



Universidad  
Tecnológica  
del Perú

**Facultad de Ingeniería**

**Ingeniería Industrial**

**Tesis:**

**“Diseño de un prototipo de reutilización de agua basado en la norma ANSI para reducir el consumo de agua del proceso de elaboración de leche en la empresa Gloria S.A.”**

**Autores**

Alvaro Ronald Reyes Aguirre

Einstein Hagler Tello Ramirez

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

**Asesor**

Yeimy Salvatierra García

Lima, Perú

2022

# Turnitin\_deposito\_Tello Ramirez y Reyes Aguirre

## INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
2	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	1%
3	<a href="http://upcommons.upc.edu">upcommons.upc.edu</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://ouci.dntb.gov.ua">ouci.dntb.gov.ua</a> Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE Trabajo del estudiante	<1%
6	Submitted to Universidad EAFIT Trabajo del estudiante	<1%
7	Submitted to Michigan State University Trabajo del estudiante	<1%
8	Rachel Levy, Zoya Okun, Maya Davidovich-Pinhas, Avi Shpigelman. "Utilization of high-pressure homogenization of potato protein	<1%

## **RESUMEN**

En la búsqueda de reducir el consumo de agua utilizada en la refrigeración del homogeneizador de lácteos, se diseña un prototipo que recolecte y reutilice el agua empleada en el proceso, apoyado en la norma ANSI.

Para lo anterior, se desarrolló siguiendo la metodología de investigación del tipo aplicada, desde un enfoque mixto por lo cual el nivel de este trabajo es explicativo con un diseño experimental categoría pre - experimental. Logrando un prototipo que se centra en la reutilización del agua del sistema de refrigeración de pistones del homogeneizador Tetra Alex 400, donde se calculó el consumo actual, apoyado en el tiempo de operación y la medición del volumen de agua que es evacuado del sistema, basados en los datos recolectados se realizó el diseño de un prototipo de reutilización de agua en un circuito cerrado, soportado en las normas ANSI como la ANSI B73.1, ASME B16.5 y ANSI Z244.1-2003. Para su implementación se necesitará una inversión inicial de S/ 50,416 y al evaluar sus indicadores económicos (VAN, TIR, PRI), se concluye que el proyecto es viable.

Basado en lo anterior, se estima que este prototipo en periodos de 30 días usará aproximadamente 5.5 m<sup>3</sup> de líquido, recolectando 0.46 m<sup>3</sup> (120 galones) de fluido refrigerante en un tanque elevado, que generará la presión que necesita el sistema para su funcionamiento, logrando una disminución del 98% en el consumo de agua del sistema de refrigeración.

**Palabras claves:** Consumo de agua, reutilización de agua, industria láctea, sistema de recuperación de agua, norma ANSI.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	I
ÍNDICE .....	II
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE CUADROS.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	VII
CAPÍTULO 1.....	1
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.2. Objetivos .....	3
1.2.1. Objetivo general .....	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.2.3. Alcance.....	3
1.3. Justificación e importancia .....	4
CAPÍTULO 2.....	5
ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO .....	5
2.1. Estado del arte .....	5
2.2. Marco teórico .....	8
2.2.1. La leche.....	8
2.2.2. Industria láctea .....	9
2.2.3. El homogeneizador.....	11
2.2.4. Agua de proceso .....	13
2.2.5. Métodos de tratamiento .....	13

2.2.6.	Norma de diseño industrial .....	16
2.2.7.	Bombas rotodinámicas .....	17
2.2.7.1.	Bombas centrifuga .....	17
2.2.7.2.	Bombeo de líquidos .....	18
2.2.7.3.	Determinante capacidad de bombeo (NPSH).....	18
2.2.8.	Acero inoxidable .....	19
2.2.9.	Análisis de Modo y Efecto de Fallo .....	20
CAPÍTULO 3.....		21
METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN.....		21
3.1.	Tipo.....	21
3.2.	Enfoque.....	21
3.3.	Nivel.....	21
3.4.	Diseño.....	21
3.5.	Método o aporte de investigación.....	22
3.5.1.	Definición de requisitos.....	22
3.5.2.	Diseño y desarrollo del prototipo.....	23
3.5.3.	Pruebas: funcionalidad y viabilidad.....	23
CAPÍTULO 4.....		25
DESARROLLO Y RESULTADOS DE LA SOLUCIÓN .....		25
4.1.	Desarrollo.....	25
4.1.1.	Definición de requisitos.....	25
4.1.2.	Diseño y desarrollo del prototipo.....	30
4.1.3.	Pruebas: funcionalidad y viabilidad.....	44
4.1.3.1.	Funcionalidad.....	44
4.1.3.2.	Viabilidad .....	45
4.1.3.3.	Análisis de Modo y Efecto de Fallo (AMEF) .....	56

4.2. Resultados .....	58
CONCLUSIONES .....	62
RECOMENDACIONES.....	64
BIBLIOGRAFÍA.....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS.

<b>Figura 1</b>	Perspectiva interna Tetra Alex 400.....	12
<b>Figura 2</b>	Proceso ósmosis inversa. ....	15
<b>Figura 3</b>	Mapa de procesos.....	25
<b>Figura 4</b>	Homogeneizador Tetra Alex 400.....	28
<b>Figura 5</b>	Sistema de enfriamiento de pistones.....	29
<b>Figura 6</b>	Sistema de muestreado. ....	29
<b>Figura 7</b>	Guía rápida selección modelo. ....	35
<b>Figura 8</b>	Circuito reutilización de agua. ....	37
<b>Figura 9</b>	Guía rápida selección accesorios.....	40
<b>Figura 10</b>	Prototipo reutilización del agua.....	42
<b>Figura 11</b>	Sistema de enfriamiento de pistones. ....	59
<b>Figura 12</b>	Tanque colector.....	60
<b>Figura 13</b>	Tanque alimentación. ....	60

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b>	Consumo de agua del mes de junio.....	27
<b>Cuadro 2.</b>	Ponderación de normas.....	32
<b>Cuadro 3.</b>	Ahorro anual bruto.....	44
<b>Cuadro 4.</b>	Inversión inicial – Materiales.....	45
<b>Cuadro 5.</b>	Inversión inicial – Peso de material.....	46
<b>Cuadro 6.</b>	Inversión inicial – Mano de obra .....	46
<b>Cuadro 7.</b>	Inversión inicial – Mantenimiento .....	46
<b>Cuadro 8.</b>	Flujo de caja – implementación del prototipo .....	47
<b>Cuadro 9.</b>	Inflación 2022 al 2026.....	49
<b>Cuadro 10.</b>	Cuadro de mantenimiento – Escenario pesimista.....	51
<b>Cuadro 11.</b>	Flujo de caja – Escenario pesimista .....	52
<b>Cuadro 12.</b>	Cuadro de mantenimiento – Escenario optimista .....	53
<b>Cuadro 13.</b>	Flujo de caja – Escenario optimista.....	54
<b>Cuadro 14.</b>	Cuadro de mantenimiento – Escenario probable.....	55
<b>Cuadro 15.</b>	Flujo de caja – Escenario probable. ....	55
<b>Cuadro 16.</b>	AMEF.....	57
<b>Cuadro 17.</b>	Consumo de agua proyectada del mes de junio.....	58
<b>Cuadro 18.</b>	Ahorro de agua proyectada del mes de junio. ....	61

## **INTRODUCCIÓN**

En el presente trabajo se toma en cuenta la importancia del ahorro del agua al ser un suministro muy valioso en el mundo, Lima no es ajeno a ello pues este recurso es de difícil acceso para todos los ciudadanos. De otro lado, las industrias también demandan de este precioso líquido elemento, entre ellos la industria láctea que en promedio consume el 22% del agua disponible. En esa misma línea, el presente caso de estudio busca ahorro en el consumo de agua del proceso de refrigeración del homogeneizador de modo que pueda ser reutilizado en nuevos proyectos o en otros equipos que hacen uso intensivo de este recurso, como también colaborar con el medio ambiente bajo un pensamiento ecológico.

Aunado a lo anterior, el objetivo de la presente investigación es diseñar un prototipo de un sistema de recuperación de agua apoyados en la norma ANSI para reducir el consumo de agua del proceso de elaboración de leche en Gloria S.A., específicamente en el sistema de refrigeración del homogeneizador Tetra Alex 400. Adicionalmente, se busca establecer el escenario real del consumo de agua en el desarrollo de fabricación de leche, identificando sus principales razones, también se busca analizar e identificar normas ANSI específicas para diseñar un prototipo que ayude a disminuir el empleo de agua en la

elaboración de leche y por último se evalúa el impacto económico del prototipo de diseño para la reducción del consumo de agua, al identificar la viabilidad del prototipo propuesto.

Para la investigación, se revisaron estudios realizados en países como Costa Rica y Ecuador relacionados con la reducción del consumo de agua en la industria láctea, al reutilizar el agua usada en el proceso de homogeneizar los lácteos. Asimismo, se consultó trabajos de Latinoamérica y de Nueva Zelanda de especialistas relacionados con la industria láctea y se complementó con los manuales de los fabricantes de probada trayectoria y uso habitual dentro de la planta. Basado en dichas revisiones, se presenta como novedad un prototipo considerando, la utilización de tanques elevados para reducir el uso de motores que bombeen constantemente el agua, así mismo, se propone un ciclo de renovación del agua que coincida con el ciclo de limpieza CIP (lavado en sitio).

## **CAPÍTULO 1**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Planteamiento y formulación del problema**

Actualmente el consumo de agua a nivel mundial ha aumentado considerablemente, debido al cambio climático, el incremento de población y la demanda en la industrialización están acabando con los recursos hídricos de abastecimiento, tal como es caso del sector lácteo que en promedio consume el 22% del uso total del agua en el mundo para su proceso (Hoekstra & Mekonnen, 2012).

En América Latina el recurso hídrico llega a ser una de las preocupaciones más importantes en todos los países, ya que el aprovechamiento de los mayores recursos de abastecimiento esta dado en las zonas céntricas de cada país dejando de lado zonas periféricas.

En el Perú la industria de alimentos la calidad de agua es muy exigente de las cuales se puede mencionar industrias de lácteos, bebidas etc. Por ello, el aprovechamiento de este recurso hídrico debe considerarse muy importante, por la presencia de una enorme escasez de agua (Villena, 1995) (Lazo Pinto & Vilca Gutiérrez, 2020). Aumentando la preocupación por la calidad de este recurso a los diferentes consumidores de este como la población, agricultura y la industrialización.

En el sector lácteo, la empresa Gloria S.A. depende del uso y la reutilización del agua para sus procesos que involucran la elaboración de la leche, por tal motivo, la empresa

trata de aprovechar el agua residual del sistema de enfriamiento del homogeneizador del “sistema de elaboración 02” que actualmente consume aproximadamente 500 m<sup>3</sup> al mes, cuando en la industria láctea el promedio es de 70 m<sup>3</sup> al mes. Por ello, se plantea la pregunta de estudio:

¿De qué modo el diseño de un prototipo reducirá el consumo de agua del proceso de elaboración de leche en Gloria S.A.?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

- Diseñar un prototipo de un sistema de recuperación de agua basado en la norma ANSI para reducir el consumo de agua del proceso de elaboración de leche en Gloria S.A.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Establecer el escenario real del consumo de agua en el desarrollo de fabricación de leche en Gloria S.A, identificando sus principales razones.
- Analizar norma ANSI para diseñar un prototipo que ayude a disminuir el empleo de agua en la elaboración de leche.
- Evaluar el impacto económico del prototipo de diseño para la reducción del consumo de agua.

### **1.2.3. Alcance**

- El alcance del presente trabajo se delimito al Homogeneizador Tetra Alex 400 ubicado en el sistema de elaboración 02 que pertenece al proceso de Condenseria, esta elección tomo como referencias los siguientes criterios: contar con espacio para albergar el prototipo, ser un equipo con un alto tiempo de operación, también se tomó en cuenta que el equipo no procesará productos diferentes entre sí y no cuenten con características especiales.

### 1.3. Justificación e importancia

El sector industrial a nivel mundial utiliza una media del 20% del agua dulce disponible (Navarro-Ramírez et al., 2020). En la industria, la prioridad es maximizar la producción en lugar de la eficiencia y conservación del agua, esto es debido a que la reutilización del agua usualmente tiene una tasa de rendimiento a largo plazo, desmotivando a las empresas a invertir en esto.

El consumo del agua en el proceso de enfriamiento del homogeneizador es aproximadamente 500 m<sup>3</sup> mensuales que sumado alto costo en el que se incurre al tratar el agua mediante el proceso de osmosis inversa cuyo valor aproximado es de S/ 5.00 por m<sup>3</sup> al que habrá que agregar el costo de tratar del agua en la planta de efluentes que es de S/ 7.00 por m<sup>3</sup>, llevando a concientizar sobre su uso, por ello la finalidad del presente trabajo es el desarrollo del diseño de un prototipo para la reutilización en un circuito cerrado de recolección y abastecimiento de agua como líquido refrigerante, el que generara beneficios como la reducción de costos, reprocesos y contaminación de este líquido, además este prototipo se incluirá en el plan de inspección y mantenimiento programado del homogeneizador Tetra Alex 400. Así mismo mediante la revisión literaria se escoge la norma de diseño industrial adecuada antes detallado.

## **CAPÍTULO 2**

### **ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Estado del arte**

Diferentes autores coinciden que el proceso de homogenización de la leche no afecta su valor nutricional, viéndose no afectado el contenido de vitamina C y antioxidantes de la leche después de haber sido sometido a este proceso. Adicionalmente la capacidad de asimilación de los contenidos de grasas saludables y ácidos grasos no se ven negativamente afectados (Sharabi et al., 2018; Van Hekken et al., 2017).

Se encuentra coincidencias en los estudios publicados sobre la reutilización del agua usada en la industria láctea donde resaltan que hasta los gobiernos incentivan esta práctica, ya que la consideran de vital importancia pues las aguas desechadas sin tratamiento producen la eutrofización del suelo y las aguas, sumada al incremento en la demanda y por ende la necesidad de más recursos, debido a que el tratar las aguas servidas de la industria láctea tiene un elevado costo, por ejemplo en España tiene un costo entre 64–3374 US\$ por metro cubico de efluente, lo cual es a su vez una importante oportunidad de ahorro para las empresas (Y. Wang & Serventi, 2019; Yan & Holden, 2019).

Los autores coinciden en la importancia de la adecuada desinfección de los componentes que son empleados en productos lácteos, debido a que este producto favorece el crecimiento bacteriano y esto puede llegar a brotes que afectan al ser humano causando no solo enfermedades sino hasta la muerte. Recomiendan que cada

instalación de procesamiento debe verificar la efectividad de su programa de limpieza y saneamiento a través de análisis microbianos diarios tanto del producto como de los diferentes equipos y áreas. Ejemplos de especificaciones de diseño actuales utilizadas en la industria de lácteos en general incluyen las establecidas por 3-A (3-A Sanitary Standards, 2021) y NSF International (NSF International, 2021) esto en los Estados Unidos, así como especificaciones afines de otros países o regiones, como las publicadas por el (EHEDG) (European Hygienic Equipment Design Group, 2021). A medida que la oferta de productos lácteos sigue creciendo en el comercio mundial, aumenta la necesidad de asegurar la salubridad y la excelencia de dichos alimentos. Un componente crítico para garantizar los estándares de seguridad y calidad es adoptar y hacer cumplir estas especificaciones existentes (Marriott et al., 2018; Rankin et al., 2017).

Los autores coinciden en que la forma de medir la contaminación del agua usada en la industria láctea es mediante indicadores como el de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) (Murcia et al., 2018), debido a que el aumento en estos indicadores afectaría negativamente la vida acuática, interfiriendo con las especies que se encuentran en esta. Esto puede llevar a los afluentes donde se vierten estas aguas pasen por un proceso de eutrofización (Y. Wang & Serventi, 2019). Con esto la proliferación de las algas u otras plantas verdes provocarían un oscurecimiento del agua dificultando que la luz logre llegar hasta el interior del ecosistema y esto causa que la vegetación no pueda realizar la fotosíntesis y muera. Dando la oportunidad a que microorganismos como bacterias que al proliferar consumen el oxígeno que necesita los peces y demás fauna, además favorece la proliferación de algas tóxicas y microorganismos patógenos (Carrera, Karen & Paucar Freddy, 2018; Molina Andrade, 2015).

El presente trabajo toma en cuenta a (Núñez Corella, 2013; Sáenz-Roldan, 2013) quienes refieren como criterios para definir la viabilidad de reusar el agua al tomar en cuenta si realmente es física o materialmente posible llevarlo a cabo, también su impacto económico al valorar si un proyecto es beneficioso contrapuesto con el gasto que demandara poner en funcionamiento, además, también será importante evaluar si existen alguna restricción legal para realizar la ejecución y el continuo funcionamiento de este proyecto, incluso este proceso permitirá a la empresa destacarse como una más ecológica al optimizar el uso de este recurso.

Se observa que los autores coinciden en que el agua usada en estos tipos de procesos debe ser sometida a procesos físico – químicos, con esto se buscara eliminar la presencia de solidos nocivos, aunque no tiene una presencia elevada por la naturaleza del proceso se puede encontrar tales como pedazos de plásticos, papel aluminio, cartón, etc., separación de sólidos finos que están entre los 0.5 y 3 milímetros que pueden resto de queso, cuajada, etc., y gracias a que en la actualidad se cuenta con nuevas tecnologías las cuales permiten que se puede retirar los contaminantes del agua, grasas, solidos suspendidos y corregir el pH hasta alcanzar valores que estén permitidos no solo por la legislación local sino además sean saludables (González Lancheros, 2010; Luque et al., 2018).

Se tomaron en cuenta estudios que encuentran que las biopelículas, que son comunidades de microorganismos que viven en las superficies, son omnipresentes en entornos naturales, industriales y clínicos (Bhardwaj et al., 2021). En las plantas de fabricación de productos lácteos, se cree que la presencia de biopelículas en las tuberías, alrededor de los sellos y en las superficies de contacto del producto en los equipos de procesamiento, como los pasteurizadores y evaporadores, siendo una importante fuente de contaminación del producto. La formación de biopelículas se está volviendo más problemática a medida que las plantas de procesamiento aumentan en

complejidad, proporcionando más nichos para el crecimiento microbiano y a medida que se alargan los tiempos de ejecución de la fabricación, lo que permite más tiempo para el crecimiento celular. La contaminación generada por la presencia de las biopelículas aumenta la carga microbiana además de potencialmente reducir la seguridad y la idoneidad de los productos lácteos. Minimizar el crecimiento de biopelículas es, por lo tanto, un desafío cada vez mayor para los fabricantes de lácteos. Para su mitigación se tendrá en consideración procesos de desinfección adecuados y se usaran tuberías, bombas, contenedores de grado alimenticio para garantizar la inocuidad del agua usada como refrigerante (Flint et al., 2020).

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. La leche**

Un sustento indispensable y esencial para el consumo humano y especies como son los mamíferos, por la variedad de propiedades que contiene que ayudan al desarrollo y alimentación a partir de su nacimiento. Por lo cual cada tipo de leche es diferente dependiendo de su composición y varían, a la especie que lo va a consumir.

Las propiedades más resaltantes de la leche son su cambio, modificación y dificultad. Por ello si se habla de cambio del punto de vista de composición, se puede mencionar diferentes tipos de leche debido a la variedad entre especies según el lugar de procedencia (González Cu. et al., 2010).

Como son las diferentes especies de mamíferos que existen incluidos los seres humanos que desde su nacimiento necesitan de este líquido vital para su existencia. Siendo cada tipo de leche con características y propiedades particulares que ayudan al desarrollo de los consumidores por lo cual se puede mencionar algunas especies como la vaca, cabra, oveja y búfalo los cuales su consumo se remonta hace miles de años. Y en el presente también

son muy utilizados, en grandes cantidades por lo que ya son industrializadas. En la actualidad se está viendo mucho el consumo de leches procedentes de vegetales, tales como son el de soya como un líquido blanco y cremoso que está sustituyendo en el consumo de la leche de vaca. Que han ayudado a mejorar las propiedades y características que necesita el ser humano para su consumo y así provechar el alcance del valor nutricional que contiene.

### **2.2.2. Industria láctea**

La industria de elaboración de leche y derivados lácteos, como son el yogurt, la mantequilla y quesos. Sus procesos son muy controlados ya que aplican parámetros de calidad estandarizados según normas internacionales con respecto a su composición y estabilidad después de su envasado.

En el presente el usuario goza de productos lácteos con un tiempo de vida largo por los componentes e ingredientes añadidos en su proceso. Apoyado por la tecnología de punta destinadas en la elaboración de lácteos (Vega y León et al., 2006).

El mercado lácteo hoy está muy desarrollado tecnológicamente por la inversión aplicada en el área de innovación de:

- Extracción de la leche.
- Transporte.
- Almacenamiento.
- Procesamiento.
- Envasado.
- Esterilizado.
- Embalado como producto terminado.

Destacando los esfuerzos de innovación en preservar el mayor tiempo de vida de la leche como un producto confiable y este llegue a diferentes partes sin afectar su composición para el consumo humano, los cuales son controlados con tal precisión mediante indicadores de alta tecnología que da la confiabilidad de un producto altamente saludable.

- **Proceso de leche fresca**

Desde su ingreso como materia prima (leche fresca) que son almacenadas en camiones cisterna acondicionadas a mantener la leche a una temperatura de 4 a 6°C, las cuales son extraídas mediante bombas centrifugas (equipos que tienen la particularidad de no maltratar la leche en su traslado de un lugar a otro), y almacenadas en tanques verticales forradas alrededor para mantener la temperatura de conservación.

Considerada leche fresca almacenada pasa por un proceso de calentamiento lentamente aproximadamente 65 a 70 °C, para ser desbacterizado la cual ayuda a quitar las bacterias o sustancias que puedan disminuir la calidad de este y en su proceso la leche pasa por la etapa de enfriamiento para volver a ser almacenada en tanques listos para su proceso de evaporación.

- **Evaporación**

El traslado de los tanques de almacenamiento (TLF), mediante bombas centrifuga de envió de leche fresca, pasan por un evaporador de 3 efectos los cuales tienen la capacidad de extraer el agua mediante el calor suministrado por vapor de agua a 70°C, con la particularidad de que el proceso es cerrado la cual se extrae el aire de las cámaras mediante el vacío originado por bombas de anillo líquido y así aumente la temperatura a menor presión.

- **Almacenamiento**

Luego de salir de etapa de evaporación la leche pasa hacer enfriado mediante intercambiadores de placas, las cuales son separados producto y glicol (líquido que ayuda

a enfriar) a una temperatura de 4 a 6 °C y es almacenado en tanques acondicionados para mantener su temperatura, y continua agitación mediante agitadores de paletas instalados internamente listos para su envasado.

Por ello, se puede mencionar a la soya como una leche industrializa por todo el proceso que pasa desde su cultivo, cosecha y almacenamiento siendo un factor muy importante el clima para su desarrollo y así mejorar la calidad del producto, para luego ingresar a plantas de tratamientos de granos, y dar paso a todo el proceso de elaboración mejorando su composición y calidad nutritiva para su consumo. En la actualidad está siendo muy bien aceptado por el consumidor como un sustituto de diferentes leches comercializadas.

### **2.2.3. El homogeneizador**

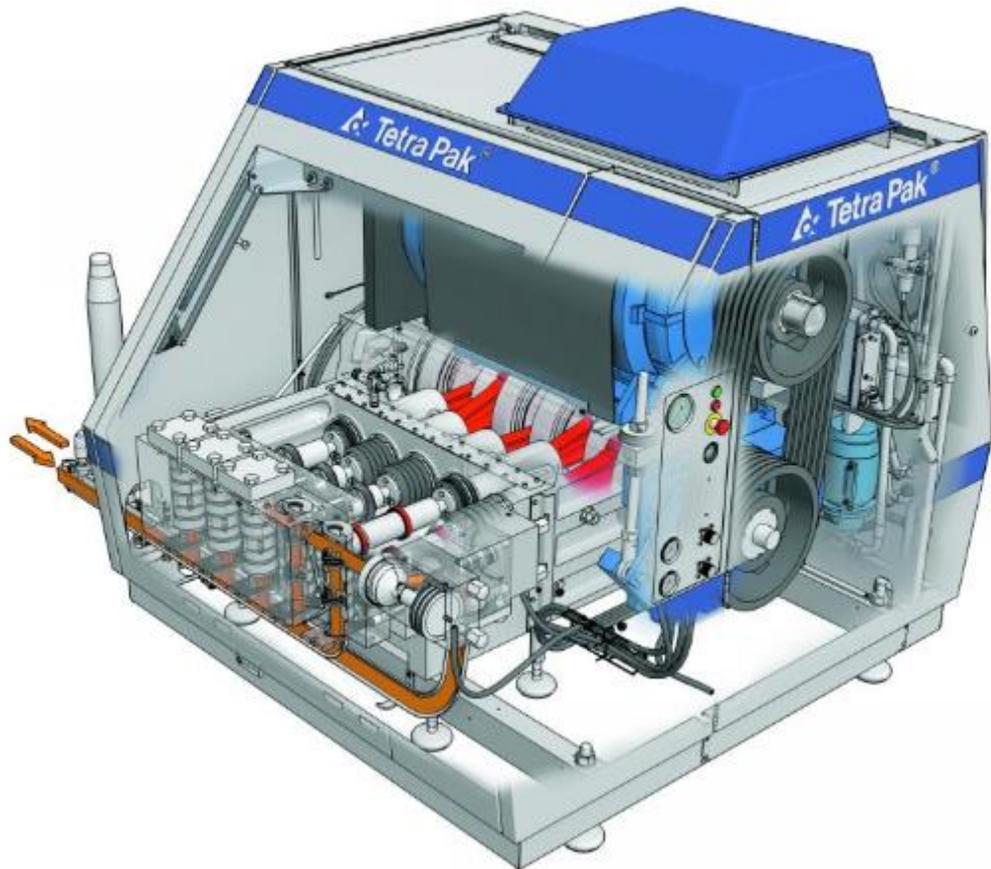
En la industria láctea en el proceso de tratamiento y transporte de leche son muy importantes aquellas máquinas que cumplen estas funciones, ya que existen una gran variedad de acuerdo con su utilización y desempeño para la cual se mencionara a los homogeneizadores (Figura 1).

Llamadas también bombas de embolo rotatorio. Es una bomba hidráulica que genera movimiento gracias al pistón y son empleadas para mover fluidos a alta presión o de elevada viscosidad o densidad (Rosado Hoyo & Rosado Hoyo, 2013).

Su construcción de estos equipos tienen la función de succionar y expulsar el producto la cual es retenido mediante válvulas instaladas de apertura y cierre (check), en un movimiento de ida y vuelta para ser trasladadas a dispositivos llamados cabezales de homogenización los cuales son de construcción manual, hidráulica y neumáticas estas últimas muy utilizadas en procesos alimenticios, que ayudan a la mezcla de los aditivos incorporados en el proceso de leche mediante la implosión de moléculas por las diferencias de presiones de trabajo reguladas en cada etapa considerando la calidad del producto. En este proceso permite resaltar la importancia de succión y descarga de leche que se encuentra a una temperatura entre 70 a 75 °C, mediante los pistones que hacen

un movimiento lineal creando fricción entre las empaquetaduras de sellado de cámaras cuya función es la separación de producto y refrigerante, las cuales son enfriadas mediante un sistema de alimentación de agua blanda independiente que trabaja por inundación, y el rebose es dirigido a un colector.

**Figura 1** Perspectiva interna Tetra Alex 400.



*Nota.* Adecuado del manual procesos lácteos Tetra Pak.

#### **2.2.4. Agua de proceso**

El agua es un líquido importante en la industria láctea, para su desarrollo para lo cual el abastecimiento es prioridad.

Diariamente en las industrias lácteas, se consume elevados volúmenes de agua. Dichas cantidades son consumidas en su proceso productivos, pero mayormente son destinadas a mantener las condiciones sanitarias e higiénicas, es decir las operaciones de limpieza y desinfección (Poggio Ruiz, 2013).

La importancia del agua como recurso hídrico en las plantas de procesos alimenticios juega un rol relevante en la calidad de este, por ello desde su estado natural ya se encontrado en el subsuelo, ríos y lluvia su extracción dependiendo de su empleo contiene solidos e impurezas que tienen que ser tratados en diferentes procesos (extracción de estos últimos), para poder ser empleados en procesos de elaboración, generación de vapor, frio y limpieza en la industria láctea, para lo cual se están implementando muchos procesos de reutilización de este líquido vital por su sobreexplotación buscando aprovechar al máximo su utilización, dependiendo de la calidad y el proceso donde va hacer usado.

#### **2.2.5. Métodos de tratamiento**

Los procedimientos a que el agua está sometido varían dependiendo de su utilización ya que existen varios en la industria y se tiene que diferenciar los tipos de obtención de este en su estado natural (ya se han aguas superficiales o subterráneas), siendo utilizados en diferentes procesos industriales de elaboración.

Por ello, la importancia de la extracción del agua del subsuelo mediante bombas y el almacenamiento en tanques que estén conectados mediante tuberías a los diferentes procesos que se va a utilizar dependiendo de calidad de este.

Para el tema de reutilización se mencionará el método de tratamiento de filtrado por membranas las cuales están consideradas por tubos revestidos por polímeros y demás materiales como laminas, las cuales dependiendo de la calidad del agua a generar será más fino su pase de retención o eliminación de sustancias, considerando lo anterior, los tipos de métodos de tratamiento habituales son:

- Osmosis inversa.
- Nanofiltración.
- Ultrafiltración.

De las cuales se desarrollará la osmosis inversa, por ser la más utilizada:

- **Osmosis inversa**

En la actualidad uno de los tratamientos de agua más utilizados, es el filtrado de membranas por ósmosis inversa (Figura 2).

El agua pasa a través de una membrana mientras que los minerales disueltos y otros solidos se rechazan en el retenido. Recuperar el agua de las corrientes residuales y desalinizar agua de mar o agua salobre para beber y el riego. Las ósmosis inversa se usa para generar agua desionizada para la alimentación de calderas, esto es para evitar la formación de depósitos de minerales (Sinnott & Towler, 2012).

En una planta de osmosis inversa mejora la calidad del agua, sin eso el agua dura que se obtiene de la extracción de subsuelo pasaría a formar capas de minerales en los procesos, sistemas, equipos y elementos de transporte de fluidos en los que se utilice generando con el tiempo obstrucción y reducción de su capacidad.

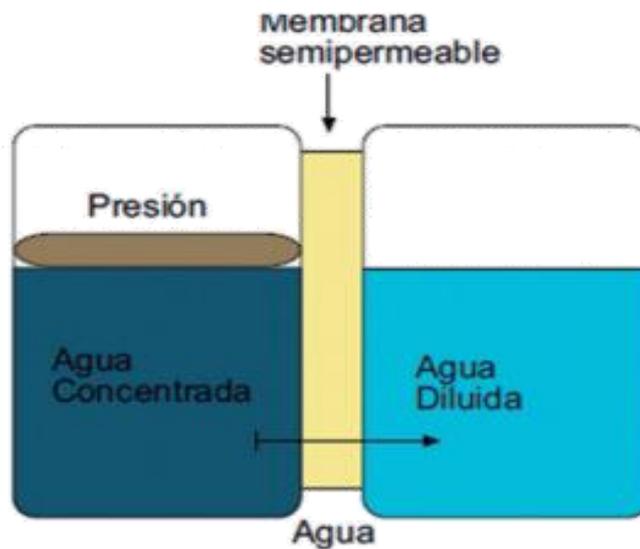
La instalación de un proceso de osmosis inversa en estos tiempos es muy utilizada por la demanda industrial en la calidad de agua a esto conlleva:

- Facilidad de mantenimiento.
- Montaje y desmontaje de membranas.
- Bajo costo.

El proceso tiene como principal componente las membranas (filtros), las cuales son retenidos por la presión de bombas verticales de alta capacidad las cuales hacen la función de enviar y hacer pasar el agua tratada a través de estas membranas colocadas una a continuación de la otra, para su mejor retención de sólidos y entrega de agua según requerimientos establecidos por los consumidores.

Siendo los parámetros más importantes para tomar en cuenta son la dureza que tiene que estar en un rango de 170 - 190 ppm y un pH neutro (7) estos parámetros son regulados por DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental - Ministerio de Salud Lima, 2011). Este monitoreo constante del agua y del sistema de abastecimiento es importante pues está destinado para el consumo humano.

**Figura 2** Proceso ósmosis inversa.



*Nota.* Extraído del libro plantas desoladoras y nuevas tecnologías

### **2.2.6. Norma de diseño industrial.**

Las normas son aquellos documentos destinados para uniformizar los conocimientos al realizar una actividad desarrollada en diferentes campos de la industria la cual debe reunir condiciones a realizar tanto en materiales, manufactura y procedimientos. Donde las estrategias de desarrollo de resultados del inicio de trabajos para poder tener datos que ayuden a mejorar nuestro proceso en un tiempo determinado, realizando pruebas y mejoras cada vez más resaltantes para nuestro interés.

Existen muchas normas que ayudan a desarrollar diferentes actividades, para este caso de diseño de un prototipo de reutilización de agua, se utilizará las **normas ANSI** ya que es la que mejor se adapta al ambiente de trabajo.

#### **2.2.6.1. Norma ANSI**

Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (**ANSI**), es aquel que establece normas y el uso de estándares para el desarrollo de actividades y productos las cuales su compatibilidad pueda ser empleada acorde a otros fabricantes que empleen sus mismos términos y definiciones (Sennewald & Baillie, 2021).

En el diseño se empleara bombas normalizadas con **ANSI B73.1** (Moran, 2017) las cuales se aplican en un panorama mayor en el sector industrial por sus estándares y su diseño mecánico que confirman una mayor eficiencia en trabajo y facilidad en el intercambio de componentes con otros fabricantes.

Se considera la norma **ANSI / ASME B16.5** (Singh, 2017) para bridas, tubería y accesorios las cuales están establecidas en plantas relacionadas en procesamientos de productos. Por sus diferentes espesores de pared que facilitan las uniones entre tuberías.

Se menciona la norma **ANSI Z244.1-2003** (Poisson et al., 2016) la cual menciona métodos alternos de bloqueo-etiquetado, sobre las prácticas en intervenciones de energía eléctrica y el uso de métodos alternos de ponderación de riesgos en trabajos de intervención de

equipos energizados. La seguridad en las actividades de instalación y mantenimiento de los equipos.

### **2.2.7. Bombas rotodinámicas**

La utilización de esta clase de bombas es usualmente aplicada en lo que es transporte de fluidos especialmente el agua por su capacidad de desplazamiento y comportamiento sobre este. Cuyas características dependen de la posición del eje de accionamiento, número de álabes, etc. Por lo cual están clasificadas en:

- Bombas centrifugas.
- Bombas axiales.
- Bombas de flujo mixto.

De las cuales se desarrollará las bombas centrifugas, por su facilidad y manipulación en los procesos.

#### **2.2.7.1. Bombas centrifuga**

Las bombas centrifugas son muy utilizadas en las industrias de procesos de fluidos para lo cual el funcionamiento de esta máquina está dado por:

El fluido entra por el centro del rodete, atraído por la depresión que genera al girar, y es arrastrado por los álabes en dirección radial, de forma que a la salida el movimiento del fluido tiene componentes radial y transversal, pero no axial. Entre los álabes y las paredes internas lateral del rotor de diseños de rodete cerrado, o entre una de estas y la carcasa de la máquina si el rodete es abierto, se forma un canal por donde circula la corriente en la cual el fluido experimenta cambios en su velocidad y en su presión (Heras, 2011).

La necesidad de poder transportar fluidos de un lugar a otro ha llevado poder emplear diferentes equipos que evaluarán criterios como: la viscosidad del líquido, el lugar

necesario a alcanzar, la altura, velocidad, flujo, distancia y facilidad de poder maniobrar. Por ello, la utilización de bombas centrífugas, ya sea de impulsor cerrado o abierto que dependen del fluido a transportar, son las más empleadas en las industrias de alimentos, refinerías, tratamiento de agua, etc. Donde las curvas del fabricante de bombas es una guía muy importante para sacar la mayor eficiencia a la bomba dentro del proceso de trabajo.

#### **2.2.7.2. Bombeo de líquidos**

La condición del fluido en procesos según su aplicación está basada en la viscosidad (propiedad que tiene los fluidos de oponerse al desplazamiento), para lo cual los valores establecidos para cada fluido en caudal, altura y rendimiento de trabajo de las bombas según las pruebas establecidos por cada fabricante pueden ser modificados en función de las curvas de rendimiento de las bombas, que están dadas con una viscosidad de 1 CPS (centipoise) y con una temperatura de 21°C.

Según el requerimiento del proceso estos pueden ser recalculados para obtener la mayor eficiencia de trabajo y poder seleccionar la bomba adecuada.

#### **2.2.7.3. Determinante capacidad de bombeo (NPSH)**

Para determinar la capacidad de bombeo es importante calcular el NPSH, que es altura de succión positiva neta y representa una de las características más relevantes que se utilizan en relación con las bombas. La importancia de este término en la operación de bombas está sujeto al buen funcionamiento dentro un proceso para el cual ha sido seleccionado teniendo como características de funcionamiento presión y caudal, estos datos están relacionados en la eficiencia de la bomba.

$NPSH_D$  es la medida de la caída de presión de un líquido entre la entrada de la bomba y el impulsor de la bomba. El NPSH se determina mediante pruebas que se realiza en fábrica.

El  $NPSH_R$  para la bomba se expresa como "pies de agua / m de agua" por el fabricante de la bomba (Barker, 2018).

En todo proceso de funcionamiento de bombas los puntos importantes para su eficiencia están considerados:

- $NPSH_D$  la cual tiene que sobrepasar la capacidad de la bomba para que no se quede sin fluido y este falle.
- $NPSH_R$  tiene que ser menor al disponible del sistema para garantizar la continuidad de abastecimiento de fluido en el proceso.

### **2.2.8. Acero inoxidable**

De los materiales ampliamente utilizados en las líneas de procesamiento de alimentos (superficies abiertas o cerradas), el acero inoxidable sigue siendo el material de elección, ya que no solo es resistente a la corrosión en soluciones alcalinas o ácidas, sino que también son extremadamente higiénicos. El acero inoxidable es una familia de aleaciones ferrosas que contienen menos del 1,2% de carbono y más del 10,5% de cromo y están protegidos por una capa superficial pasiva de óxidos e hidróxidos de cromo y hierro que los protege eficazmente de la corrosión. Por lo tanto, se recomienda que las superficies de acero inoxidable en contacto con alimentos sea tratado (usando ácido nítrico u otros agentes oxidantes fuertes) para mantener la película pasiva en la superficie y asegurar su eficiente resistencia a la corrosión (Faille & Carpentier, 2009).

La limpieza del acero inoxidable en los procesos de utilización de tanques, tuberías, bombas y equipos ayudan a mantener libres de bacterias en toda la parte interna donde no se pueda visualizar la suciedad.

### **2.2.9. Análisis de Modo y Efecto de Fallo**

El análisis del modo y efectos de fallas (AMEF) es una metodología de ingeniería ampliamente usado en el campo del análisis de seguridad y confiabilidad con la función de identificar y eliminar los modos de falla conocidos o potenciales del sistema, el diseño del producto y los procesos de fabricación antes de que se entreguen al cliente.

Para identificar los elementos de riesgo más graves y asignarles el tiempo y la energía limitados, es necesario evaluar y priorizar los modos de fallo. En el AMEF, los modos de fallo se evalúan generalmente en función de su gravedad (G), ocurrencia (O) y detectabilidad (D), y se asigna a cada uno de ellos un número comprendido entre 1 y 10, en el que 1 representa la menor calificación de riesgo y 10 la mayor, donde representa la mayor calificación de riesgo para cada uno de los tres factores de riesgo. (A. Z. Wang et al., 2018)

## **CAPÍTULO 3**

### **METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN**

#### **3.1. Tipo**

La búsqueda es aplicada, identificada en la aplicación de estudios y prácticas de diseño y selección de equipos de traslado de fluidos para procesos lácteos.

#### **3.2. Enfoque**

El enfoque mixto dado que para el diseño del prototipo que tiene finalidad la reutilización del agua ha sido importante los modelamientos matemáticos (cálculos numéricos) para determinar el tipo de bomba a usar, de otro lado, la observación es determinante al momento del diseño propio del prototipo.

#### **3.3. Nivel**

La importancia de la investigación, está relacionado con respecto al nivel explicativo por la determinación en la conexión motivo y resultado sobre el desarrollo de un prototipo de reutilización de agua apoyado en la norma ANSI para rebajar la utilización de agua en la elaboración de leche.

#### **3.4. Diseño**

El propósito de este estudio compete el diseño experimental – pre experimental de un prototipo de reutilización de agua en un circuito cerrado de alimentación, el cual será

evaluado por el consumo del agua en un determinado tiempo de trabajo. La cual será medido por la capacidad volumétrica del tanque acumulador de 0.48 m<sup>3</sup> (126.8 galones).

### **3.5. Método o aporte de investigación**

Nuestro trabajo se centra en el homogeneizador de leche Tetra Alex 400 ubicado en la planta de Gloria, para lo cual se ha planificado el desarrollo del prototipo basado en la metodología de "Desarrollo rápido de aplicaciones" establecido por Martin, J. (Martin, 1991) y que es adaptada por Paula Escalada (Escalada-Hernández et al., 2022) presentado las siguientes fases:

- Definición de requisitos
- Diseño y desarrollo del prototipo
- Pruebas: funcionalidad y viabilidad

La descripción de cada fase sigue el siguiente detalle:

#### **3.5.1. Definición de requisitos**

Se realizó las siguientes acciones:

- Contextualización del sistema de refrigeración.
- Recopilación de información del consumo actual del sistema de refrigeración.
- Recopilación de información del SAP modulo PM (horas de operación).
- Medir el caudal de agua de refrigeración del homogeneizador, mediante un caudalímetro.
- Medir temperatura del agua de refrigeración y la presión con la que ingresa al sistema.

### 3.5.2. Diseño y desarrollo del prototipo

Para el diseño y desarrollo del prototipo se evalúa lo siguiente:

- Se evalúa el tipo de norma adecuada mediante la ponderación de criterios como la unidad de medida, el alcance de estándar, simplicidad de implementación y rigurosidad.
- Se evalúa la norma con la que seleccionará los componentes.
  - Cálculo de curva de bomba a utilizar (manual del fabricante, modelo de bomba, pérdidas por fricción, accesorios de bomba).
  - Realización del diseño CAD.
  - Especificar materiales.
  - Criterios o requisitos de selección de personal capacitado

### 3.5.3. Pruebas: funcionalidad y viabilidad

Funcionalidad - Se determinará el consumo de agua del prototipo mediante el cálculo del volumen de agua que ingresa al sistema y las horas de operación, mediante el siguiente calculo:

$$\text{Número de horas de operación} \times \text{Volumen de agua por hora consumido} = \text{Consumo de agua del Homogeneizador} \quad (1)$$

Viabilidad – Se determinará la viabilidad del prototipo mediante el análisis económico, que se compone de las siguientes partes:

- Inversión Inicial – Se determinará el costo de los materiales y mano de obra.
- Análisis de escenarios

Análisis de Modo y Efecto de Fallo (AMEF) - Se propone para evitar o reducir las posibles fallas y tener un método documentado de prevención.

## CAPÍTULO 4

### DESARROLLO Y RESULTADOS DE LA SOLUCIÓN

#### 4.1. Desarrollo

##### 4.1.1. Definición de requisitos

Contextualización del sistema

La empresa Gloria elabora productos diversos, por lo cual se apoya en diferentes etapas de procesos la cual se muestra de forma global su desarrollo en la figura 3.

**Figura 3** Mapa de procesos.



*Nota.* Elaboración propia. Se trabajo en el proceso de Operativo específicamente en el subproceso de Producción.

La elaboración de leche está respaldada por diferentes procesos que están enlazados uno del otro, formando una cadena de respaldo en cada paso de las actividades de desarrollo del producto como:

- Procesos estratégicos

La cual desarrolla diferentes actividades que sirven como guía para el estudio de la situación actual del desenvolvimiento de la empresa, formulando estrategias como la visión y misión de cómo se va a lograr los objetivos trazados por la empresa.

- Proceso operativo

Considerada todas las actividades incluidas en los procesos de fabricación de leche desde la recepción, elaboración la cual está incluida el proceso de Condensaría hasta llegar al usuario final.

- Proceso de soporte

Las cuales están incluidas todas las áreas que ayudan a los procesos de elaboración de leche para que puedan desarrollarse sin ningún inconveniente en todas las actividades en las cuales se mencionaran para nuestro tema de estudio el área de ingeniería.

Se procede con la revisión del consumo de agua en la refrigeración de pistones, correspondiente a la etapa 2021, para esto se consultó el módulo PM del SAP (horómetros de trabajo), con los datos encontrados se procesa a continuación la información:

- Consumo de agua sistema de refrigeración.

Se efectúa registro de imágenes sobre lo siguiente:

**Cuadro 1.** Consumo de agua del mes de junio.



*Nota.* Cálculo en base a las horas de operación por día. Elaboración propia.

Como se conoce el volumen de agua consumido por el equipo por hora (0.9 m<sup>3</sup> /hora), al combinarlo con la información de las horas de operación, se logra determinar el consumo diario (Cuadro 1) lo que permite determinar que consume 421.2 m<sup>3</sup> de agua durante el mes de junio.

- Homogeneizador.

Se observa el homogeneizador Tetra Alex 400, del sistema 02 de elaboración de leche del proceso de Condenseria como un equipo establecido clase A (crítico) en su proceso de funcionamiento en el tratamiento de la leche, y por la capacidad de trabajar grandes cantidades de leche a presiones de homogenización de 2500 PSI (dependiendo el tipo de leche a procesar), figura 4.

**Figura 4** Homogeneizador Tetra Alex 400.



*Nota.* Sistema elaboración 02.

- Sistema de enfriamiento de pistones.

El recorrido del refrigerante (agua), es regulada a una presión de trabajo de aproximadamente 0.5 a 1 bar que es almacenada en un colector que abastece a todas las cámaras con una igualdad de presión y temperatura constante mediante mangueras flexibles conectadas por la parte inferior de las cámaras de pistones almacenando el agua para que el excedente pueda ser evacuada por la parte superior y direccionada a muestreadores que ayudan a monitorear la calidad de agua que fluye en cada uno, así proyectándose si se observa algún cambio de color, calidad o particularidad para la programación correspondiente del empaque o empaques que puedan estar empezándose a dañar en las figuras 5 y 6.

**Figura 5** Sistema de enfriamiento de pistones.



*Nota.* Lado frontal.

**Figura 6** Sistema de muestreo.



*Nota.* Colector de descarga, después de pasar por los pistones.

- Medir temperatura del agua y presión con la que ingresa al sistema de enfriamiento del Homogeneizador.

Para determinar la temperatura del agua usada en el enfriamiento del Homogeneizador se usó un termómetro digital Fluke, con el cual se obtuvo la siguiente lectura:

T: 22°C

Para determinar la presión del agua que ingresa al sistema de enfriamiento, se usó un manómetro en la tubería por la que ingresa el agua y la lectura obtenida es:

P: 7.06 PSI

Estos serán usados para determinar la altura que deberá tener el tanque superior de alimentación con la finalidad de que este reproduzca la misma presión de trabajo.

#### **4.1.2. Diseño y desarrollo del prototipo**

Se evalúa la norma adecuada, para lo cual se toma en cuenta las siguientes:

- ISO (International Organization for Standardization)
- EN (Comité Européen de Normalisation)
- ANSI (American National Standards Institute)

Históricamente, las normas ISO han tenido más impacto en Europa y Asia, mientras que las normas ANSI se observan ampliamente en los Estados Unidos y otras partes de América. Sin embargo, ha habido un cierto grado de convergencia a medida que los dos organismos de normalización se toman prestados unos de otros.

Los estándares ISO 5199 e ISO 2858 cubren el mismo tipo de bombas industriales que la norma ANSI B73.1. La antigua ISO 2858 se centró en las dimensiones externas y los detalles de montaje, mientras que la ISO 5199 también especifica una variedad de requisitos de rendimiento (por ejemplo, vida mínima del rodamiento) y características de construcción (por ejemplo, diseño general, configuraciones de sellos). En algunos aspectos

(por ejemplo, niveles máximos de vibración permitidos), la norma ISO 5199 es más estricta que ANSI B73.1.

En general, las bombas fabricadas para cumplir con la norma ISO 5199 cumplirán o superarán los requisitos de la norma ANSI B73.1 en términos de rendimiento, confiabilidad, facilidad de servicio y longevidad. Sin embargo, las bombas ISO 5199 no se pueden utilizar como sustitutos directos de las máquinas ANSI B73.1 sin algunas adaptaciones a las placas de montaje y los acoplamientos del motor. Esto se debe a que la disposición de los pernos de montaje, los diámetros del eje y las ubicaciones de las boquillas de entrada / descarga son diferentes, incluso para bombas de tamaño equivalente.

Para el caso de las normas EN que utilizan los milímetros como medida, esta se denomina "métrica", que se utiliza para tuberías plásticas, metálicas, ferrosas y de acero inoxidable, determina las dimensiones de las juntas. Además, las dimensiones de los accesorios soldados EN10253 deberían expresarse en centímetros o metros.

ANSI utiliza unidades imperiales. En particular, las especificaciones de ANSI con respecto a las dimensiones de las tuberías se denominan ASME (Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos).

ASME es una asociación profesional que desarrolló estándares de cálculo para el dimensionamiento de recipientes a presión, los cuales son considerados por las autoridades supervisoras como estándares de referencia. Las dimensiones de los accesorios sin costura ASME B16.9 y las bridas ANSI ASME B16.5 deben expresarse en pulgadas.

Por lo anterior, para efectos de la determinación de la norma adecuada que soporte el diseño de nuestro prototipo se evalúa en un cuadro donde se ponderaran las normas y se evaluara bajo los siguientes criterios:

- Unidad de medida: Se toma en consideración las unidades de medidas de los equipos usados en la planta y se compara con las usadas por la norma a evaluar.
- Alcance del estándar: Se evalúa los aspectos que cubre la norma.
- Simplicidad de implementación: Se evalúa la dificultad al momento de implementar, tomando en cuenta los estándares usados en la planta.
- Nivel de rigurosidad: Se evalúa cual norma es más estricta en aspectos como lo son tolerancias, niveles de vibración máximo permitidos, etc.

**Cuadro 2.** Ponderación de normas.

N°	Criterios	Importancia del criterio (1 al 10)	ISO		ANSI		EN	
			Impacto (1 al 10)	Impacto ponderado	Impacto (1 al 10)	Impacto ponderado	Impacto (1 al 10)	Impacto ponderado
1	Unidades de medidas	10	4	40	9	90	4	40
2	Alcance del estándar	4	9	36	5	20	7	28
3	Simplicidad de implementación	9	3	27	6	54	3	27
4	Nivel de rigurosidad	6	9	54	7	42	7	42
TOTAL				157		206		137

*Nota.* Desarrollo propio.

Basados en el cuadro 2 donde se pondera las diferentes normas, se opta por trabajar con la norma ANSI, se resalta el peso que tiene la unidad de medida al momento de tomar la decisión y la simplicidad de implementación que habla sobre las dificultades de poder implementar la norma evaluada en la planta.

Por otro lado, el agua después de ser utilizada en el sistema de refrigeración va directo a la planta de tratamiento de efluentes industriales de la empresa, no obstante, se evalúa reutilizar el líquido para disminuir el consumo. Con este propósito, se plantea el diseño de un prototipo para la reutilización de agua en tanques acumuladores. Para lograr este objetivo se propone utilizar el agua empleada en el sistema de refrigeración de pistones,

dentro de un circuito cerrado de alimentación, mediante la recolección del líquido empleado en las cámaras de enfriamiento.

Para determinar la altura a la que se colocara el tanque de alimentación, se hace uso de los datos obtenidos del sistema actual:

T: 22° C

P: 7.06 PSI

Donde se usa la siguiente fórmula para determinar la altura de la columna de agua:

$K_{22^{\circ} \text{ C agua}} \times P_{\text{PSI}} = \text{Metros de la columna de agua (2)}$

$0.708 \times 7.06 = 4.998 \approx 5 \text{ metros}$

La diferencia de altura entre el tanque alimentador y la entrada de agua de enfriamiento del Homogeneizador deberá ser de 5 metros.

Se toma en cuenta el espacio disponible al lado del Homogeneizador, que es de 2 m x 2 m con lo que se considera 2 tanques de forma rectangular (abiertos) con medidas de largo 1 x ancho 0.8 x alto 0.6 todo esto en unidad de metros y una bomba centrífuga, siendo el primero el tanque colector de almacenamiento de agua del sistema de enfriamiento del homogeneizador con capacidad de 0.48 m<sup>3</sup>, del cual solo se utilizará 0.46 m<sup>3</sup> (120 galones trabajo), tomando la precaución de no dejar vacío (sin agua) al tanque para que la bomba no aspire aire. El llenado de los tanques es controlado mediante sensores de nivel, los cuales ayudaran a que el agua no se desperdicie debido al sobre llenado, por seguridad se consideró la instalación de una tubería de rebose de agua. Esta agua almacenada es succionada mediante una bomba centrífuga (succión positiva) la cual es controlada por un sensor de nivel de trabajo alto del primer tanque, hacia el segundo tanque que cuenta con las mismas características de fabricación del primer tanque, el cual estará instalado a una altura de 20 pies, desde donde saldrá una línea de alimentación de agua (lugar donde

empieza el circuito) que alimentara al colector instalado en el homogeneizador con una presión de 8.47 psi (por diferencia de altura).

Todo este sistema de reutilización esta incorporados en módulos de estructuras utilizados por los fabricantes de procesos de elaboración de productos lácteos, por ser compactos y fácil en intervenciones de mantenimiento.

Para lo cual se procederá lo siguiente:

- Cálculo de curva de bomba a utilizar

Para poder seleccionar la bomba centrífuga adecuada a nuestra necesidad, se consulta el manual de curvas generales del fabricante **Fristam**, dentro de las diferentes curvas se ubicará el punto ideal de funcionamiento, que cumpla con los requerimientos deseados, que es la recuperación y reutilización del agua, con lo cual se seleccionara el modelo a utilizar.

Para el trazado de la guía del fabricante se utilizará los siguientes datos:

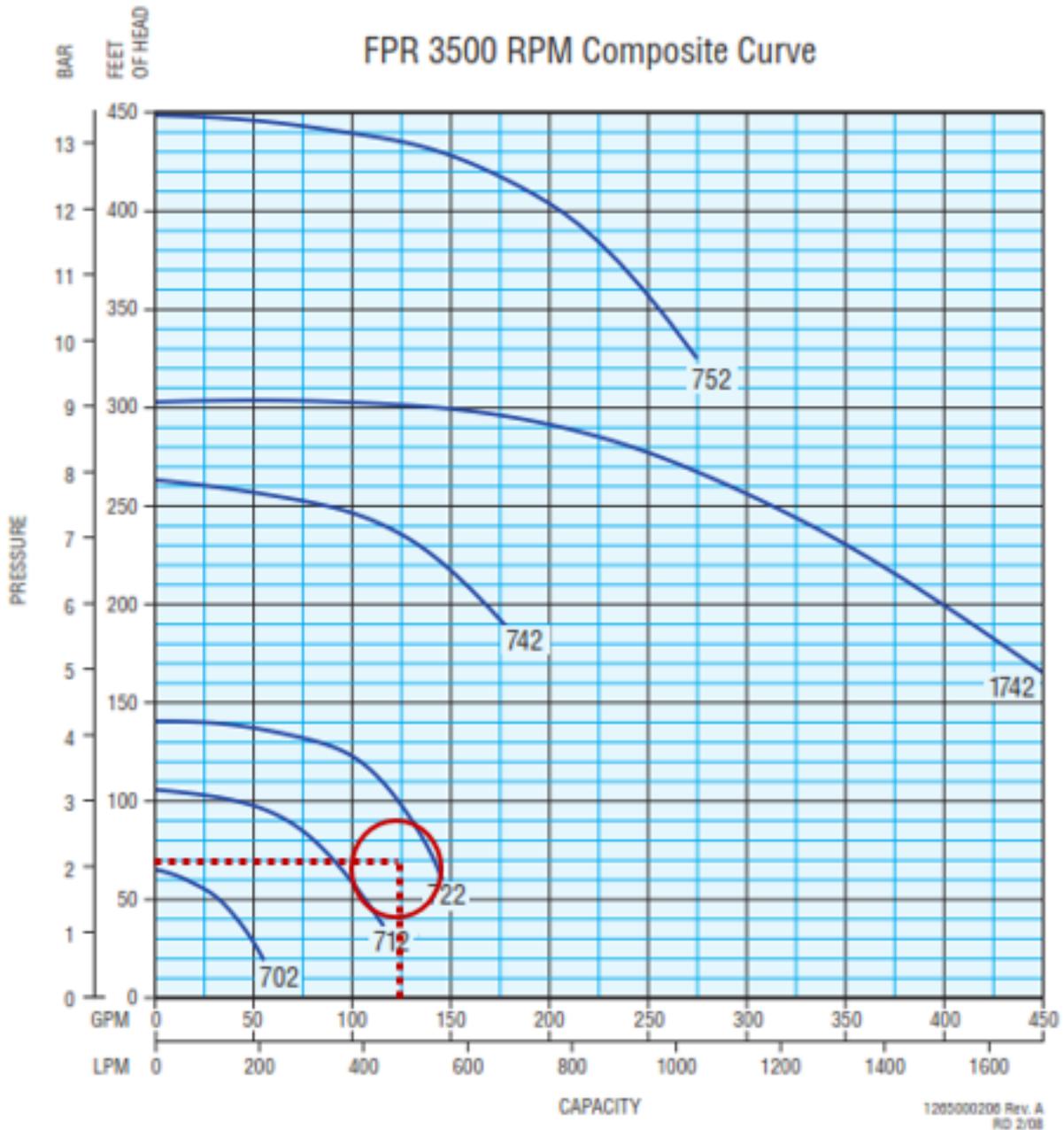
- Bombear 120 galones (cantidad de trabajo).
- 20 pies de altura.
- Temperatura 22 °C (agua).

Por lo cual, se consulta la guía rápida del fabricante para hallar el modelo de bomba, con los datos mencionados figura 7.

Figura 7 Guía rápida selección modelo.



### FPR Performance Curves Models: 3500 RPM (Composite A)



Nota. Manual Fristam (Fristam Pumps, 2014).

Luego de realizar nuestros trazos de selección como es la capacidad de caudal (GPM) 120 y altura (feet) 69.94, muestra que la bomba que se adecua a nuestros requerimientos es:

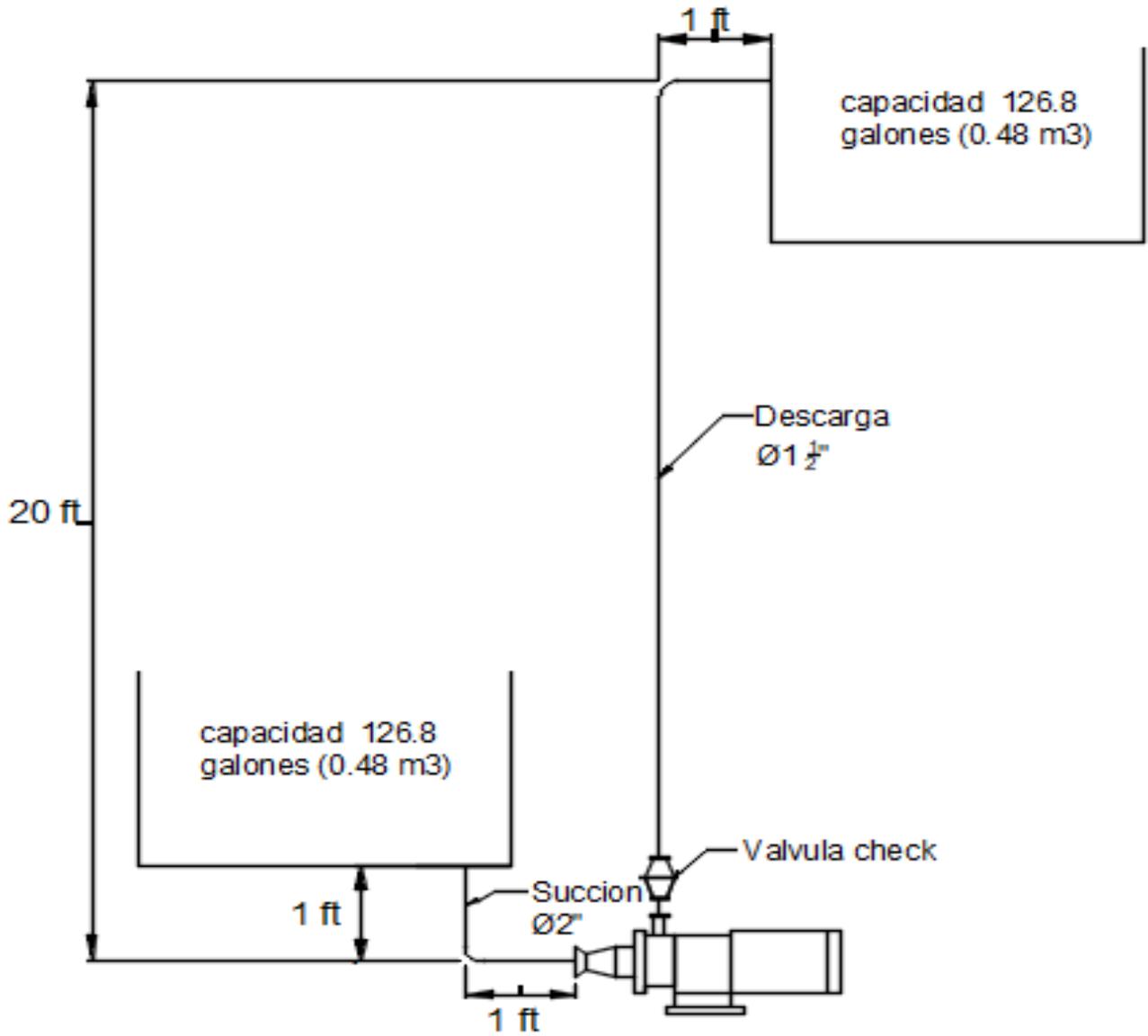
- **Fristam 722 (3500 RPM, inlet 2", outlet 1.5")**

Para lo cual se buscará la curva individual donde se ubicará los datos de trabajo para determinar el diámetro ideal del impulsor, y la potencia requerida del motor. Con las condiciones de instalación de:

- Bomba centrífuga debajo de tanque (succión positiva).
- Tanque acumulador abierto a 1 pie de la bomba.
- Válvula check antirretorno.
- Tanque alimentación abierto a 20 pies de altura de la bomba.
- Bombear 120 galones (agua).

En la figura 8, se aprecia el esquema de recuperación y reutilización de agua.

**Figura 8** Circuito reutilización de agua.



*Nota.* Elaboración propia.

- Desarrollo de solución:

1. Altura a bombear:

Altura total – altura de succión **(3)**.

20 - 1 = 19 pies **(4)**.

Para lo cual se considera un trabajo de **20 pies**.

2. Pérdida de fricción en tuberías:

(Altura de succión + longitud de succión + altura total + longitud de descarga) x  
const. Según diámetro de tubería **(5)**.

$$(1 + 1 + 20 + 1) \times 0.32 = \mathbf{7.36 (6)} \quad (0.32 \text{ const. Tubería 2"})$$

3. Pérdida de fricción por 3 codos:

Cantidad X constante diámetro de tubería **(7)**.

$$2 \times 2.64 = \mathbf{5.28 (8)} \quad (2.64 \text{ const. codo 2"}).$$

$$1 \times 0.2 = \mathbf{0.2 (9)} \quad (0.2 \text{ const. codo 1.5"}).$$

$$\mathbf{5.28 + 0.2 = 5.48}$$

4. Pérdida de fricción por válvula check:

Presión x constante **(10)**.

$$16.5 \times 2.31 = \mathbf{38.1 \text{ pies. (11)}}$$

5. Pérdida total:

Altura a bombear + Pérdida de fricción en tuberías + Pérdida de fricción por 3 codos  
+ Pérdida de fricción por válvula check **(12)**.

$$19 + 7.36 + 5.48 + 38.1 = \mathbf{69.94 \text{ pies (13)}}$$

**Ahora se hallará la NSPH Disponible:**

Altura de succión + longitud de succión x constante tubo 2" = + constante codo 2" **(14)**.

$$1 + 1 \times 0.32 = 0.64 + 0.2 = \mathbf{0.84 (15) (perdida de fricción)}.$$

Altura del líquido + presión atmosférica – pérdida de fricción – presión de vapor **(16)**.

$$1 + 33.9 - 0.84 - 2.31 = \mathbf{31.75 \text{ pies. (17)}}.$$

Con todos los cálculos desarrollados se obtiene los siguientes datos:

- Impulsor **130 mm**.
- Motor **7.5 HP**
- NSPH Requerido este dato se ubica en el trazo de líneas de la hoja de curva de la bomba donde marca **7 pies**.

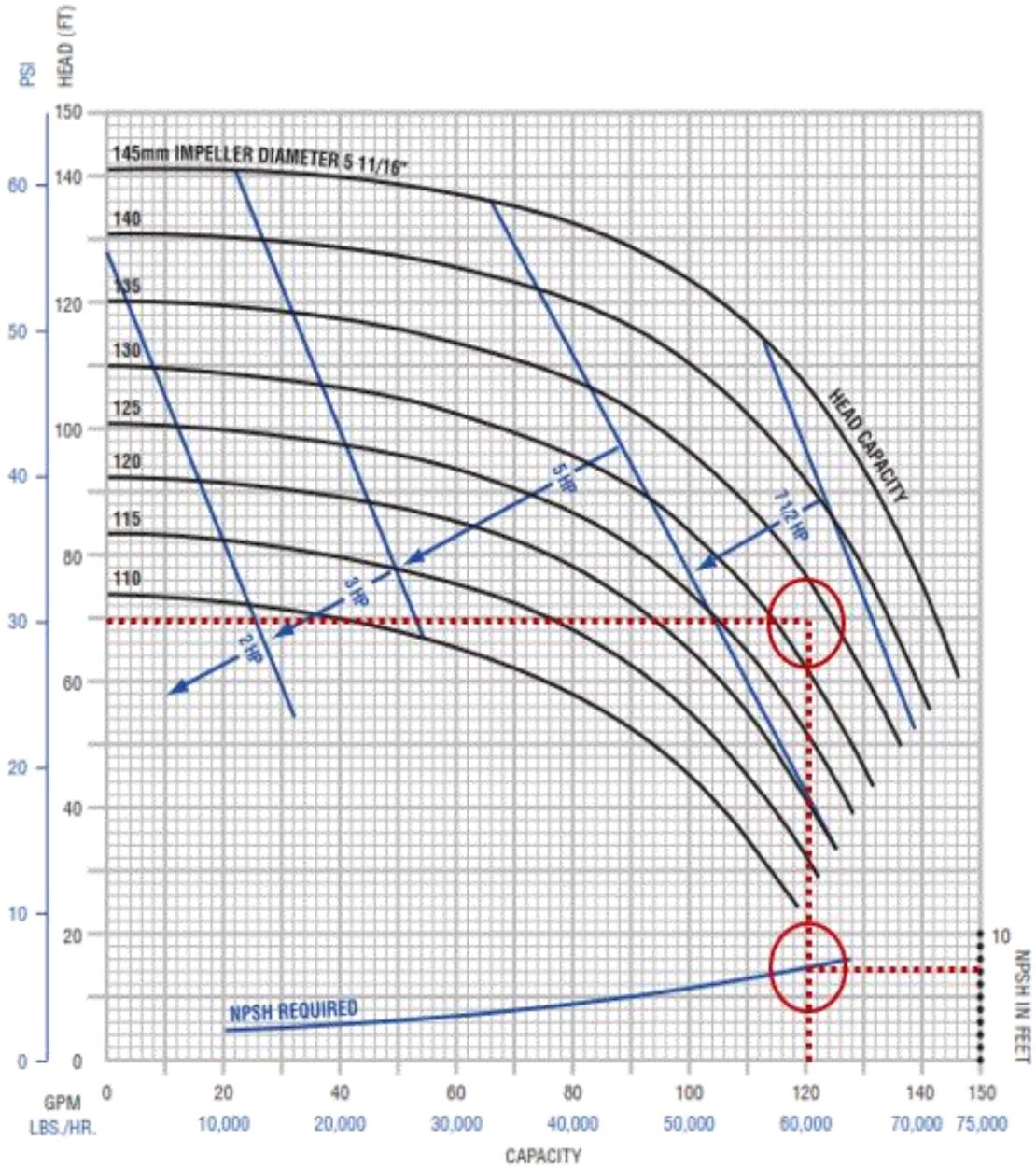
Por ello se llega a la conclusión de que el:

**NSPH Disponible > NSPH Requerido** y es favorable para el trabajo en el que se va a emplear. Desarrollada en la tabla de la bomba del fabricante figura 9.

Figura 9 Guía rápida selección accesorios.



**FP/FPX/FPR Performance Curves**  
**Model: 722 (3500 RPM, Inlet 2", Outlet 1.5")**



Nota. Manual Fristam (Fristam Pumps, 2014).

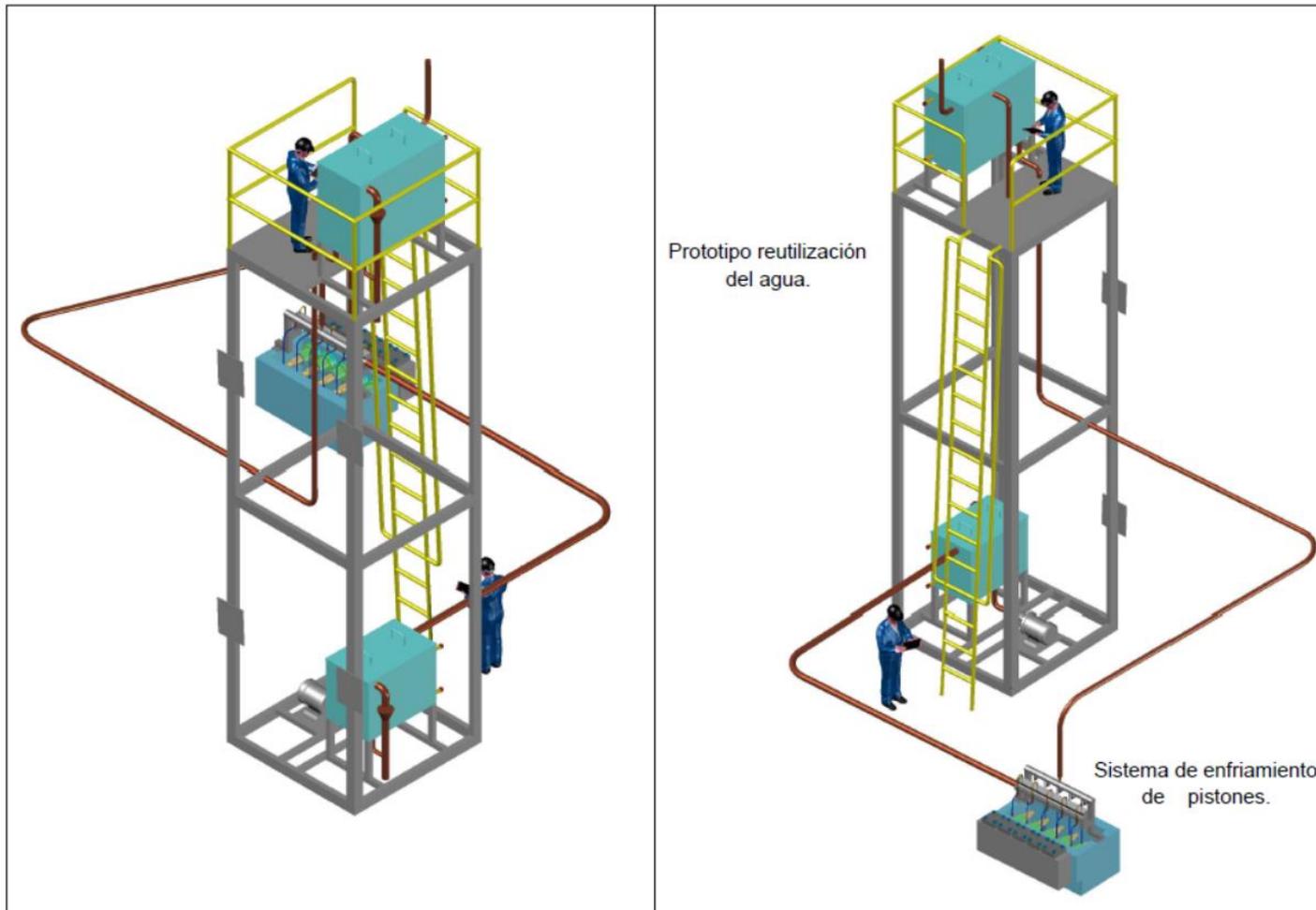
- Realización del diseño CAD.

Se realizó la toma medidas del área de trabajo del sistema de elaboración 02, para poder dimensionar los componentes y estructura que se va a instalar dando la facilidad para su operación, accesibilidad y mantenimiento donde el operador y el personal de mantenimiento puedan realizar sus actividades sin ninguna dificultad y sobre todo lo más cercano al homogeneizador para que los accesorios como:

- Tuberías de alimentación y descarga (**ANSI / ASME B16.5**).
- Tanques de recolección y alimentación.
- Base de soporte de bomba centrífuga (**ANSI B73.1**).
- Estructura de componentes.

Puedan unirse o acoplarse entre sí y sin ningún problema, todo proyectado mediante el software Autocad 2020, se aplicará las medidas tomadas de acuerdo al espacio destinado para la instalación, donde se instalara la estructura y componentes para la reutilización del agua, figura 10.

**Figura 10** Prototipo reutilización del agua.



*Nota.* Desarrollo propio.

- Especificar materiales

El tipo de material que se va a emplear en la fabricación de la estructura, tanques y tuberías es de material acero inoxidable (empleado en la industria de alimentos), para la cual se tomará las consideraciones de:

- Alta resistencia a la corrosión.
- No existe desprendimiento de partículas en su estructura.
- Facilidad de limpieza en toda su estructura.
- Facilidad de eliminación de bacterias en el transporte de productos alimenticios.
- Resistencia a las temperaturas de trabajo (70 a 75 °C) y lavado.

Por lo cual, las tuberías utilizadas son sin costura y la soldadura empleada (unión de partes) grado alimenticio sin poros para que no se acumule suciedad y otras sustancias que puedan contaminar los fluidos que se trasladan. El acero inoxidable es el material adecuado en procesos de elaboración de productos alimenticios por su composición resistente a la corrosión.

- Criterios o requisitos de selección de personal capacitado

La utilización de personal debe ser calificada en la fabricación, soldadura y montaje de los componentes, tomando en cuenta que la soldadura en las uniones no debe contener poros o cavidades que puedan facilitar la aparición de bacterias y otros agentes contaminantes.

Por ello, los soldadores deben ser homologados (certificados en procesos de soldadura) los cuales garantizan la inocuidad del sistema de reutilización del agua.

Este prototipo será realizado por personal tercerizado.

### 4.1.3. Pruebas: funcionalidad y viabilidad

#### 4.1.3.1. Funcionalidad

Una inversión no será posible si es que está a la larga no genera ingreso o ahorros que hagan atractiva este proyecto a la empresa, por ello el ahorro que generara al emplear el agua usada en el refrigeramiento del homogeneizador. La cual se genera de dos formas, primero el costo de extracción del agua, pasarla por el proceso de osmosis y la segunda del costo de tratar el agua después de pasar por el homogeneizador.

Con los datos suministrados por la empresa y la legislación vigente, se conoce el costo de la extracción y tratamiento por osmosis del agua es de S/ 5.00 / m<sup>3</sup> y del tratamiento de las aguas residuales es de S/ 7.00 / m<sup>3</sup>. Con estos datos se calcula el ahorro mensual tanto de agua como de dinero y se presenta en el Cuadro 3:

**Cuadro 3.** Ahorro anual bruto

Descripción	Valor
Ahorro por osmosis	S/ 5.00 / m <sup>3</sup>
Ahorro por tratamiento	S/ 7.00 / m <sup>3</sup>
<b>Ahorro por caudal</b>	<b>S/ 12.00 /m<sup>3</sup></b>
Caudal ahorrado mensual	494.5 m <sup>3</sup> / mes
Ahorro mensual	S/ 5934.00 / mes
<b>Ahorro anual</b>	<b>S/ 71208.00 / año</b>

La implementación del prototipo generará a la empresa un ahorro bruto anual de más de 70 mil soles. Se aprecia que el tiempo de recuperación de la inversión es de apenas 01 año lo cual lo hace atractivo de implementar. Y esto solo es con un homogeneizador, si se implementa en los demás que hay en la empresa el ahorro puede ser mayor y no solo se queda en el aspecto monetario, también está el ecológico al ser una empresa que hace uso razonable de los recursos disponibles como lo es el agua dulce, hay un impacto frente a la comunidad que será muy favorable, aunque difícil de cuantificar.

Es importante mencionar que producto de la reutilización del agua se estima un ahorro de 5,934 m<sup>3</sup> al año, considerando los S/ 5.00 que cuesta extraer y tratar por osmosis el agua que se paga a Sedapal por el Servicio de Monitoreo y Gestión de Uso de Aguas Subterráneas (S/ 3.276 / m<sup>3</sup>).

#### 4.1.3.2. Viabilidad

La etapa final del presente estudio que tiene como objetivo la elaboración de un prototipo es el análisis económico, donde los indicadores como el VAN, TIR y el periodo de recuperación, permitirán determinar si este generará beneficios e identificar que tan riesgoso es.

- **Inversión inicial**

Ya determinado los elementos a usar y sus dimensiones se procede a calcular la inversión necesaria. Se consultó a proveedores locales especializados. Con los datos que se expusieron en los capítulos anteriores se cotizaron los elementos necesarios (Cuadro 4) y también la mano de obra necesaria (Cuadro 6), obteniéndose la siguiente inversión inicial:

**Cuadro 4.** Inversión inicial – Materiales

Ítem	Cant material	Descripción	S/. Unid	Total
1	8	tubos cuadrados de 4 x 4 inox	355	2840
2	2	Planchas acero inox de 1/8	1890	3780
3	2	Tanques	6500	13000
4	3	Tubo inox 1-1/2" (barandas)	180	540
5	10	Tubo inox 2"	248	2480
6	1	accesorios (codos Tees, codos válvulas)	3050	3050
7	1	escalera	7000	7000
8	1	Bomba	5000	5000
<b>Total</b>				<b>S/ 37,690</b>

Para el presupuesto del personal calificado necesario se realiza multiplicando un factor por el peso de los materiales a usar, para el presente prototipo es de S/ 14.00 por kilo de material, lo que lleva a elaborar el cuadro 5:

**Cuadro 5.** Inversión inicial – Peso de material

Ítem	Cant material	Descripción	Peso	
			unitario	Peso
1	8	tubos cuadrados de 4 x 4 inox	25	200 kg
2	2	Planchas acero inox de 1/8	55	110 kg
3	2	Tanques	110	220 kg
4	3	Tubo inox 1-1/2" (barandas)	30	90 kg
5	10	Tubo inox 2"	11.4	114 kg
6	1	accesorios (codos Tees, codos válvulas)	70	70 kg
7	1	escalera	90	90 kg
8	1	Bomba	15	15 kg
<b>Total</b>				<b>909 kg</b>

En el cuadro 6 se determina el costo de la mano de obra para la implementación de prototipo:

**Cuadro 6.** Inversión inicial – Mano de obra

Costo Unit	Cantidad	Total
S/ 14 x kilo	909	S/ 12,726.00

Con estos datos (Cuadro 4 y Cuadro 6) se determina que la inversión inicial para construir el prototipo es de S/ 50,416.00.

Otro gasto que es necesario calcular es el mantenimiento mecánico y eléctrico del equipo que se presenta en el cuadro 7:

**Cuadro 7.** Inversión inicial – Mantenimiento

Descripción	Horas / mes	Costo	Frecuencia anual	Gasto
				Anual

Mantenimiento mecánico	1	50	12	S/ 600
Mantenimiento eléctrico	1	50	12	S/ 600
Cambio de sello		700	2	S/ 1400
Mantenimiento al año				S/ 2600

- **Flujo de caja y evaluación del proyecto**

Los procedimientos que se usaran para determinar la viabilidad económica del presente prototipo son el VAN (valor actual neto), TIR (tasa interna de retorno) y el PRI (periodo de recuperación).

Además la inversión en materiales y mano de obra se toma en cuenta el gasto en mantenimiento de este prototipo calculado en el cuadro 6 y como Cok para la empresa Gloria un valor de 11.18% (Domínguez et al., 2021), con estos datos se determina los valores del VAN para un periodo de 5 años (Cuadro 8) – la empresa solicita que la evaluación de proyectos mayores a S/50 000 soles se realice en periodos de 5 años.

**Cuadro 8.** Flujo de caja – implementación del prototipo

Concepto	0 2021	1 2022	2 2023	3 2024	4 2025	5 2026
<b>INGRESOS</b>						
Ahorro por mejora		S/ 71,208.00	S/ 71,208.00	S/ 71,208.00	S/ 71,208.00	S/ 71,208.00
<b>Total Ingresos</b>		S/ 71,208.00	S/ 71,208.00	S/ 71,208.00	S/ 71,208.00	S/ 71,208.00
<b>EGRESOS</b>						
Inversión Tangible	S/ 37,690.00					
Inversión Intangible	S/ 12,726.00					
Mantenimiento		S/ 2,600.00	S/ 2,600.00	S/ 2,600.00	S/ 2,600.00	S/ 2,600.00
<b>Total Egresos</b>	<b>S/ 50,416.00</b>	<b>S/ 2,600.00</b>	<b>S/ 2,600.00</b>	<b>S/ 2,600.00</b>	<b>S/ 2,600.00</b>	<b>S/ 2,600.00</b>
<b>Saldo I - E</b>	<b>-S/ 50,416.00</b>	<b>S/ 68,608.00</b>	<b>S/ 68,608.00</b>	<b>S/ 68,608.00</b>	<b>S/ 68,608.00</b>	<b>S/ 68,608.00</b>
<b>Saldo Acumulado</b>	<b>-S/ 50,416.00</b>	<b>S/ 18,192.00</b>	<b>S/ 86,800.00</b>	<b>S/ 155,408.00</b>	<b>S/ 224,016.00</b>	<b>S/ 292,624.00</b>

*Nota.* El ahorro por mejora se calculó en cuadro 3.

Se obtiene los siguientes valores:

<b>VAN</b>	S/181,694.66
<b>TIR</b>	134%
<b>PRI</b>	0.469 años

Se aprecia que el periodo de recuperación es de 05 meses y 21 días, lo cual en efecto es un periodo de tiempo muy atractivo.

Por otro lado, el VAN obtenido demuestra que el retorno obtenido por la inversión es beneficioso al ser mayor que la inversión inicial, el cual al ser positivo indica que la implementación del prototipo es viable económicamente.

El TIR determinado tiene un valor de 134 % el cual es mayor que el Cok (11.18%), lo que significa que es más rentable invertir en el prototipo.

Con los valores del VAN, TIR y Periodo de recuperación, se puede inferir que la implementación del prototipo es financieramente viable y se recomienda su ejecución.

- **Análisis de escenarios**

Para poder evaluar los escenarios primero será necesario determinar cuáles son los factores más influyentes para futuras propuestas.

En primer lugar, se toma en cuenta los costos de extracción, osmosis y tratamiento, este puede variar con el tiempo ya sea encarecerse o abaratare al verse afectado por el desarrollo de nuevas tecnologías.

En segundo lugar, se tendrá que considerar es el volumen de agua que consume el prototipo, se propone inicialmente un cambio de agua cada tres días o cuando se realice un cambio en la elaboración de una nueva partida y pasar a un cambio diario, en este caso casi triplicando el consumo del prototipo.

Por último, el costo del mantenimiento, que incluye las partes a cambiar y los tiempos necesarios para intervenir el equipo, inicialmente se propone que se intervenga de manera mensual y se cambia el sello una vez al año.

Adicionalmente se consideraron las siguientes tasas de inflación para el Perú del 2022 al 2026 que se muestra en el cuadro 9:

**Cuadro 9.** Inflación 2022 al 2026

Año	2022	2023	2024	2025	2026
Inflación	3.90%	3.00%	2.70%	2.70%	2.60%

*Nota.* Elaboración propia, tomado del REPORTE DE INFLACIÓN (Banco Central de Reserva del Perú, 2022) y de la Agencia de Noticias Andina (MMG, 2022)

Para el análisis de escenarios otro indicador importante a tomar en cuenta es el COK, en este caso, frente a la imposibilidad de poder contar con el valor fijado por los accionistas, se procederá a calcularlo por el método CAPM (Capital Asset Pricing Model) (Kumar, 2016):

$$COK_{proy} = r_f + \beta_{lproy}(r_m - r_f) + RP \quad (18)$$

Donde:

$r_f$ : Tasa libre de riesgo - Escoger la última cotización de los bonos del tesoro americano a 10 años.

$\beta_{lproy}$ : Beta apalancado

$(r_m - r_f)$ : Prima de Riesgo de mercado – se calcula restando la tasa libre de riesgo del rendimiento previsto del mercado de valores

$RP$ : Riesgo país

Pero para el cálculo del beta apalancado (Arnaboldi et al., 2015) se usa la siguiente formula:

$$\beta_{lproy} = \beta_u \left[ 1 + (1 - t_{peru}) \frac{D_{proy}}{E_{proy}} \right] \quad (19)$$

Donde:

$\beta_u$ : Beta desapalancada del sector – En el caso de Gloria S.A. el sector de referencia es el de procesamiento de alimentos en el mercado americano.

$t_{peru}$ : Impuesto a la renta en Perú

$D_{proy}$ : Deuda

$E_{proy}$ : Aporte

Para el cálculo del beta apalancado se usaron los siguientes valores:

$$\beta_u = 0.61 \text{ (Damodaran, 2022)}$$

$$t_{peru} = 29.50\%$$

$$D_{proy} = 0\%$$

$$E_{proy} = 100\%$$

Con lo que se obtiene:

$$\beta_{lproy} = 0.61$$

Aplicando los siguientes valores:

$$r_f = 2.90\% \text{ (BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ, 2022a)}$$

$$r_m = 11.66\% \text{ (S\&P Dow Jones Indices, 2022)}$$

$$(r_m - r_f) = 8.76\% \quad (20)$$

$$RP = 2.26\% \text{ (BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ, 2022b)}$$

Reemplazando valores en la formula **(18)** se obtiene como resultado:

$$COK_{proyUS\$} = 10.50\%$$

Cuando las empresas objetivo están en países emergentes (segmentados) del mercado de capitales se aplica la siguiente formula:

$$COK_{proysoles} = (1 + COK_{proyUS\$}) \frac{(1+inflación\ anual\ esperada_{Perú})}{(1+inflación\ anual\ esperada_{USA})} - 1 \quad (21) \quad (\text{DePamphilis, 2019})$$

Donde:

$$inflación\ anual\ esperada_{Perú} = 3.9\% \quad (\text{Banco Central de Reserva del Perú, 2022})$$

$$inflación\ anual\ esperada_{USA} = 3.10\% \quad (\text{Statista Inc., 2022})$$

Con lo que se obtiene el siguiente valor:

$$COK_{proysoles} = 11.31\%$$

A continuación, se tomará en cuenta este valor en la evaluación los diferentes escenarios y sus resultados:

- **Escenario pesimista**

Para la evaluación de este escenario se toma en cuenta las características del mantenimiento a aplicarse en el cuadro 10:

**Cuadro 10.** Cuadro de mantenimiento – Escenario pesimista

Concepto	Horas al año	Costo unitario	Monto anual
Mantenimiento mecanico	34	S/ 30.00	S/ 1,020.00
Mantenimiento electrico	23.6	S/ 30.00	S/ 708.00
Servicio de terceros	11	S/ 36.00	S/ 396.00
Cambio de sello		S/ 700.00	S/ 700.00
Costo del mantenimiento al año			S/ 2,824.00

Con estos datos se presenta los siguientes supuestos:

- Consumo de agua de 180 m<sup>3</sup> al año, debido a que se purga el sistema a diario.
- El costo del mantenimiento: S/ 2824 (cuadro 10).
- El costo por m<sup>3</sup> es de S/ 1.724, al no tratar el agua residual y se obtenga la exoneración del pago a Sedapal

Tomando en cuenta estos supuestos se elabora el cuadro 11:

**Cuadro 11.** Flujo de caja – Escenario pesimista

Concepto	0 2021	1 2022	2 2023	3 2024	4 2025	5 2026
<b>INGRESOS</b>						
Ahorro de agua m <sup>3</sup>		5820	5820	5820	5820	5820
Ahorro por mejora		S/ 10,033.68				
<b>Total Ingresos</b>		<b>S/ 10,033.68</b>				
<b>EGRESOS</b>						
Inversión Tangible	S/ 37,690.00					
Inversión Intangible	S/ 12,726.00					
Mantenimiento		S/ 2,824.00				
<b>Total Egresos</b>	<b>S/ 50,416.00</b>	<b>S/ 2,824.00</b>				
<b>Saldo I - E</b>	<b>-S/ 50,416.00</b>	<b>S/ 7,209.68</b>				
Inflación	0.00%	3.90%	3.00%	2.70%	2.70%	2.60%
<i>Factor</i> <sub>(1+Inflación)</sub>	100.00%	103.90%	103.00%	102.70%	102.70%	102.60%
<i>Saldo I - E</i> <sub>(xFactor)</sub>	<b>-S/ 50,416.00</b>	<b>S/ 7,490.86</b>	<b>S/ 7,425.97</b>	<b>S/ 7,404.34</b>	<b>S/ 7,404.34</b>	<b>S/ 7,397.13</b>
<b>Saldo Acumulado</b>	<b>-S/ 50,416.00</b>	<b>-S/ 42,925.14</b>	<b>-S/ 35,499.17</b>	<b>-S/ 28,094.83</b>	<b>-S/ 20,690.49</b>	<b>-S/ 13,293.36</b>

*Nota.* El ahorro de agua en m<sup>3</sup> se obtiene de la resta del consumo actual (6000 m<sup>3</sup>) menos el consumo proyectado para el escenario pesimista (180 m<sup>3</sup>). El ahorro por mejora se obtiene al multiplicar el costo por m<sup>3</sup> (S/ 1.724) por el ahorro de agua m<sup>3</sup>.

En este escenario con el incremento sustancial en el consumo de agua, los costos de mantenimiento y el costo de tratar el agua disminuye se obtiene los siguientes indicadores:

**VAN** - S/20,817.02

**TIR** - 9 %

**PRI** 6.709

Se obtiene un VAN negativo lo cual no es beneficioso y tiene una TIR negativo y se recuperara la inversión en poco más de 6 años. Con este escenario se concluye que la implementación de prototipo aun en este escenario es inviable y que la variable que más impacta es el costo de tratar el agua, pero dicha exoneración y cambio en la legislación que no exija el tratar el agua de desecho, es muy improbable debido a la legislación vigente y las consecuencias medioambientales de no tratar el agua.

○ **Escenario optimista.**

Para la evaluación de este escenario se toma en cuenta las características del mantenimiento a aplicarse en el cuadro 12:

**Cuadro 12.** Cuadro de mantenimiento – Escenario optimista

Concepto	Horas al año	Costo unitario	Monto anual
Mantenimiento mecánico	9	S/ 30.00	S/ 270.00
Mantenimiento eléctrico	6	S/ 30.00	S/ 180.00
Servicio de terceros	5.5	S/ 36.00	S/ 198.00
Cambio de sello		S/ 350.00	S/ 350.00
Costo del mantenimiento al año			S/ 998.00

Con estos datos se presenta los siguientes supuestos:

- Consumo de agua de 36 m<sup>3</sup> al año al purgar el sistema semanalmente.
- El costo del mantenimiento: S/ 998 (Cuadro 12).
- El costo por m<sup>3</sup> es de S/ 15 debido a una subida en el costo del tratamiento agua.

Tomando en cuenta estos supuestos se elabora el cuadro 13:

**Cuadro 13.** Flujo de caja – Escenario optimista.

Concepto	0 2021	1 2022	2 2023	3 2024	4 2025	5 2026
<b>INGRESOS</b>						
Ahorro de agua m <sup>3</sup>		5964	5964	5964	5964	5964
Ahorro por mejora		S/ 89,460.00	S/ 89,460.00	S/ 89,460.00	S/ 89,460.00	S/ 89,460.00
<b>Total Ingresos</b>		<b>S/ 89,460.00</b>	<b>S/ 89,460.00</b>	<b>S/ 89,460.00</b>	<b>S/ 89,460.00</b>	<b>S/ 89,460.00</b>
<b>EGRESOS</b>						
Inversión Tangible	S/ 37,690.00					
Inversión Intangible	S/ 12,726.00					
Mantenimiento		S/ 998.00	S/ 998.00	S/ 998.00	S/ 998.00	S/ 998.00
<b>Total Egresos</b>	<b>S/ 50,416.00</b>	<b>S/ 998.00</b>	<b>S/ 998.00</b>	<b>S/ 998.00</b>	<b>S/ 998.00</b>	<b>S/ 998.00</b>
<b>Saldo I - E</b>	<b>-S/ 50,416.00</b>	<b>S/ 88,462.00</b>	<b>S/ 88,462.00</b>	<b>S/ 88,462.00</b>	<b>S/ 88,462.00</b>	<b>S/ 88,462.00</b>
Inflación	0.00%	3.90%	3.00%	2.70%	2.70%	2.60%
<i>Factor<sub>(1+Inflación)</sub></i>	100.00%	103.90%	103.00%	102.70%	102.70%	102.60%
<i>Saldo I - E<sub>(xFactor)</sub></i>	<b>-S/ 50,416.00</b>	<b>S/ 91,912.02</b>	<b>S/ 91,115.86</b>	<b>S/ 90,850.47</b>	<b>S/ 90,850.47</b>	<b>S/ 90,762.01</b>
<b>Saldo Acumulado</b>	<b>-S/ 50,416.00</b>	<b>S/ 41,496.02</b>	<b>S/ 132,611.88</b>	<b>S/ 223,462.35</b>	<b>S/ 314,312.83</b>	<b>S/ 405,074.84</b>

*Nota.* El ahorro de agua en m<sup>3</sup> se obtiene de la resta del consumo actual (6000 m<sup>3</sup>) menos el consumo proyectado para el escenario optimista (36 m<sup>3</sup>). El ahorro por mejora se obtiene al multiplicar el costo por m<sup>3</sup> (S/ 15) por el ahorro de agua m<sup>3</sup>.

En este escenario se disminuye la frecuencia de purga del sistema con lo que el consumo de agua se ve reducido, se propone mantenimientos bimestrales y el costo de tratar el agua sube en un 25%, se obtiene los siguientes indicadores:

**VAN** S/ 255,028.33

**TIR** 181%

**PRI** 0.097

El VAN aumenta y se obtiene un TIR que es significativamente mayor que el COK de referencia y el tiempo de recuperación de la inversión sea de menos de 1 mes. La variable que más impacta es el incremento del costo de tratar el agua, en este escenario el implementar el prototipo es viable, además con este tiempo de recuperación de la inversión es casi de manera inmediata.

○ **Escenario probable.**

Para la evaluación de este escenario se toma en cuenta las características del mantenimiento a aplicarse en el cuadro 14:

**Cuadro 14.** Cuadro de mantenimiento – Escenario probable

Concepto	Horas al año	Costo unitario	Monto anual
Mantenimiento mecánico	17	S/ 30.00	S/ 510.00
Mantenimiento eléctrico	11.8	S/ 30.00	S/ 354.00
Servicio de terceros	5.5	S/ 36.00	S/ 198.00
Cambio de sello		S/ 700.00	S/ 700.00
Costo del mantenimiento al año			S/ 1,762.00

Con estos datos se propone los siguientes supuestos:

- Consumo de agua de 66 m<sup>3</sup> al año al purgar el sistema en cada cambio de partida.
- El costo del mantenimiento: S/ 1762.00 (cuadro 14).
- El costo por m<sup>3</sup> es de S/ 12 al mantenerse el costo del tratamiento agua actual

Tomando en cuenta estos supuestos se elabora el cuadro 15:

**Cuadro 15.** Flujo de caja – Escenario probable.

Concepto	0 2021	1 2022	2 2023	3 2024	4 2025	5 2026
<b>INGRESOS</b>						
Ahorro de agua m <sup>3</sup>		5934	5934	5934	5934	5934
Ahorro por mejora		S/ 71,208.00	S/ 71,208.00	S/ 71,208.00	S/ 71,208.00	S/ 71,208.00
<b>Total Ingresos</b>		S/ 71,208.00	S/ 71,208.00	S/ 71,208.00	S/ 71,208.00	S/ 71,208.00
<b>EGRESOS</b>						
Inversión Tangible	S/ 37,690.00					
Inversión Intangible	S/ 12,726.00					
Mantenimiento		S/ 1,762.00	S/ 1,762.00	S/ 1,762.00	S/ 1,762.00	S/ 1,762.00
<b>Total Egresos</b>	<b>S/ 50,416.00</b>	<b>S/ 1,762.00</b>	<b>S/ 1,762.00</b>	<b>S/ 1,762.00</b>	<b>S/ 1,762.00</b>	<b>S/ 1,762.00</b>
<b>Saldo I - E</b>	<b>-S/ 50,416.00</b>	<b>S/ 69,446.00</b>	<b>S/ 69,446.00</b>	<b>S/ 69,446.00</b>	<b>S/ 69,446.00</b>	<b>S/ 69,446.00</b>
Inflación	0.00%	3.90%	3.00%	2.70%	2.70%	2.60%
<i>Factor<sub>(1+Inflación)</sub></i>	100.00%	103.90%	103.00%	102.70%	102.70%	102.60%
<i>Saldo I - E<sub>(xFactor)</sub></i>	<b>-S/ 50,416.00</b>	<b>S/ 72,154.39</b>	<b>S/ 71,529.38</b>	<b>S/ 71,321.04</b>	<b>S/ 71,321.04</b>	<b>S/ 71,251.60</b>
<b>Saldo Acumulado</b>	<b>-S/ 50,416.00</b>	<b>S/ 21,738.39</b>	<b>S/ 93,267.77</b>	<b>S/ 164,588.82</b>	<b>S/ 235,909.86</b>	<b>S/ 307,161.45</b>

*Nota.* El ahorro de agua en m<sup>3</sup> se obtiene de la resta del consumo actual (6000 m<sup>3</sup>) menos el consumo proyectado para el escenario probable (66 m<sup>3</sup>). El ahorro por mejora se obtiene al multiplicar el costo por m<sup>3</sup> (S/ 12) por el ahorro de agua m<sup>3</sup>.

Se considera este el escenario más probable debido a que se coincide la purga con el cambio partida, en el cual se procede a un lavado CIP del sistema, se incrementa las horas de mantenimiento para asegurar el correcto funcionamiento y lubricación de las partes que componen al prototipo, además, que no se vislumbran cambios significativos en el costo del agua. Con lo que se obtiene los siguientes indicadores:

**VAN** S/190,470.48

**TIR** 141%

**PRI** 0.4009

Se obtiene un VAN positivo y un TIR superior al COK de referencia con lo que se determina que el proyecto es viable además con un periodo de recuperación de casi 5 meses, lo cual lo vuelve muy atractivo.

Con estos escenarios se observa que lo que más afecta al proyecto es el costo de tratar el agua, este que está determinado no solo por el costo del proceso de osmosis inversa, está el costo que se paga a Sedapal por el Servicio de Monitoreo y Gestión de Uso de Aguas Subterráneas, si estos disminuyen drásticamente ya sea por la salida de nuevas tecnologías de tratamientos o por exoneraciones que se puedan ofrecer, este proyecto pierde su atractivo, pero esos escenarios no son muy probables y menos en el corto plazo.

#### **4.1.3.3. Análisis de Modo y Efecto de Fallo (AMEF)**

Para la identificación de los posibles fallos potenciales y funcionales del sistema de reutilización del agua, se ha desarrollado un cuadro con diferentes modos de fallas la cual ayudara al cliente (producción) a poder anticiparse a los efectos que puedan ocasionar,

teniendo un panorama de fallas con sus acciones preventivas que puedan ayudar a conservar y mantener en buenas condiciones el sistema.

Establecidas por ponderados de:

- Ocurrencia de la posibilidad.
- Gravedad de la insuficiencia.
- Capacidad de la detección.

La multiplicación de estos tres factores ayuda a analizar el número de riesgo de prioridad que se debe tomar cuando se diseña el prototipo y cuando este en servicio, cuadro 16.

**Cuadro 16.** AMEF

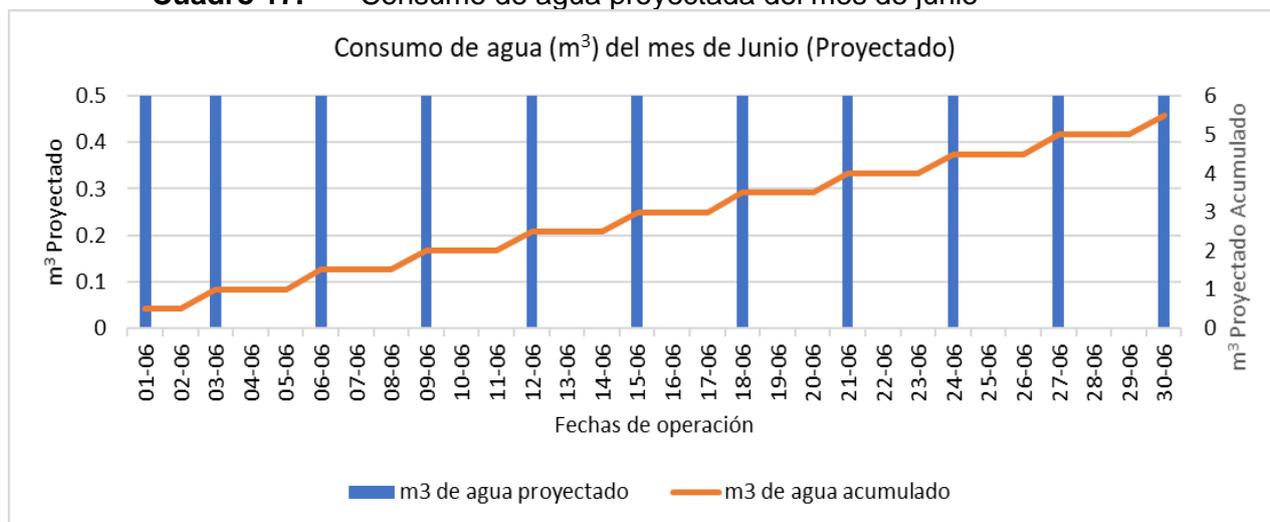
Id	Modo de fallo	Efecto potencial de fallo	Ocurrencia de la posibilidad	Gravedad de la insuficiencia	Capacidad de detección	RPN - Riesgo: (Riesgo número de prioridad)	clasificación	Planificación de la acción correctiva
1	Falla empaques de	perdida de refrigerante	2	2	3	12	bajo riesgo	MP Verificación empaques de sellado
2	fuga por sello de bomba	Perdida de refrigerante	2	6	1	12	riesgo modera	MP Establecer frecuencia cambio de sello
3	Falla nivel de llenado	Falta y perdida de refrigerante	3	7	1	21	riesgo modera	MP Calibración de sensores de nivel
4	Bomba no enciende	Sistema deja de funcionar	2	8	3	48	riesgo modera	MP Revision sistema electrico

*Nota.* Elaboración propia.

## 4.2. Resultados

En esta sección se desarrolla la interpretación de los resultados estimados producto del diseño del prototipo en función a los objetivos de la investigación formulados anteriormente. En ese caso, para precisar la proporción de agua a emplear en la refrigeración de pistones se detalla en el cuadro 17 el consumo un periodo de utilización de 30 días (junio - 2021).

**Cuadro 17.** Consumo de agua proyectada del mes de junio

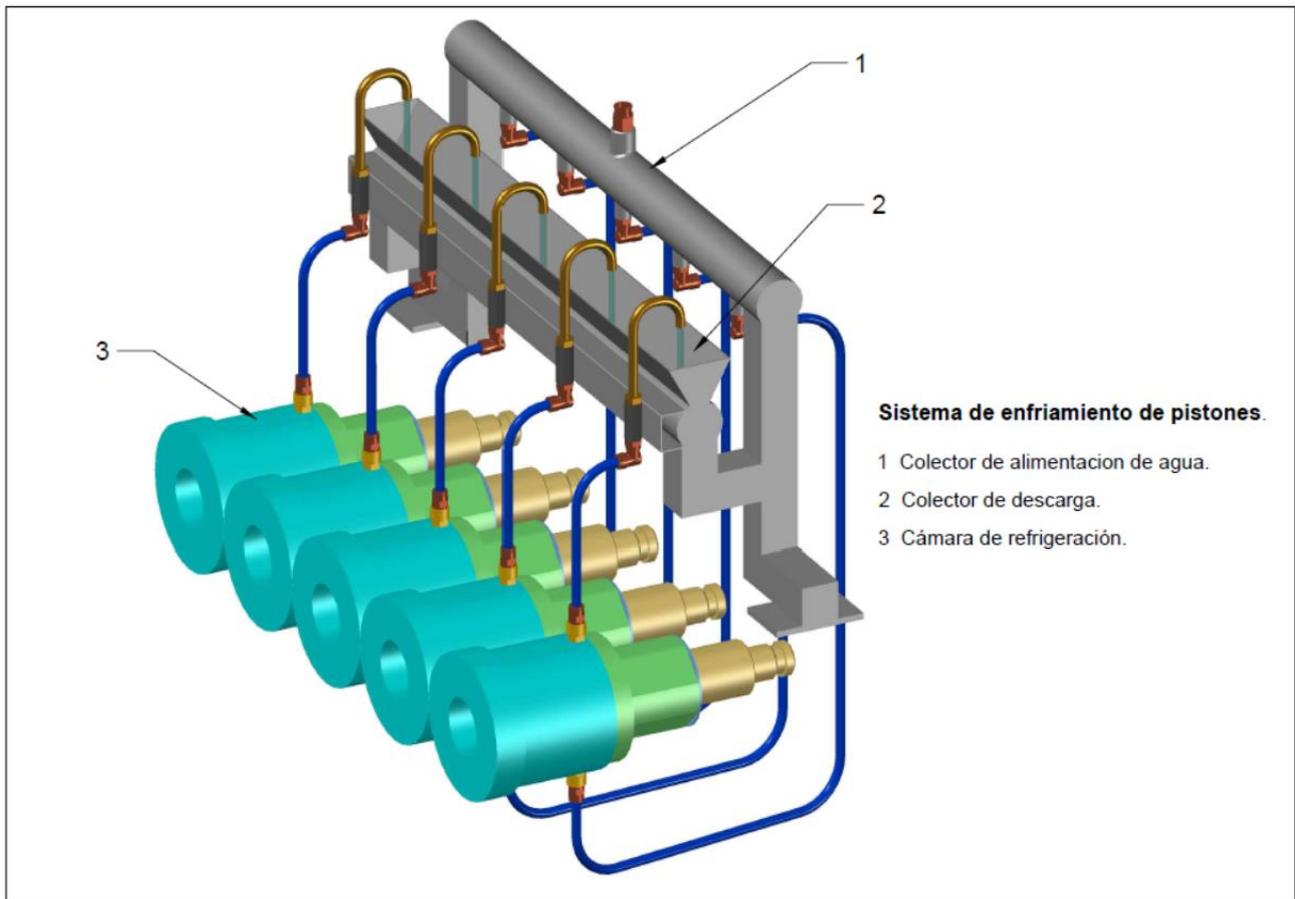


*Nota.* Calculo en base a las horas de operación por día. Elaboración propia.

Con apoyo del cuadro 17 se muestra que el consumo proyectado de agua es de 5.5 m<sup>3</sup> de agua al mes. Se estudiará cómo reducir el consumo, como desarrollo de los objetivos mencionados.

El primer objetivo que se estudiara es determinar las principales razones del consumo de agua en este paso de fabricación de leche. Tomando en cuenta lo mencionado en el cuadro 1, donde se analiza el uso del agua en la refrigeración y se grafica en la figura 11.

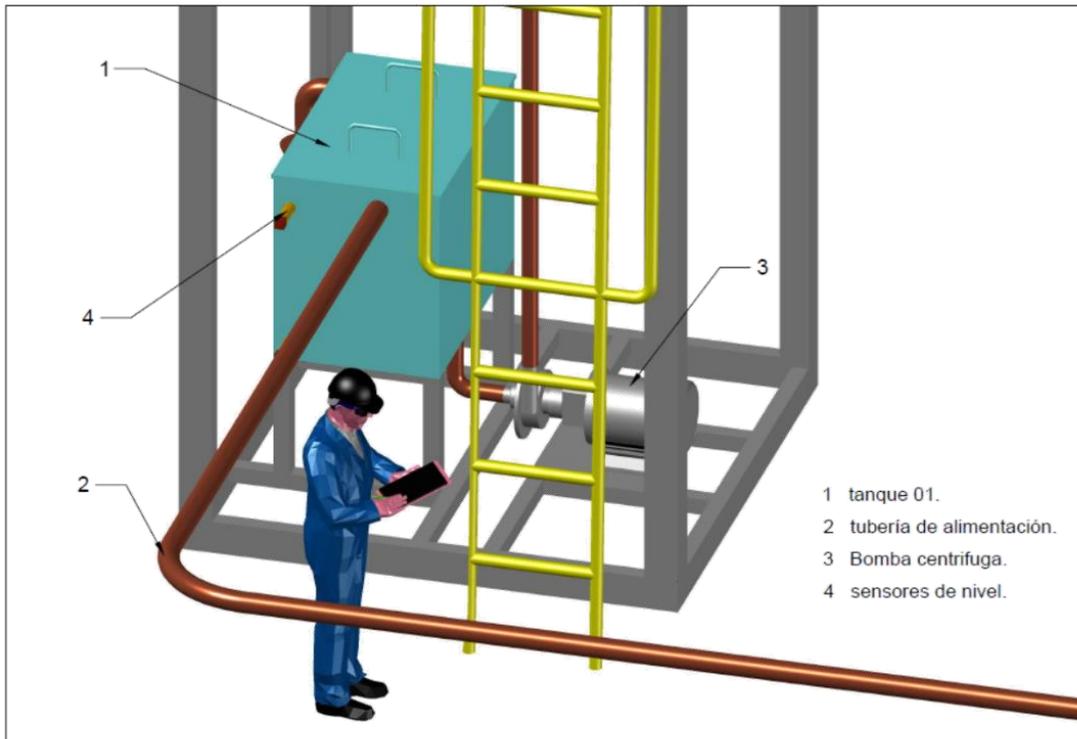
**Figura 11** Sistema de enfriamiento de pistones.



*Nota.* Desarrollo propio.

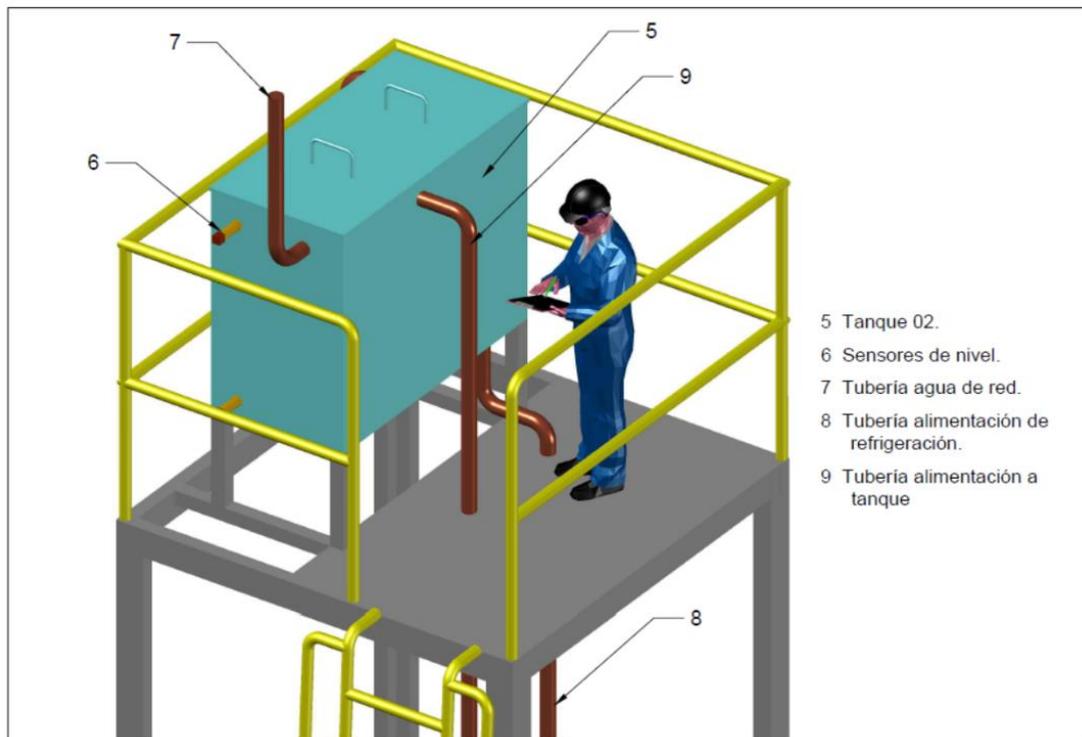
El segundo objetivo refiere a diseñar prototipo basado en la norma ANSI de fabricación. Para lo cual se aprovechará la descarga de agua utilizada en el enfriamiento de los pistones, y poder almacenarla en un tanque colector (figura 12) y a través de una bomba centrífuga poder abastecer un tanque de alimentación (parte superior) (figura 13), que por gravedad suministre agua a las cámaras de enfriamiento de pistones del homogeneizador del sistema de elaboración 02, de forma continua mediante un circuito cerrado de alimentación que es controlado mediante de sensores de nivel la cantidad de agua que almacena cada tanque.

**Figura 12** Tanque colector.



*Nota.* Desarrollo propio.

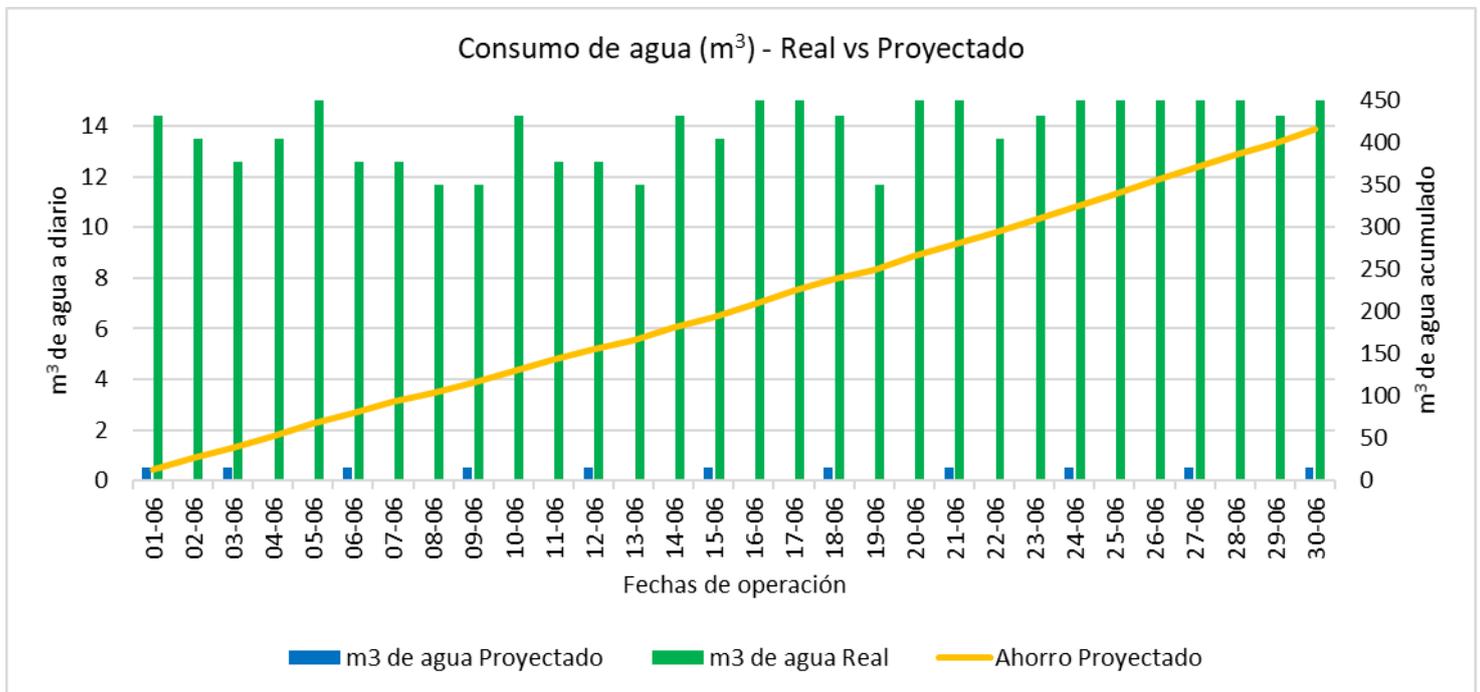
**Figura 13** Tanque alimentación.



*Nota.* Desarrollo propio.

Finalizando, el tercer objetivo es evaluar el impacto económico del prototipo de diseño para la reducción de utilización de agua. Con la reutilización del agua en el enfriamiento de pistones, el ahorro en el consumo por la utilización es significativo ya que se realizaría un recambio en un periodo de 03 días, aprovechando el lavado del equipo (CIP – Lavado en sitio) reduciendo su consumo de agua en 98.9% y se aprecia en el (cuadro 18) el consumo proyectado versus el actual.

**Cuadro 18.** Ahorro de agua proyectada del mes de junio.



Nota. Desarrollo propio.

## **CONCLUSIONES**

En esta investigación se realizó el planteamiento de un prototipo de recuperación de agua empleando la norma ANSI, la misma que estima una disminución de la utilización del agua del paso de elaboración de leche en promedio de 500 m<sup>3</sup> a 5.5 m<sup>3</sup> mensuales, lo que representa una reducción de alrededor del 98%.

Para el diseño del prototipo fue primordial el reconocimiento del consumo de agua en el en el paso de fabricación de leche, siendo la principal razón del consumo actual, debido a que el agua usada en la refrigeración del homogeneizador se desecha y no es aprovechada en ningún proceso dentro de la planta, además, antes de ser descartada es tratada lo que genera un gasto adicional. Ante dicha situación, se estima que el prototipo recolectará 0.46 m<sup>3</sup> (120 galones) de agua que se reutilizará en el sistema de enfriamiento mediante un circuito cerrado de alimentación.

Para determinar las tuberías y accesorios a utilizar se empleó la norma ANSI / ASME B16.5, al momento de elegir el motor a usar se emplea el manual del fabricante de bombas de la marca Fristam porque cuenta con la facilidad de intercambio de componentes mencionados en ANSI B73.1, la cual para su intervención en realizar mantenimiento se sugiere ANSI Z244.1-2003, por las prácticas de intervenciones de energía eléctrica. Por último, para los

materiales y componentes que estén en contacto directo con el agua se prefiere el acero inoxidable por su capacidad a resistir la corrosión y productos químicos de lavado.

Se calcula que el costo de implementar el prototipo es de S/ 50,416.00, el mismo que comparado con el costo de tratar el agua, el tiempo de recuperación de la inversión (PRI) - que es poco menos de 5 meses - y la tasa de retorno de un 141%, se llega a la conclusión de que el proyecto es viable, además, se aprecia que la inflación favorece la rentabilidad del prototipo.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda las siguientes actividades en el proceso de reutilización como:

- La implementación de un sistema de reutilización de agua en procesos similares en plantas de procesamientos de lácteos.
- La inspección de las características de agua blanda (máximo y mínimo ppm).
- Establecer el cambio de agua del sistema de reutilización junto al lavado (CIP) del homogeneizador.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- 3-A Sanitary Standards, I. (2021). *3-A Sanitary Standards*. <https://www.3-a.org/>
- Arnaboldi, M., Azzone, G., & Giorgino, M. (2015). Value-Based Management Indicators. In *Performance Measurement and Management for Engineers* (pp. 19–42). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801902-3.00002-5>
- Banco Central de Reserva del Perú. (2022). *REPORTE DE INFLACIÓN - Panorama actual y proyecciones macroeconómicas*. 159.
- BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ. (2022a). *BONOS DEL TESORO EE.UU. - 10 AÑOS (%)*. <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/diarias/resultados/PD04719XD/html>
- BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ. (2022b). *SPREAD - EMBIG PERÚ (PBS)*. <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/diarias/resultados/PD04709XD/html>
- Barker, G. (2018). Pumps. In *The Engineer's Guide to Plant Layout and Piping Design for the Oil and Gas Industries* (pp. 189–210). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814653-8.00007-2>
- Bhardwaj, D. K., Taneja, N. K., DP, S., Chakotiya, A., Patel, P., Taneja, P., Sachdev, D., Gupta, S., & Sanal, M. G. (2021). Phenotypic and genotypic characterization of biofilm forming, antimicrobial resistant, pathogenic *Escherichia coli* isolated from Indian dairy and meat products. *International Journal of Food Microbiology*, 336, 108899. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108899>
- Carrera, Karen, E. M., & Paucar Freddy, J. Y. (2018). *Diseño de una planta de tratamiento para agua de pozo en la industria láctea "Grupo Rossi"*. Universidad Central del Ecuador.
- Damodaran, A. (2022). *Betas by Sector (US)*. [https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/Betas.html](https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html)
- DePamphilis, D. M. (2019). Cross-Border Mergers and Acquisitions: Analysis and Valuation. In *Mergers, Acquisitions, and Other Restructuring Activities* (pp. 493–521). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815075-7.00018-8>

- Dirección General de Salud Ambiental - Ministerio de Salud Lima. (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano: DS N° 031-2010-SA*. Reglamento de La Calidad Del Agua Para Consumo Humano: D.S. N° 031-2010-SA; Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental. <http://www.minsa.gob.pe/webftp.asp?ruta=normaslegales/2010/DS031-2010-SA.pdf>
- Dominguez, E., Galarreta, J., & Huaman, A. (2021). “*Valorización De Leche Gloria S.A.*” UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO.
- Escalada-Hernández, P., Soto Ruiz, N., & San Martín-Rodríguez, L. (2022). Design and evaluation of a prototype of augmented reality applied to medical devices. *REPORTE DE INFLACIÓN*, 128, 159. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2019.05.004>
- Faille, C., & Carpentier, B. (2009). Food contact surfaces, surface soiling and biofilm formation. In *Biofilms in the Food and Beverage Industries* (pp. 303–330). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9781845697167.3.303>
- Flint, S., Bremer, P., Brooks, J., Palmer, J., Burgess, S., & Seale, B. (2020). Biofilm Formation and Control in the Dairy Industry. In *Reference Module in Food Science* (pp. 1–7). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.00639-9>
- Fristam Pumps. (2014). *Centrifugal Pump Performance Curves and Technical Information* (pp. 1–60).
- González Cu., G. de los R., Molina Sánchez, B., & Coca Vázquez, R. (2010). Calidad de la leche cruda. *Primer Foro Sobre Ganadería Lechera de La Zona Alta de Veracruz*.
- Gonzalez Lancheros, O. I. (2010). Analisis sobre la contaminación de las aguas, producto de las pequeñas empresas lacteos del Municipio de Ubaté. In *Repositorio Institucional Unilibre* (Vol. 53, Issue 9). Universidad Libre.
- Heras, S. de las. (2011). *Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas*.
- Hoekstra, A. Y., & Mekonnen, M. M. (2012). The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(9), 3232–3237. <https://doi.org/10.1073/pnas.1109936109>
- Kumar, R. (2016). Risk and return. In *Valuation* (pp. 47–72). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802303-7.00002-4>
- Lazo Pinto, A., & Vilca Gutierrez, Y. (2020). *Tratamiento de aguas residuales procedentes de la industria lácta mediante el proceso de electrocoagulación*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA.
- Luque, A., Casares, J., & Masaquiza, V. (2018). La gestión de residuos de las industrias lácteas: el caso de Ecuador. *Universidad Tecnológica Indoamérica Ambato*, 1–17.
- Marriott, N. G., Schilling, M. W., & Gravani, R. B. (2018). *Dairy Processing Plant Sanitation* (pp. 295–309). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-67166-6\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-319-67166-6_16)
- Martin, J. (1991). *Rapid application development*. Macmillan Publishing Co., Inc.
- MMG. (2022). *Perú tendrá la tercera inflación más baja de Latinoamérica hasta el 2026*. <https://andina.pe/agencia/noticia-peru-tendra-tercera-inflacion-mas-baja-latinoamerica-hasta-2026-889283.aspx#:~:text=Posición 2024 y 2025&text=En América Latina%2C la inflación peruana se ubicará en 2.6,el informe de este mes.>
- Molina Andrade, M. A. (2015). *Propuesta de tratamiento de aguas residuales en industria láctea*. UNiversidad San Francisco de Quito.

- Moran, S. (2017). Pumps 31.1. In *Process Plant Layout (Second Edition)* (pp. 453–462). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803355-5.00031-7>
- Murcia, J. J., Hernández-Laverde, M., Rojas, H., Muñoz, E., Navío, J. A., & Hidalgo, M. C. (2018). Study of the effectiveness of the flocculation-photocatalysis in the treatment of wastewater coming from dairy industries. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, *358*, 256–264. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2018.03.034>
- Navarro-Ramírez, V., Ramírez-Hernandez, J., Gil-Samaniego, M., & Eliana Rodríguez-Burgueño, J. (2020). Methodological frameworks to assess sustainable water resources management in industry: A review. *Ecological Indicators*, *119*(August), 106819. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106819>
- NSF International. (2021). *The Public Health and Safety Organization*. <https://www.nsf.org/>
- Núñez Corella, J. P. (2013). “VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS DE LUBRICACIÓN Y ENFRIAMIENTO DE EQUIPOS HOMOGENEIZADORES EN UNA INDUSTRIA DE PRODUCTOS LÁCTEOS” PROYECTO. In *DSpace/Manakin Repository*. Universidad de Costa Rica.
- Poggio Ruiz, T. (2013). *UF1178: Recepción y almacenamiento de la leche y otras materias primas* (1era Edici). EDITORIAL ELEARNING S.L.
- Poisson, P., Chinniah, Y., & Jocelyn, S. (2016). Design of a safety control system to improve the verification step in machinery lockout procedures: A case study. *Reliability Engineering & System Safety*, *156*, 266–276. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2016.07.016>
- Rankin, S. A., Bradley, R. L., Miller, G., & Mildenhall, K. B. (2017). A 100-Year Review: A century of dairy processing advancements—Pasteurization, cleaning and sanitation, and sanitary equipment design. *Journal of Dairy Science*, *100*(12), 9903–9915. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13187>
- Rosado Hoyo, P., & Rosado Hoyo, J. (2013). *Tratamientos previos de la leche UF1179* (1era Edici). IC Editorial.
- S&P Dow Jones Indices. (2022). *S&P 500®*. <https://www.spglobal.com/spdji/es/indices/equity/sp-500/#overview>
- Saenz-Roldan, L. F. (2013). Diseño Del Sistema De Tratamiento Y Reutilización De Agua Residual En La Planta De Lácteos Oasis. In *Facultad de Ciencias: Vol. Bachelor*. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo.
- Sennewald, C. A., & Baillie, C. (2021). International security standards. In *Effective Security Management* (pp. 213–221). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814794-8.00022-6>
- Sharabi, S., Okun, Z., & Shpigelman, A. (2018). Changes in the shelf life stability of riboflavin, vitamin C and antioxidant properties of milk after (ultra) high pressure homogenization: Direct and indirect effects. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *47*(November 2017), 161–169. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.02.014>
- Singh, R. (2017). 4 - Valves. In *Pipeline Integrity Handbook (Second Edition)* (pp. 211–230). Gulf Professional Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813045-2.00015-6>

- Sinnott, R., & Towler, G. (2012). *DISEÑO EN INGENIERÍA QUÍMICA*. EDITORIAL REVERTÉ, S. A.
- Statista Inc. (2022). *Quarterly forecast of inflation rate globally 2022-2023, by country*. M. Szmigiera. <https://www.statista.com/statistics/1249095/quarterly-inflation-rate-forecast-by-country/>
- Van Hekken, D. L., Tunick, M. H., Ren, D. X., & Tomasula, P. M. (2017). Comparing the effect of homogenization and heat processing on the properties and in vitro digestion of milk from organic and conventional dairy herds. *Journal of Dairy Science*, *100*(8), 6042–6052. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12089>
- Vega y León, S., Coronado Herrera, M., Gutiérrez Tolentino, R., García Hernández, L. A., & Díaz González, G. (2006). UN APORTE SOBRE LA INDUSTRIA LÁCTEA ORGÁNICA Y LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA. *Revista Mexicana de Agronegocios*, *X*(19).
- Villena, L. . (1995). Contaminacion De La Industria Lactea. *Insacan*.
- Wang, A. Z., Gao, J., & Wang, R. (2018). Failure mode and effects analysis using Dempster-Shafer theory and TOPSIS method: Application to the gas insulated metal enclosed transmission line (GIL). *Applied Soft Computing Journal*, *70*, 633–647. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.asoc.2018.06.015>
- Wang, Y., & Serventi, L. (2019). Sustainability of dairy and soy processing: A review on wastewater recycling. *Journal of Cleaner Production*, *237*, 117821. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117821>
- Yan, M.-J., & Holden, N. M. (2019). Water use efficiency of Irish dairy processing. *Journal of Dairy Science*, *102*(10), 9525–9535. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16518>