml	75	150		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Rto. de E.coli	ufc/ml	<33	—		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Staphylococcus coagulasa positiva	ufc/ml	100	200		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Salmonella spp	ufc/ml	0	—		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Hongos y levaduras	ufc/ml	100	200		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Número de unidades experimentales por tiempo de muestreo					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	

Ilustración 8. Tiempos de muestreo para la crema pasteurizada.

GUIA DE FRECUENCIA DE MUESTREO DEL TAMPICO CITRUS

Fecha de inicio	12/03/2024	Temperatura	Cantidad de unidades muestrales
Tipo de prueba	Acelerada	25°C	28
		35°C	20
		45°C	22

Fechas de análisis					12/03/2024	11/04/2024	11/05/2024	10/06/2024	10/07/2024	17/07/2024	24/07/2024	31/07/2024	07/08/2024	14/08/2024	21/08/2024	28/08/2024	04/09/2024	11/09/2024	
Tiempo de pruebas, (Días)					0	30	60	90	120	127	134	141	148	155	162	169	176	183	
Especificaciones					Análisis														
Pruebas fisicoquímicas	Variables	Unidades	min	máx	25°C														
	Acidez expresada como ácido cítrico	%	6,98	7,38		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Sensorial		4	5		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Brix a 20°C		2,96	3,36		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Ácido ascórbico	mg/L	405	493		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pruebas microbiológicas	Microorganismos mesófilos	ufc/ml	<10	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Coliformes totales	ufc/ml	<10	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Rto. E coli	ufc/ml	<10	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Rto. Mohos y levaduras	ml	<10	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Número de unidades experimentales por tiempo de muestreo						2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Fechas de análisis					12/03/2024	19/03/2024	26/03/2024	02/04/2024	09/04/2024	16/04/2024	23/04/2024	30/04/2024	07/05/2024	14/05/2024	
Tiempo de pruebas, (Días)					0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	
Especificaciones					Análisis										
Pruebas fisicoquímicas	Variables	Unidades	min	máx	35°C										
	Acidez expresada como ácido cítrico	%	6,98	7,38		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Sensorial		4	5		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Brix a 20°C		2,96	3,36		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Ácido ascórbico	mg/L	405	493		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pruebas microbiológicas	Microorganismos mesófilos	ufc/ml	<10	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Coliformes totales	ufc/ml	<10	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Rto. E coli	ufc/ml	<10	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Rto. Mohos y levaduras	ml	<10	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Número de unidades experimentales por tiempo de muestreo						2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Fechas de análisis					12/03/2024	15/03/2024	18/03/2024	21/03/2024	24/03/2024	27/03/2024	30/03/2024	02/04/2024	05/04/2024	08/04/2024	11/04/2024	
Tiempo de pruebas, (Días)					0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	
Especificaciones					Análisis											
Pruebas fisicoquímicas	Variables	Unidades	min	máx	45°C											
	Acidez expresada como ácido cítrico	%	6,98	7,38		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Sensorial		4	5		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Brix a 20°C		2,96	3,36		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Ácido ascórbico	mg/L	405	493		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pruebas microbiológicas	Microorganismos mesófilos	ufc/ml	<10	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Coliformes totales	ufc/ml	<10	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Rto. E coli	ufc/ml	<10	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Rto. Mohos y levaduras	ml	<10	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Número de unidades experimentales por tiempo de muestreo						2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	

Ilustración 9. Tiempos de muestreo para el Tampico Citrus.

Fecha de inicio		10/01/2024	Temperatura		5°C	Cantidad de unidades muestrales		26
Tipo de prueba		En tiempo real						

Fecha de análisis					10/01/2024	12/01/2024	14/01/2024	16/01/2024	18/01/2024	20/01/2024	22/01/2024	24/01/2024	26/01/2024	28/01/2024	30/01/2024	01/02/2024	03/02/2024	
Tiempo de pruebas, días					0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	
Especificaciones					Análisis													
Pruebas físicoquímicas	Variables	Unidades	min	máx	5°C													
	Acidez expresada como ácido láctico		0.13	0.25		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Sensores		4	5		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Grasa	%m/m	3			✓												✓
	Proteína		2.9			✓												✓
	Extracto seco total	%m/m	11.3			✓												✓
	Extracto seco desengrasado	%m/m	8.3			✓												✓
	Densidad		1.03	1.033		✓												✓
	Índice crioscópico	%m	530	550		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Feroidosa						✓											✓
Prueba de fosfatasa					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Pruebas microbiológicas	Rto. de Microorganismos mesófilos	ufc/ml	40000	80000	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Rto. Coliformes totales	ufc/ml	<1	10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Rto. Coliformes fecales	ufc/ml	<1	--	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Número de unidades experimentales por tiempo de muestreo					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	

Ilustración 10. Tiempos de muestreo para la leche pasteurizada.

Fecha de inicio		Temperatura		Cantidad de unidades de muestreo	
10/01/2024		20°C		44	
Tipo de prueba		30°C		38	
		40°C		26	

Fechas de análisis						Tiempo de pruebas, semanas																					
Especificaciones						Análisis																					
Pruebas físico-químicas	Variables	Unidades	min	max	20°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Acidez expresada como ácido láctico		0,13	0,17		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Sensorial		4	5		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Grasa	%/m	3	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Proteína	%/m - %/v	3,0	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Extracto seco total	%/m	11,2	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Extracto seco desengrasado	%/m	8,2	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Densidad		1,0295	1,033		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Índice crioscópico		-500	-530		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Test de Ramadell		No corta tubo B			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Alcohol		Negativo		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Ebullición		Negativo		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Pruebas microbiológicas	Estabilidad comercial		Satisfactoria		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Número de unidades experimentales por tiempo de muestreo						2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Fechas de análisis						Tiempo de pruebas, días																					
Especificaciones						Análisis																					
Pruebas físico-químicas	Variables	Unidades	min	max	20°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Acidez expresada como ácido láctico		0,13	0,17		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Sensorial		4	5		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Grasa	%/m	3	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Proteína	%/m - %/v	3,0	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Extracto seco total	%/m	11,2	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Extracto seco desengrasado	%/m	8,2	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Densidad		1,0295	1,033		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Índice crioscópico		-500	-530		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Test de Ramadell		No corta tubo B			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Alcohol		Negativo		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Ebullición		Negativo		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Pruebas microbiológicas	Estabilidad comercial		Satisfactoria		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Número de unidades experimentales por tiempo de muestreo						2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Fechas de análisis						Tiempo de pruebas, días															
Especificaciones						Análisis															
Pruebas físico-químicas	Variables	Unidades	min	max	40°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	Acidez expresada como ácido láctico		0,13	0,17		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Sensorial		4	5		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Grasa	%/m	3	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Proteína	%/m - %/v	3,0	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Extracto seco total	%/m	11,2	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Extracto seco desengrasado	%/m	8,2	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Densidad		1,0295	1,033		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Índice crioscópico		-500	-530		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Test de Ramadell		No corta tubo B			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Alcohol		Negativo		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Ebullición		Negativo		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Pruebas microbiológicas	Estabilidad comercial		Satisfactoria		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Número de unidades experimentales por tiempo de muestreo						2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	

Ilustración 11. Tiempos de muestreo para la leche UHT.


		GUIA DE TIEMPOS DE MUESTRO PARA LA LECHE EN POLVO																												
Fecha de inicio	10/01/2024	<table border="1"> <tr> <th>Temperatura</th> <th>Cantidad de unidades muestrales</th> </tr> <tr> <td>25°C</td> <td>38</td> </tr> <tr> <td>35°C</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>45°C</td> <td>118</td> </tr> </table>	Temperatura	Cantidad de unidades muestrales	25°C	38	35°C	80	45°C	118																				
Temperatura	Cantidad de unidades muestrales																													
25°C	38																													
35°C	80																													
45°C	118																													
Tipo de prueba	Acelerada																													
Fechas de análisis Tiempo de pruebas, días			10/01/2024	9/02/2024	10/03/2024	9/04/2024	9/05/2024	8/06/2024	8/07/2024	7/08/2024	6/09/2024	6/10/2024	5/11/2024	5/12/2024	4/01/2025	3/02/2025	5/03/2025	4/04/2025	4/05/2025	3/06/2025	3/07/2025									
Especificaciones			Condiciones de estudio		Análisis																									
Pruebas fisicoquímicas	Variables	Unidades	min	máx	25°C																									
	Materia grasa	%m/m	25	33		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
	Humedad	%m/m	-	4		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
	Acidez expresada como ácido láctico	%m/m	0,9	1,3		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
	Índice de insolubilidad en cm ³	-	-	1		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
	Cenizas	%m/m	-	6		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
	Proteína	%mm	24,5	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
	Proteína en los sólidos no grasos de la leche	%m/m	34	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
	Sodio	%m/m	-	0,42		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
	Potasio	%m/m	-	1,3		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
Lactosa	%m/m	34	44	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
Pruebas microbiológicas	Rto. Microorganismos mesófilos	ufc/g	1000	10000	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
	Rto. Coliformes totales	ufc/g	<3	11	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
	Rto. Coliformes fecales	ufc/g	<3	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
	Rto. Mohos y levaduras	ufc/g	100	500	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
	Staphylococcus aureus coagulasa positiv	ufc/g	<100	100	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
	Rto. Bacillus cereus	ufc/g	100	1000	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
	Salmonella	ufc/g	0	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
Número de unidades experimentales por tiempo de muestreo					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2								

Ilustración 12. Tiempos de muestreo para leche en polvo.



		GUÍA DE TIEMPOS DE MUESTREO DE LA MANTEQUILLA SIN SAL																														
Fecha de inicio	10/01/2024	<table border="1"> <tr> <th>Temperatura</th> <th>Cantidad de unidades muestrales</th> </tr> <tr> <td>-25°C</td> <td>38</td> </tr> <tr> <td>5°C</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>15°C</td> <td>118</td> </tr> <tr> <td>25°C</td> <td>82</td> </tr> </table>	Temperatura	Cantidad de unidades muestrales	-25°C	38	5°C	80	15°C	118	25°C	82																				
Temperatura	Cantidad de unidades muestrales																															
-25°C	38																															
5°C	80																															
15°C	118																															
25°C	82																															
Tipo de prueba	Acelerada																															
Fechas de análisis Tiempo de pruebas, días			10/01/2024	9/02/2024	10/03/2024	9/04/2024	9/05/2024	8/06/2024	8/07/2024	7/08/2024	6/09/2024	6/10/2024	5/11/2024	5/12/2024	4/01/2025	3/02/2025	5/03/2025	4/04/2025	4/05/2025	3/06/2025	3/07/2025											
Especificaciones			Condiciones de estudio		Análisis																											
Pruebas fisicoquímicas	Variables	Unidades	min	máx	-25°C																											
	Acidez expresada como ácido láctico		0,13	0,17		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
	Sensorial		4	5		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
	Grasa	%m/m	80	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
	Extracto seco desengrasado	%m/m	-	2		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
	Cloruros	%m/m	-	0,05		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
	Índice Reichert Meissel		22	32		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
	Prueba de Kreiss		Negativa			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
	Prueba de fosfatasa		Negativa			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
	Humedad	%m/m	-	16		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
Pruebas microbiológicas	Mohos y levaduras	ufc/g	500	1000	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓											
	Coliformes totales	ufc/g	50	100	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓											
	Rto. E coli	ufc/g	<10	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓											
	Staphylococcus coagulasa positiva	ufc/g	<100	100	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓											
	Salmonella spp		Ausencia/25g	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓											
Listeria monocitogenes		Ausencia/25g	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓											
Número de unidades experimentales por tiempo de muestreo					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2										

Ilustración 13. Tiempos de muestreo para la mantequilla sin sal.

 GUÍA DE TIEMPOS DE MUESTREO DE LA MANTEQUILLA CON SAL			
Fecha de inicio	10/01/2024	Temperatura	Cantidad de unidades muestrales
Tipo de prueba	Acelerada	-25°C	38
		5°C	80
		15°C	116
		25°C	82

Fechas de análisis				Tiempo de pruebas, días																					
Especificaciones				Condiciones de estudio		0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	
Pruebas fisicoquímicas	Acidez expresada como ácido láctico		0.13	0.17	-25°C	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Sensorial		4	5		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Grasa	%m/m	-	-		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Extracto seco desengrasado	%m/m	-	2		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Cloruros	%m/m	-	0.5		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Índice Reichert Meissel		22	32		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Prueba de Kress		Negativa			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Prueba de fosfatasa		Negativa			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Humedad	%m/m	-	16		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Mohos y levaduras	ufc/g	500	1000		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pruebas microbiológicas	Coliformes totales	ufc/g	50	100	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Rto. E coli	ufc/g	<10	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Staphylococcus coagulasa positiva	ufc/g	<100	100	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Salmonella spp		Ausencia/25g	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Listeria monocitogenes		Ausencia/25g	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Número de unidades experimentales por tiempo de muestreo						2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	

Ilustración 14. Tiempos de muestreo para la mantequilla con sal.

Un aspecto importante para resaltar es que, a partir del momento en que una de las unidades muestrales llegue al fallo confirmado en cualquiera de los ensayos, se hará el ensayo que le precede y se suspende el ensayo.

Anexo 2. Capacidad necesaria para el proyecto

Para determinar la cantidad de equipos necesarios, se implementó la suposición de requerir el montaje simultáneo de 9 ensayos de los productos mencionados anteriormente. De esta manera, se establecen las presentaciones, tamaños y el peso de cada producto. A partir de esta información, y con la cantidad de unidades muestras establecidas para cada temperatura, se calculó el peso total que cada estante debe soportar y, tomando como referencia el peso recomendado por el fabricante para cada estante, fijado en 22 Kg se alcanza el número final de equipos. A continuación, se presenta la cantidad de equipos necesarios en la figura 3 para una comprensión clara del análisis expresado:

Producto	Presentación para los ensayos	Peso, g	Temperaturas de ensayo / Unidades muestrales					Temperaturas de ensayo / peso total Kg							
			-25°C	5°C	15°C	25°C	35°C	45°C	-25°C	5°C	15°C	25°C	35°C	45°C	
Leche pasteurizada entera.	900 ml	1042		26											
Leche UHT entera.	400 ml	418				44	38	26							
Tampico Citrus.	150 ml	161,6				28	20	22							
Crema de leche entera pasteurizada.	2000 ml	1970		26											
Mantequilla sin sal	125 g	125	38	80	116	82									
Mantequilla con sal	125 g	125	38	80	116	82									
Leche en polvo.	400 g	400				38	80	116							
Jamón	300 g	300		34	36	30									
Quesito.	200 g	200		22	30										
Total			38	268	298	304	138	164	10	113	46	68	51	61	

Peso máximo por estantes	22	Kg
--------------------------	----	----

Equipo	Número estantes por equipo	Capacidad, L	Número de equipos
Cámara climática 3911	3	659	4
Refrigerador TSX2305GY	4	650	2
Congelador TSX2330FY	4	311,5	1

Número de estantes necesarios	0,4	5,1	2,1	3,1	2,3	2,8
¿Cuántos equipos se requieren?	1	2	1	1	1	1

Si se desea realizar estos 9 estudios de manera simultanea, se debe garantizar que se realice bajo las presentaciones indicadas para que se cumpla con el peso máximo soportado por los estantes y la capacidad del equipo. De lo contrario se debe reducir la cantidad de ensayos.

Ilustración 15. Cálculo del número de equipos.


Es importante destacar que existe la posibilidad de ampliar el espacio de las cámaras climáticas hasta 11 estantes adicionales mediante la adquisición directa con el distribuidor. Es importante mencionar que la cantidad de ensayos presentada en la ilustración 15 corresponde a la utilización de los 3 estantes que vienen de fábrica, lo que representa el número mínimo de ensayos que se pueden llevar a cabo inicialmente. No obstante, es evidente que esta cantidad puede aumentarse según las necesidades del laboratorio. Sin embargo, para la fase inicial de familiarización y operación del laboratorio, se sugiere mantener esta configuración estándar como punto de partida.

Para validar los resultados previamente obtenidos, se puede realizar el cálculo con base en la capacidad que establece el fabricante. Obteniendo para este caso que la capacidad de los equipos es más que necesaria, ya que se estaría usando en promedio una décima parte de la

capacidad total de la cámara o del refrigerador. Esta situación garantiza que tanto la temperatura como la humedad se distribuyan de manera uniforme por todos los rincones de la cámara, asegurando que todos los productos estén expuestos a las condiciones de almacenamiento.

Anexo 3. Base de datos y de cálculos.

A continuación, se presenta la base de datos y cálculos para pruebas aceleradas



REGISTRO DE DATOS

ID Ensayo	E1
Fecha	15/03/2024
Tipo Producto	Leche entera UHT
Temperatura de análisis	45
Lote	062
Numero Días	35
Fecha de vencimiento	
Responsable	Geraldine
Observaciones	

GUARDAR DATOS

Para el funcionamiento adecuado de la macro se debe asegurar que los ensayos se ingresen con la misma información de registro. Escribir en las observaciones las indicaciones del primer registro.

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS	
Acidez	0,17
Sensorial	4
Grasa	3,1
Extracto seco desengrasado	
Extracto seco total	
Cloruros	
Índice Reichert Meissel	
Prueba de Kreiss	
Prueba de fosfatasa	Negativa
Humedad	
Densidad	1,03
Índice crioscópico	543
Peroxidasa	

ÁNÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	
Mohos y levaduras	10
Coliformes totales	10
Rto. E coli	10
Staphylococcus coagulasa positiva	
Salmonella spp	
Listeria monocytogenes	
Otros	

Ilustración 16. Registro de datos para ensayos acelerados.

Tipo Producto Leche entera UHT 0	LOTE 1					Parámetros cinéticos		Determinación del tiempo de vida útil				Determinación del factor Q10			
	Temp, °C	Temperatura, K	Inverso de T	k = m	lnK	Pendiente	-3628,131	Temp, °C	Q0	Q1	Con orden 1	Con orden 0	Temp, °C	Q10	
	25	298,15	0,0034	0,000464	-7,675010	R	8,314	25	0,13	0,17	vida útil, días	vida útil, días	25	0,896	
	35	308,15	0,0032	0,001594	-6,441680	Ea	-30164,864	35	0,13	0,17	168,325	25,098	35	0,715	
	45	318,15	0,0031	0,000980	-6,928375	Intercepto	4,767	45	0,13	0,17	273,853	40,833	45	0,803	
	0				-	A	117,586	0			#DIV/0!				
ANALISIS Acidez Cloruros Coliformes totales	LOTE 2					Parámetros cinéticos		Determinación del tiempo de vida útil				Determinación del factor Q10			
	Temp, °C	Temperatura, K	Inverso de T	k = m	lnK	Pendiente	-2249,530	Temp, °C	Q0	Q1	Con orden 1	Con orden 0	Temp, °C	Q10	
	25	298,15	0,0034	0,00055	-7,501341	R	8,314	25	0,13	0,17	485,684	72,419	25	0,879	
	35	308,15	0,0032	0,00202	-6,203404	Ea	-18702,952	35	0,13	0,17	132,638	19,777	35	0,664	
	45	318,15	0,0031	0,00087	-7,050072	Intercepto	0,387	45	0,13	0,17	309,293	46,118	45	0,822	
	0	273,15	0,0037		-	A	1,473	0			#DIV/0!				
Lote 060 061 062 n	LOTE 3					Parámetros cinéticos		Determinación del tiempo de vida útil				Determinación del factor Q10			
	Temp, °C	Temperatura, K	Inverso de T	k = m	lnK	Pendiente	-3782,609	Temp, °C	Q0	Q1	Con orden 1	Con orden 0	Temp, °C	45	
	25	298,15	0,0034	0,000392	-7,843064	R	8,314	25	0,13	0,17	683,537	101,920	25	0,911	
	35	308,15	0,0032	0,001253	-6,682142	Ea	-31449,215	35	0,13	0,17	214,082	31,921	35	0,761	
	45	318,15	0,0031	0,000857	-7,061906	Intercepto	5,088	45	0,13	0,17	312,975	46,667	45	0,824	
	0	273,15			-	A	162,089	0			#DIV/0!				
Temperatura, °C 25 35 45	K 0,00046 0,00159 0,00098														

Ilustración 17. Determinación de parámetros cinéticos para ensayos acelerados.

Determinación del factor Q10

Temp, °C	Q10
25	0,896
35	0,715
45	0,803

Temp, °C	Q10
25	0,879
35	0,664
45	0,822

Temp, °C	45
25	0,911
35	0,761
45	0,824

Contraste de la hipótesis

Temperatura	25	
Objetivo de estudio, usando la acidez como variable crítica		
Ho: μ	\leq	40
Ha: μ	$>$	40

Número de lote	Días según análisis
1	86,15384615
2	25,0984127
3	40,83333333
4	
5	

Intervalo de confianza	
Límite inferior	-3
Límite superior	104

0,584374852	$>$	2,91998558	Se acepta la nula
0,30905205	$>$	0,05	Se acepta la nula

Temperatura	35	
Objetivo de estudio, usando la acidez como variable crítica		
Ho: μ	\leq	40
Ha: μ	$>$	40

Número de lote	Días según análisis
1	168,3250062
2	132,6375879
3	214,0817209
4	
5	

Intervalo de confianza	
Límite inferior	103
Límite superior	241

5,586654204	$>$	2,91998558	Se rechaza la nula
0,015289144	$>$	0,05	Se rechaza la nula

Temperatura	45	
Objetivo de estudio, usando la acidez como variable crítica		
Ho: μ	\leq	40
Ha: μ	$>$	40

Número de lote	Días según análisis
1	273,8528196

Variable	Simbolo	Valor
Promedio	\bar{x}	50,70
Desviación estandar	S	31,70
Varianza	S^2	1004,88
Número de muestras	n	3
Nivel de confianza	$1-\alpha$	0,95
Probabilidad	α	0,05
Grado de libertad	n-1	2
Area	$\alpha/2$	0,025

Z	0,58437
$Z_{\alpha/2}$	2,91999
Valor P	0,30905


Variable	Simbolo	Valor
Promedio	\bar{x}	171,68
Desviación estandar	S	40,83
Varianza	S^2	1666,74
Número de muestras	n	3
Nivel de confianza	$1-\alpha$	0,95
Probabilidad	α	0,05
Grado de libertad	n-1	2
Area	$\alpha/2$	0,025

Z	5,58665
$Z_{\alpha/2}$	2,91999
Valor P	0,01529

Variable	Simbolo	Valor
Promedio	\bar{x}	298,71
Desviación estandar	S	21,60
Varianza	S^2	466,88
Número de muestras	n	3
Nivel de confianza	$1-\alpha$	0,95

Ilustración 18. Contraste de hipótesis de ensayos acelerados.

Ahora, se presenta la base de datos y cálculos para pruebas en tiempo real.



REGISTRO DE DATOS

ID Ensayo	E1
Fecha	16/03/2024
Tipo Producto	Leche entera
Temperatura de análisis	5
Lote	
Numero Dias	1
Fecha de vencimiento	
Responsable	Geraldine
Observaciones	

GUARDAR DATOS

Para el funcionamiento adecuado de la macro se debe asegurar que los ensayos se ingresen con la misma información de registro. Escribir en las observaciones las indicaciones del primer registro, para que sirva de guía para los demás.

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS	
Acidez	0,13
Sensorial	5
Grasa	3
Extracto seco desengrasado	
Extracto seco total	
Cloruros	
Indice Reichert Meissel	
Prueba de Kreiss	
Prueba de fosfatasa	
Humedad	
Densidad	1,033
Indice crioscópico	
Peroxidasa	
°Brix	
Ácido ascórbico	

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	
Rto. Microorganismos mesófilos	10
Rto. Coliformes totales	10
Rto. E coli	10
Staphylococcus coagulasa positiva	
Salmonella spp	
Hongos , mohos y levaduras	
Listeria monocytogenes	

OBSERVACIONES:

Ensayo de la semana : Leche entera pasteurizada
 ID: E1
 Temperaturas de estudio: 5°C

Para representar que los microorganismos son <10 , escribir 10.

Ilustración 19. Registro de datos para pruebas en tiempo real.

Lote	1	2	3	4	5
Tiempo de falla, mohos	9	8	11	8	-
Tiempo de falla,sensorial	8	8	11	8	-

ID Ensayo	E1	⌵
Tipo Producto	Panqueques	⌵
Temperatura de análisis	25	⌵
Análisis	Sensorial	⌵

Se debe observar que día falla la prueba de acuerdo a los límites que presenta cada variable de interés.

Suma de Resultados	Etiquetas de columna ⌵			
Etiquetas de fila ⌵	024413301	03941301	0544130101	0574130101
0	5	5	5	5
1	5	5	5	5
2	5	5	5	5
3	4	5	5	5
4	4	5	4	5
5	4	4	4	4
6	4	4	4	4
7	4	4	4	4
8	3		4	
9			4	
10			4	

Ilustración 20. Tabla dinámica para observar el comportamiento de las variables.

ID Ensayo ☰ ✕

E1

0

Sensorial

Tipo Producto ☰ ✕

Panquequeso

0

12:00:00 a. m.

Análisis ☰ ✕

Sensorial

Staphylococcus coag...

0

	Sensorial
Lote	tiempo, días
1	9
2	8
3	11
4	8
5	-

Sensorial		
Objetivo de estudio		
Ho: μ	\leq	7
Ha: μ	$>$	7

Número de lote	Días según análisis
1	9
2	8
3	11
4	8
5	-

Intervalo de confianza	
Límite inferior	7
Límite superior	11

$$\bar{x} \pm Z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} = \mu$$

2,8284	$>$	2,3534	Se rechaza la nula
0,0331	$>$	0,0500	Se rechaza la nula

Mohos y levaduras		
Objetivo de estudio		
Ho: μ	\leq	7
Ha: μ	$>$	7

Número de lote	Días según análisis
1	8
2	7
3	10
4	8
5	0

Intervalo de confianza	
Límite inferior	3
Límite superior	10

$$\bar{x} \pm Z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} = \mu$$

Variable	Símbolo	Valor
Promedio	\bar{x}	9,000
Desviación estandar	S	1,414
Varianza	S^2	2,000
Número de muestras	n	4
Nivel de confianza	$1-\alpha$	0,95
Probabilidad	α	0,05
Grado de libertad	n-1	3
Area	$\alpha/2$	0,025

Z	2,8284
Z $\alpha/2$	2,3534
Valor P	0,0331

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

La vida útil máxima confiable del producto es 7

Variable	Símbolo	Valor
Promedio	\bar{x}	6,600
Desviación estandar	S	3,847
Varianza	S^2	14,800
Número de muestras	n	5
Nivel de confianza	$1-\alpha$	0,95
Probabilidad	α	0,05
Grado de libertad	n-1	4
Area	$\alpha/2$	0,025

Z	-0,2325
Z $\alpha/2$	2,1318
Valor P	0,5862

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

Ilustración 21. Contraste de hipótesis para pruebas en tiempo real.

PROPUESTA PARA ESTABLECER EL MONTAJE DE UN LABORATORIO ESPECIALIZADO EN EVALUAR Y ESTIMAR LA VIDA ÚTIL DE LOS PRODUCTOS FABRICADOS POR LA COOPERATIVA COLANTA



PRACTICANTE: Geraldine Valencia Rodríguez

ASESORES: Elías de Jesús Gómez Macias
Raúl F. García Viloría

PROGRAMA: Ingeniería Química

Semestre de la práctica: 2023-2

En esta propuesta, se planteó un proyecto que determinó los recursos, métodos y variables necesarias para estimar la vida útil de los alimentos fabricados por la Cooperativa Colanta, ya que actualmente no hay un espacio para determinar estos valores; por ende, hay que analizarlos de manera externa, lo que implica un gasto adicional.



Introducción

Los productos alimenticios se componen de materias primas biológicas, las cuales se deterioran con el tiempo. Hay varios indicadores con los cuales se le puede hacer seguimiento al deterioro del alimento como cambios de color, sabor, textura, aroma, las vitaminas, el pH, y ciertos parámetros microbiológicos como el conteo total de microorganismos mesófilos. Cuando una de estas variables llegue a su límite máximo o mínimo permitido, se considera que ha cumplido su vida útil. En este sentido, determinar la vida útil es fundamental para fabricantes y consumidores, dado que les permite a los fabricantes obtener información relevante que afecta las ventas de la empresa, los costos de logística, y la cadena de suministro y operación. Por su parte, los consumidores pueden tener seguridad y garantía de que el producto que se está consumiendo cuenta con una buena calidad.



Metodología

1. Delimitación del alcance del proyecto y definición de los objetivos específicos.
2. Establecimiento de los protocolos para llevar a cabo los ensayos de vida útil de los productos de la Cooperativa.
3. Identificación de los modelos matemáticos y estadísticos apropiados para los análisis de datos.
4. Elección de los equipos implementando una matriz selección con los criterios más relevantes para la empresa.
5. Elaboración de un programa en excel para la gestión, seguimiento y análisis de los datos obtenidos en los ensayos.
6. Definición de la distribución adecuada de los equipos y la infraestructura del área de trabajo.
7. Definición del personal necesario para operar los equipos y llevar a cabo las tareas del laboratorio.
8. Determinación de las normativas para garantizar que los análisis cumplan con los estándares nacionales e internacionales.

Más información sobre el proyecto.



Resultados

1. Personal

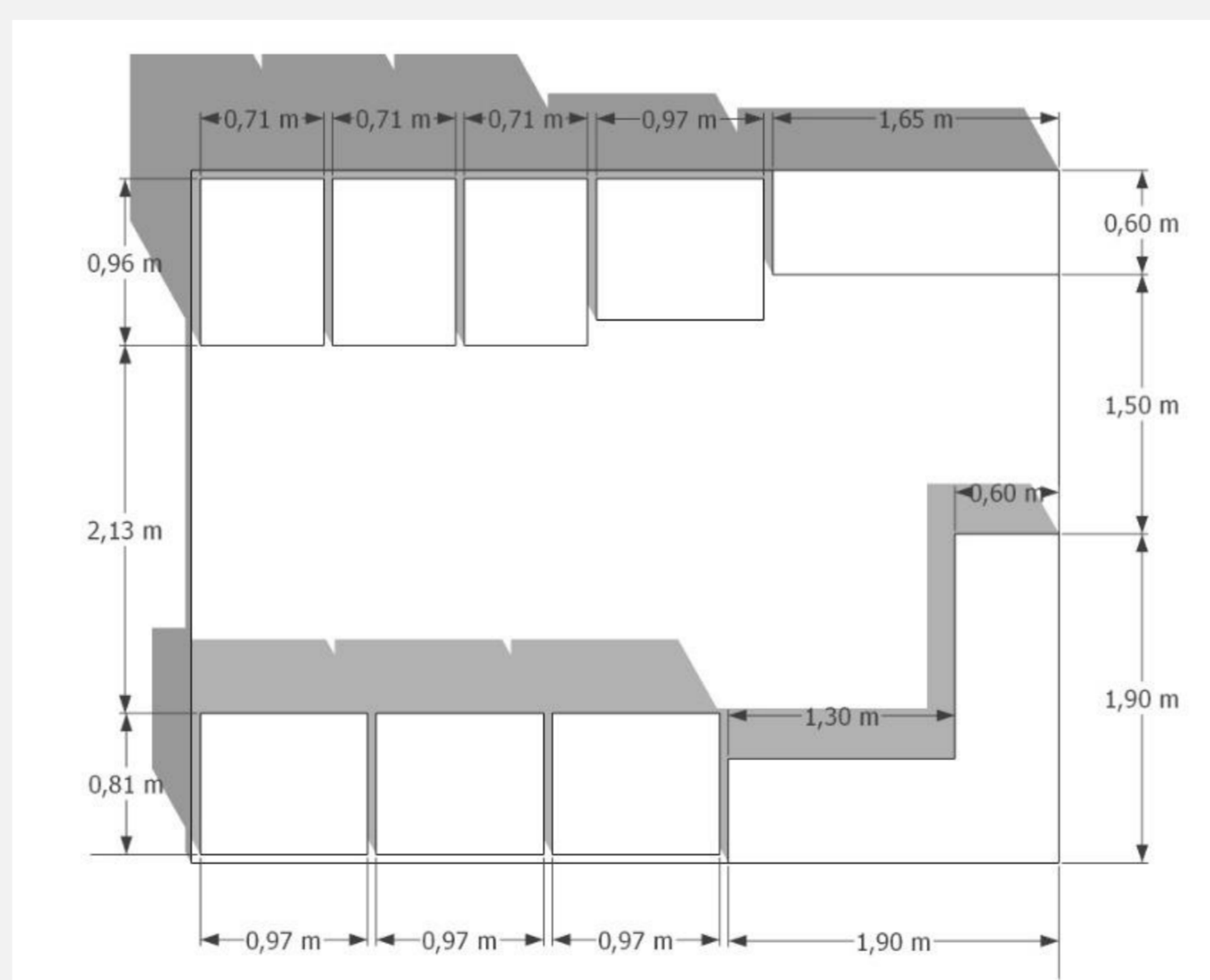
Los profesionales mínimos necesarios para la realización de las actividades del laboratorio son tres: un analista de datos, un especialista en control de calidad y un auxiliar de calidad.

2. Equipos seleccionados

Equipo	Especificaciones	Costo por unidad	Cantidad
Cámara climática	0 a 60°C /20 a 95% 311,5 L	116.774.700 \$	4
Refrigerador	2 a 8°C R290 650 L	52.955.000 \$	2
Congelador	-15 a -35°C R290 659 L	61.183.850 \$	1

El costo total del laboratorio, sin incluir el acondicionamiento del espacio, es de 634.192.650\$.

3. Distribución en planta



4. Programa elaborado

Colanta		REGISTRO DE DATOS	
ID Ensayo	E1	GUARDAR DATOS	BORRAR DATOS ANTERIORES
Fecha	3/04/2024		
Tipo Producto	Leche entera		
Temperatura de análisis	5		
Lote	0924012302		
Numero Dias	0		
Fecha de vencimiento	10/04/2024		
Responsable	Geraldine		
Observaciones			

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS		ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	
Acidez	0,15	Rto. Microorganismos mesófilos	<10
Sensorial	5	Rto. Coliformes totales	
Grasa	3,2	Rto. E. coli	
Extracto seco desengrasado	2,9	Staphylococcus coagulasa positiva	
Extracto seco total		Salmonella spp	



Objetivos

- ✓ Plantear un laboratorio orientado a la evaluación y estimación de la vida útil de los productos elaborados en las diferentes plantas que componen la Cooperativa Colanta.
- ✓ Seleccionar las pruebas específicas necesarias para evaluar la vida útil de los productos lácteos y sus derivados producidos en la planta Jenaro Pérez.
- ✓ Realizar un análisis de mercado y tecnológico para adquirir los equipos de laboratorio más avanzados y adecuados para llevar a cabo las pruebas de evaluación de vida útil.
- ✓ Definir el perfil técnico y profesional del personal necesario para operar el laboratorio, asegurando competencias en áreas clave como análisis sensorial de alimentos, pruebas microbiológicas y fisicoquímicas, y técnicas generales de laboratorio.
- ✓ Definir el espacio físico para el laboratorio, asegurando que el área estimada pueda cumplir con la distribución espacial que se especifica en la normativa correspondiente.

Conclusiones

- ✓ Se determinó que un espacio mínimo de 20 m² es adecuado para garantizar un manejo eficiente de los equipos y la seguridad del personal en el laboratorio.
- ✓ Se determinó que 4 cámaras climáticas, 2 refrigeradores y 1 congelador son los equipos mínimos requeridos para llevar a cabo 9 ensayos de vida útil de manera simultánea.
- ✓ Se encontró que no es necesario contratar más personal para cumplir con la demanda del laboratorio, ya que el personal actual tiene el perfil calificado, lo que representa un ahorro de recursos financieros.
- ✓ El proyecto no generará beneficios económicos directos para la Cooperativa, pero se destaca la importancia de evaluar los beneficios cualitativos que el proyecto puede ofrecer.