

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Agroindustria Alimentaria
Ingeniería en Agroindustria Alimentaria



Proyecto Especial de Graduación
**Elaboración de guía de prácticas de producción más limpia para la
planta de lácteos de Zamorano**

Estudiante

Amairany Alejandra Minera Ochoa

Asesores

Luis Fernando Osorio, Ph.D.

Victoria Alejandra Cortes, Ph.D.

Honduras, julio 2021

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ADELA M. ACOSTA MARCHETTI

Directora Departamento de Agroindustria Alimentaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	4
Índice de Figuras	5
Índice de Anexos	6
Resumen	7
Abstract.....	8
Introducción.....	9
Metodología.....	12
Localización del Estudio	12
Límites del Estudio	12
Situación Actual de la Planta de Lácteos	12
Elaboración de Guía de Producción Más Limpia.....	14
Resultados y Discusión.....	18
Análisis de Consumo de Recursos y Generación de Residuos	18
Análisis de Procesos	26
Análisis de Causa y Efecto	30
Oportunidades de Producción Más Limpia.....	33
Seguimiento	43
Conclusiones	45
Recomendaciones.....	46
Referencias.....	47
Anexos.....	51

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Cuadro resumen de la información obtenida.	13
Cuadro 2 Criterios evaluados en la lista de verificación para el ahorro y uso eficiente del agua.	18
Cuadro 3 Criterios evaluados en la lista de verificación para el consumo y uso de energía.	19
Cuadro 4 Criterios evaluados en la lista de verificación para el manejo de vertimientos.....	19
Cuadro 5 Criterios evaluados en la lista de verificación para el manejo de residuos sólidos.	20
Cuadro 6 Principales fuentes de contaminación dentro de la planta de lácteos.	23
Cuadro 7 Caracterización del efluente de salida de la planta de lácteos de Zamorano.....	23
Cuadro 8 Programa de monitoreo para el ahorro y uso eficiente del agua.	34
Cuadro 9 Programa de concientización para el ahorro y uso eficiente del agua.	34
Cuadro 10 Programa para la implementación de tecnologías de bajo consumo de agua.	35
Cuadro 11 Programa de cambios de hábito de consumo para el ahorro y uso eficiente del agua.	35
Cuadro 12 Programa para el ahorro y uso de energía eléctrica.	36
Cuadro 13 Programa para el ahorro en consumo de combustibles.	36
Cuadro 14 Programa de usos alternativos para el suero de leche.	38
Cuadro 15 Programa para la reducción de desechos sólidos.	40
Cuadro 16 Matriz de Eisenhower para alternativas de suero y reducción en el consumo de agua.....	41
Cuadro 17 Matriz de Eisenhower para reducción en el consumo de energía y generación de desechos sólidos.	42

Índice de Figuras

Figura 1 Diseño del programa de gestión, uso eficiente y ahorro de recursos del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible de Colombia.	15
Figura 2 Consumo de agua en m ³ de la planta de lácteos de Zamorano de los últimos tres años.....	20
Figura 3 Consumo de energía eléctrica en kWh de la planta de lácteos de Zamorano de los últimos tres años.	21
Figura 4 Desechos de película plástica en kg generados por calibración de la envasadora.....	24
Figura 5 Desechos en kg provenientes de material de empaque por devoluciones.	25
Figura 6 Análisis de entradas y salidas para el proceso de elaboración de leche fluida.	26
Figura 7 Análisis de entradas y salidas para el proceso de elaboración de queso.	27
Figura 8 Análisis de entradas y salidas para el proceso de elaboración de yogur batido.....	28
Figura 9 Análisis de entradas y salidas para el proceso de elaboración de helado.	29
Figura 10 Diagrama de Ishikawa para el consumo de agua de la planta de lácteos de Zamorano.	30
Figura 11 Diagrama de Ishikawa para el consumo de energía eléctrica.....	31
Figura 12 Diagrama de Ishikawa para la generación de efluentes de salida de la planta de lácteos de Zamorano.	32
Figura 13 Diagrama de Ishikawa para la generación de desechos sólidos de la planta de lácteos de Zamorano.	33

Índice de Anexos

Anexo A Revisión ambiental inicial para la categoría de uso eficiente y ahorro de agua	51
Anexo B Revisión ambiental inicial para la categoría de consumo y uso de energía	52
Anexo C Revisión ambiental inicial para la categoría de manejo de vertimientos.....	53
Anexo D Revisión ambiental inicial para la categoría de manejo integral de residuos sólidos no peligrosos	54
Anexo E kg de leche procesada al año de la planta de lácteos de Zamorano	55
Anexo F Consumo de agua en m ³ de los últimos tres años	56
Anexo G Consumo de energía eléctrica en kW de los últimos tres años	57
Anexo H Actividades a realizar en el corto, mediano y largo plazo en la planta de lácteos.....	58
Anexo I Guía de prácticas de producción más limpia	59

Resumen

La contaminación industrial contribuye de manera significativa a la degradación del medio ambiente. Con motivo de reducir estos impactos negativos se desarrollaron las prácticas de producción más limpia, que son actividades sencillas que aumentan la productividad, permiten reducir los costos y el impacto ambiental de la empresa. Los objetivos de este proyecto fueron analizar el consumo de agua, energía, los efluentes de salida y desechos sólidos de la planta de lácteos de Zamorano, y elaborar una guía de producción más limpia que se adapte a las necesidades de esta industria. Se realizó un análisis de la situación actual para las cuatro categorías con una lista de verificación y un análisis de consumo de recursos. Posteriormente se realizó un análisis de procesos, causas y efectos para establecer los posibles problemas. Se identificaron las oportunidades de mejora y se priorizaron de acuerdo a la matriz de Eisenhower, se establecieron indicadores y monitoreos para el seguimiento. Para el año 2020 el índice de consumo de agua fue de 0.85 L/kg de leche, el índice de consumo de energía fue de 3.02 kWh/kg de leche y 0.44 L de diésel/kg de leche, y la tasa de generación de residuos de 0.30 g/kg de leche. En el año 2015 se encontraron valores DBO de 4,935.92 mg/L y DQO de 20,973.3 mg/L. Por último, la guía contó con siete secciones: introducción, justificación y objetivos, revisión bibliográfica, análisis de la situación actual de la planta, análisis de procesos, oportunidades de producción más limpia, y seguimiento.

Palabras clave: Consumo de energía, demanda de agua, desechos sólidos, efluentes residuales, producción más limpia.

Abstract

Industrial pollution contributes significantly to environmental degradation. In order to reduce these negative impacts, cleaner production practices were developed, which are simple activities that increase productivity, reduce costs and reduce the company's environmental impact. The objectives of this project were to analyze the consumption of water, energy, effluent and solid waste from the Zamorano dairy plant and develop a cleaner production guide that is adapted to the needs of this industry. An analysis of the current situation was carried out for the four categories with a checklist and an analysis of resource consumption. Subsequently, an analysis of processes, causes and effects was carried out to establish possible problems. Opportunities for improvement were identified and prioritized according to the Eisenhower matrix, indicators and monitoring were established for follow-up. For the year 2020, the water consumption index was 0.85 L/kg of milk, the energy consumption index was 3.02 kWh/kg of milk and 0.44 L diesel/kg of milk, and the waste generation rate was 0.30 kg/kg of milk. In 2015, BOD values of 4,935.92 mg/L and COD of 20,973.30 mg/L were found. Finally, the guide had seven sections: introduction, justification and objectives, bibliographic review, analysis of the current situation of the plant, process analysis, opportunities for cleaner production, and follow-up.

Keywords: Cleaner production, effluent discharges, energy consumption, solid wastes, water demand.

Introducción

La contaminación industrial contribuye de manera significativa a la degradación del medio ambiente. Una técnica que empezó a utilizarse para minimizarla fue la instalación de filtros y plantas de tratamiento, sin embargo, el costo de operación y mantenimiento de estas representa un gasto importante dentro de las empresas (Shrestha y Manandhar 2015) Fue así como surgió el término prevención de la contaminación, y más adelante la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) desarrollaron el programa de “Producción más Limpia”.

La producción más limpia (PML) se define como *“la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia global y reducir los riesgos para los seres humanos”* (ONUUDI 2008). Este programa busca la reducción en la generación de residuos desde la fuente para evitar su posterior tratamiento. Los beneficios de implementar estrategias para reducir los impactos ambientales son la reducción de costos adicionales en términos de energía y tratamiento de residuos, ahorro energético, la construcción sostenible, descontaminación de agua y suelos, reducción en la emisión de gases de efecto invernadero y la rentabilidad (Budde et al. 2016).

Una de las principales consecuencias de la globalización es el aumento en el consumo de productos lácteos, leche fluida y queso principalmente. Para el año 2019 se estimó el mercado de lácteos en 53.72 miles de millones de dólares y 225 toneladas métricas, con proyecciones a crecer a 234 toneladas métricas para el 2021 (Shahbandeh 2021). Pero, a medida que aumenta la producción lo hace también el consumo de recursos. Para lograr crecimiento económico y desarrollo sostenible, es urgente reducir la huella ecológica mediante un cambio en los métodos de producción y consumo de bienes y recursos. La gestión eficiente de los recursos naturales compartidos y la forma en que se elimina los desechos tóxicos y los contaminantes son vitales para lograr este objetivo (PNUD 2021).

La sostenibilidad se define como *“el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones, garantizando el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social”* (Acciona 2020). La sostenibilidad de la industria láctea se entiende entonces, como la respuesta a una demanda creciente, en cantidad y calidad de productos lácteos, sin comprometer los recursos naturales requeridos en todo el proceso.

Los principales impactos ambientales asociados en la industria láctea son el alto consumo de agua, la descarga de efluentes con alta carga orgánica, y el consumo de energía. También puede haber otras preocupaciones como el ruido, los olores y los desechos sólidos (UNEP y EPA 2000). En la industria láctea, los principales procesos contaminantes son la producción de quesos, cremas y mantequilla, el proceso de lavado de torres de secado y las soluciones de limpieza alcalina (Santamaría Freire et al. 2015). Estos a su vez pueden contribuir con la generación de Gases de Efecto Invernadero (GEI), especialmente cuando se adopta una perspectiva de ciclo de vida.

El principal problema de contaminación está asociado a la descarga de efluentes provenientes del suero, debido a la alta carga de nutrientes que presenta. Este elemento es obtenido de la producción de queso, donde el 80 al 90% de la leche que entra al proceso se convierte en suero (Ferreira et al. 2018). Usualmente no es visto como un producto más y se descarga junto con otros contaminantes. Se estima que el suero generado en la elaboración de queso tiene un DBO de 30,000 a 50,000 mg/L y como DQO entre 60,000 y 80,000 mg/L (Araujo et al. 2013). Dependiendo de la ubicación de la planta procesadora la descarga de estos fluentes se hace a plantas de tratamiento, directamente al suelo o a los cuerpos de agua ocasionando daños en los cuerpos receptores.

En términos de consumo de recursos, el agua representa el más importante en la industria, ya que es utilizada para la limpieza de los equipos y áreas de trabajo. De acuerdo con Santamaría Freire et al. (2015) los índices de consumo de agua pueden variar de 1.3 a 3.2 litros de agua/kg de leche procesado.

El consumo de energía está asociado directamente con la elaboración de los productos, principalmente en los tratamientos de calor, como pasteurización, enfriamiento y almacenamiento. Este recurso es indispensable para asegurar la inocuidad de los productos. Alrededor del 80% del consumo de energía es obtenido de combustibles fósiles, y contribuye con las emisiones atmosféricas (Ferreira et al. 2018).

Por otro lado, los desechos sólidos provenientes de esta industria provienen de la pérdida de materias primas, pérdida de producto terminado, excedente en empaques, empaques defectuosos, devoluciones, cenizas de la caldera, de las áreas administrativas y cuidado personal. Sin embargo, para este estudio los desechos a estudiar serán únicamente aquellos asociados al excedente de empaques, empaques defectuosos, devoluciones y pérdidas por calibración en la envasadora. Estos desechos pueden ser reutilizados, pero generalmente son desechados.

El uso apropiado y eficiente de los recursos utilizados en la industria es trascendental para no ocasionar daños al medio ambiente, la salud humana y reducir costos. Por tal motivo, desde una perspectiva integral este documento analiza y describe aspectos de la industria láctea como: el uso de agua y energía, la descarga de aguas residuales y los desechos sólidos a través del planteamiento de los siguientes objetivos:

Realizar un análisis inicial de consumo de agua, energía, efluentes de salida y producción de desechos sólidos de la planta de lácteos de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.

Elaborar una guía de prácticas de producción más limpia para la planta de lácteos de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano abordando la prevención y minimización en el consumo de agua, energía, desechos sólidos y efluentes de salida.

Metodología

Localización del Estudio

El estudio utilizó como modelo la Planta de Lácteos de Zamorano, ubicada en el km. 30 carretera de Tegucigalpa a Danlí, Valle del Yeguaré, Municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras.

Límites del Estudio

Este estudio se limitó a analizar datos de consumo de recursos de la planta de lácteos, sin considerar el proceso de obtención de estos recursos, ni el impacto que los productos pudieron tener fuera de la planta.

Situación Actual de la Planta de Lácteos

Análisis de Consumo de Recursos y Generación de Residuos

Se realizó un análisis de la situación actual de la planta de lácteos para las categorías de: Consumo de agua, consumo de energía, vertimiento de efluentes y generación de desechos sólidos. Este análisis se realizó por medio de una lista de verificación desarrollada por Villegas y García (2020), donde se identificaron aspectos positivos y negativos que se practican. La lista de verificación se completó mediante una entrevista al jefe técnico de la planta.

La lista de verificación para el ahorro y uso eficiente del agua cuenta con 14 actividades descritas en el Anexo A. Para la lista de verificación del consumo de energía se contó con nueve actividades descritas en el Anexo B. En el manejo de vertimientos la lista de verificación contó con cinco actividades y se describen en el Anexo C. Y por último, el manejo de desechos sólidos contó con 13 actividades descritas en el Anexo D.

Luego de completar la lista de verificación se analizó el consumo de agua y energía por datos históricos de consumo desde el año 2018 al 2020 mediante estadística descriptiva. Para los efluentes residuales se analizaron los valores DBO y DQO del año 2015 mediante una revisión bibliográfica. Y, se cuantificó la tasa de generación de desechos sólidos generados por devoluciones de productos para

el año 2019 y 2020. Los datos históricos de consumo de agua y energía fueron proporcionados por la Unidad de Planta Física de Zamorano. Los valores de DBO y DQO fueron obtenidos de una tesis elaborada por un estudiante de la carrera de Ambiente y Desarrollo y comparados con la norma hondureña para el vertimiento de aguas residuales a cuerpos receptores. Y, los datos sobre desechos sólidos por devoluciones fueron obtenidos de los registros de la planta de lácteos. Esta información se resume en el Cuadro 1.

Cuadro 1

Cuadro resumen de la información obtenida.

Dato	Fuente
Consumo de agua	Planta física
Consumo de energía	Planta física
Consumo diésel	Planta de lácteos
Desechos sólidos generados	Planta de lácteos
Valores DBO y DQO	Tesis 2015

Medición De Desechos Sólidos

Dentro de los desechos sólidos se consideraron empaques de los diferentes productos elaborados dentro de la planta, divididos en aquellos que regresan a la planta por devoluciones, y aquellos que se descartan por calibración de los equipos. Para determinar la tasa de generación de desechos por calibración se midió durante tres semanas la película de polietileno de baja densidad (LDPE) utilizado para empaque de leche con chocolate, leche semidescremada y crema.

Estimación de Indicadores Ambientales

Los indicadores ambientales ayudaron a determinar si el consumo de recursos se encontraba dentro de los parámetros establecidos. La unidad funcional utilizada fue kg de leche. Con la Ecuación 1 se determinó la relación entre litros de agua y kg de leche procesada, con la Ecuación 2 se determinó el consumo de energía eléctrica, con la Ecuación 3 se determinó el consumo de diésel, y con la Ecuación 4 se determinó la tasa de generación de residuos.

$$\text{Consumo de Agua} = \frac{L \text{ de agua}}{Kg \text{ de leche procesada}} \quad [1]$$

$$\text{Consumo de Energía Eléctrica} = \frac{\text{kWh}}{\text{Kg de leche procesada}} \quad [2]$$

$$\text{Consumo de Energía} = \frac{\text{L de diésel}}{\text{Kg de leche procesada}} \quad [3]$$

$$\text{Generación de Residuos} = \frac{\text{g de plástico}}{\text{Kg de leche procesada}} \quad [4]$$

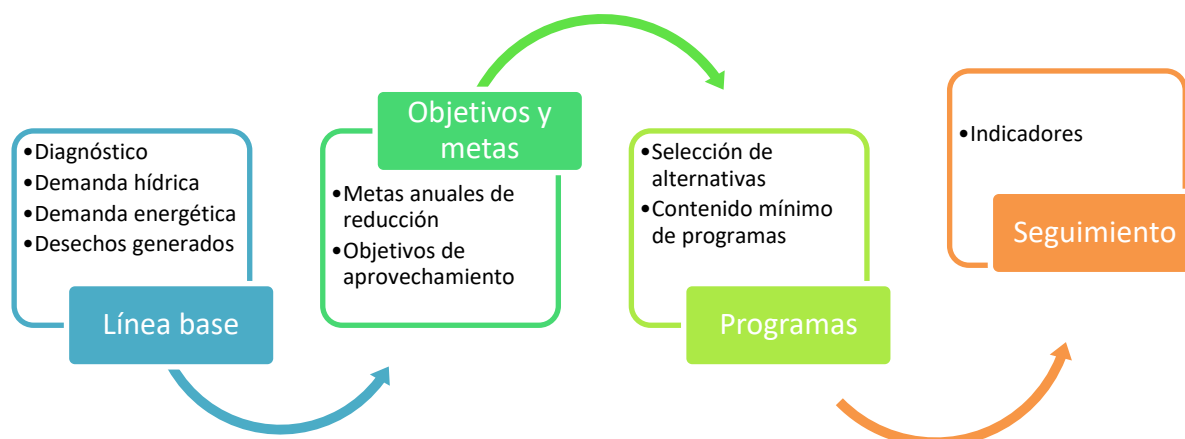
Elaboración de Guía de Producción Más Limpia

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia establece que un programa de gestión, y uso eficiente de recursos debe seguir la metodología descrita en la Figura 1, iniciando por la creación de una línea base, el establecimiento de objetivos y metas, el desarrollo de programas y el seguimiento. Para la elaboración de esta guía se adaptó esta metodología a los criterios establecidos por el Centro Nacional de Producción más Limpia de Honduras CNPLH (2010), el Centro Nacional de Producción más Limpia y Tecnologías Ambientales de Corantioquía CNPMLTA (2016) y Rojas (2011) . En base a lo anterior se definieron siete secciones diferentes para la guía:

- Sección I: Introducción
- Sección II: Justificación y objetivos
- Sección III: Marco teórico
- Sección IV: Análisis de la situación actual
- Sección V: Análisis de procesos
- Sección VI: Oportunidades de producción más limpia
- Sección VI: Seguimiento

Figura 1

Diseño del programa de gestión, uso eficiente y ahorro de recursos del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible de Colombia.



Nota. Adaptado de CNPMLTA (2016)

Sección I: Introducción

En la introducción se incluyeron aspectos generales sobre las prácticas de producción más limpia, la sostenibilidad y el impacto de la industria láctea al ambiente.

Sección II: Justificación y Objetivos

En esta sección se describió el por qué es necesario la adopción de prácticas de producción más limpia y el propósito de elaborar esta guía.

Sección III: Marco Teórico

Aquí se incluyó una pequeña revisión bibliográfica que sirva como preámbulo sobre qué es la sostenibilidad, qué son las prácticas de producción de más limpia y el propósito de estas. Se determinó también cuáles serían las categorías a evaluar.

Sección IV: Análisis de la Situación Actual

En esta sección se analizarán las categorías: Agua, energía, desechos sólidos y valores de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) de los efluentes de salida.

Sección V: Análisis de Procesos

Se realizó una evaluación preliminar de los recursos utilizados en los principales procesos productivos: leche fluida, queso, yogur y helado, donde se analizaron las entradas y salidas de las categorías seleccionadas mediante diagramas de flujo. En base a estos diagramas se definieron las opciones de mejora utilizando el diagrama de Ishikawa o también conocido como diagrama de espina dorsal. En el diagrama de Ishikawa se identificó el problema al lado izquierdo, y las causas al lado derecho.

Sección VI: Oportunidades de Producción Más Limpia

En esta sección se incluyeron las recomendaciones propuestas, la definición de cada una de ellas y las medidas que deben priorizarse. Las recomendaciones fueron seleccionadas en base a los análisis realizados, y debían adecuarse a las condiciones de la planta tanto para el uso eficiente de agua y energía, usos alternativos a agentes contaminantes y la disposición adecuada de desechos sólidos.

Dentro de esta sección se incluyó también una priorización de actividades, seleccionadas mediante la matriz de Eisenhower, que consta de dos ejes: en el eje horizontal la urgencia (si es urgente o no), y en el eje vertical la importancia (Importante o no). En cada matriz se analizó un máximo de ocho ideas de acuerdo a lo establecido por Llopis y Camacho (2020). Una vez seleccionadas las oportunidades de acuerdo a la importancia y urgencia se realizó una breve revisión bibliográfica sobre sus beneficios.

Sección VII: Seguimiento

Se elaboraron fichas de recolección de datos para el seguimiento de cada actividad implementada y se establecieron indicadores para monitorear y evaluar cada medida propuesta.

Resultados y Discusión

Análisis de Consumo de Recursos y Generación de Residuos

La lista de verificación se realizó con el propósito de conocer las actividades que se realizan en la planta para la sostenibilidad del ambiente. En la categoría de ahorro y uso eficiente del agua se evaluaron 14 actividades (Anexo A), y únicamente se cumple con cuatro, siendo: Inspecciones regulares de fugas, tuberías y llaves en buen estado, instrumentos de medición del volumen de agua, y agua con parámetros de calidad para consumo humano. Aspectos importantes como la concientización del uso eficiente del agua no son fomentados en el personal, ni se cuenta con actividades y/o equipos que permitan optimizar el consumo. Las actividades que actualmente se realizan y no se realizan de acuerdo con la lista de verificación se describen en el Cuadro 2.

Cuadro 2

Criterios evaluados en la lista de verificación para el ahorro y uso eficiente del agua.

Actividades que se realizan	Actividades que no se realizan
Agua para consumo humano	Uso de hidrolavadoras
Inspección de fugas	Unidades sanitarias ahorradoras
Buen estado de llaves y tuberías	Capacitación del personal sobre el uso eficiente del agua
Medición del agua que se consume	Campañas de uso eficiente del agua
	Programas para el uso eficiente del agua
	Pistolas de bajo volumen y alta presión
	Túnel de lavado de canastas
	Limpieza en seco de equipos y superficies
	Medición en áreas clave
	Cálculo de indicadores

En la categoría de consumo y uso de energía se evaluaron nueve actividades (Anexo B), y se cumple con seis. La mayoría de actividades para el ahorro se realizan en esta categoría, a excepción de contar con bombillos ahorradores y un sistema de energía alternativa. Las actividades que se realizan actualmente obtenidas mediante la lista de verificación se encuentran enlistadas en el Cuadro 3.

Cuadro 3

Criterios evaluados en la lista de verificación para el consumo y uso de energía.

Actividades que se realizan	Actividades que no se realizan
Mantenimientos preventivos y correctivos al equipo y maquinaria	Uso de bombillos ahorradores en áreas de trabajo
Mantenimientos al aire acondicionado	Uso de bombillos ahorradores en instalaciones
Iluminación zonificada	Sistemas de energía alternativa
Aprovechamiento de luz natural	
Buen estado de redes eléctricas	
Identificación de equipos de alto consumo	

En la categoría de manejo de vertimientos se evaluaron cinco actividades (Anexo C), y se cumple con dos. Se cuenta con el permiso de vertimiento doméstico y vertimientos industriales, también se cuenta con tratamiento para las aguas residuales. Las actividades que se realizan y las que no obtenidas mediante la lista de verificación se describen en el Cuadro 4.

Cuadro 4

Criterios evaluados en la lista de verificación para el manejo de vertimientos.

Actividades que se realizan	Actividades que no se realizan
Se cuenta con permiso de vertimientos domésticos	No se mide el agua vertida
Se cuenta con permiso de vertimientos industriales	No hay planta de tratamiento de aguas residuales Se posee tratamiento para aguas residuales

Y, en la categoría de manejo de residuos sólidos no peligrosos se evaluaron 13 actividades (Anexo D), se cumplen actividades como depositar los desechos en los contenedores apropiados, rotular los residuos peligrosos, contar con centros de acopio, realizar abono orgánico y contar con trampa de grasa. Dos de las trece actividades no aplican a los procesos que realiza la planta, relacionadas a las cenizas provenientes de la caldera, puesto que se utiliza diésel en lugar de madera. Entre las actividades que no se realizan se encuentra el potencial de esos desechos como materia prima y una adecuada separación desde la fuente. La lista completa de actividades que se realizan y que no se realizan obtenidas de la lista de verificación se describen en el Cuadro 5.

Cuadro 5

Criterios evaluados en la lista de verificación para el manejo de residuos sólidos.

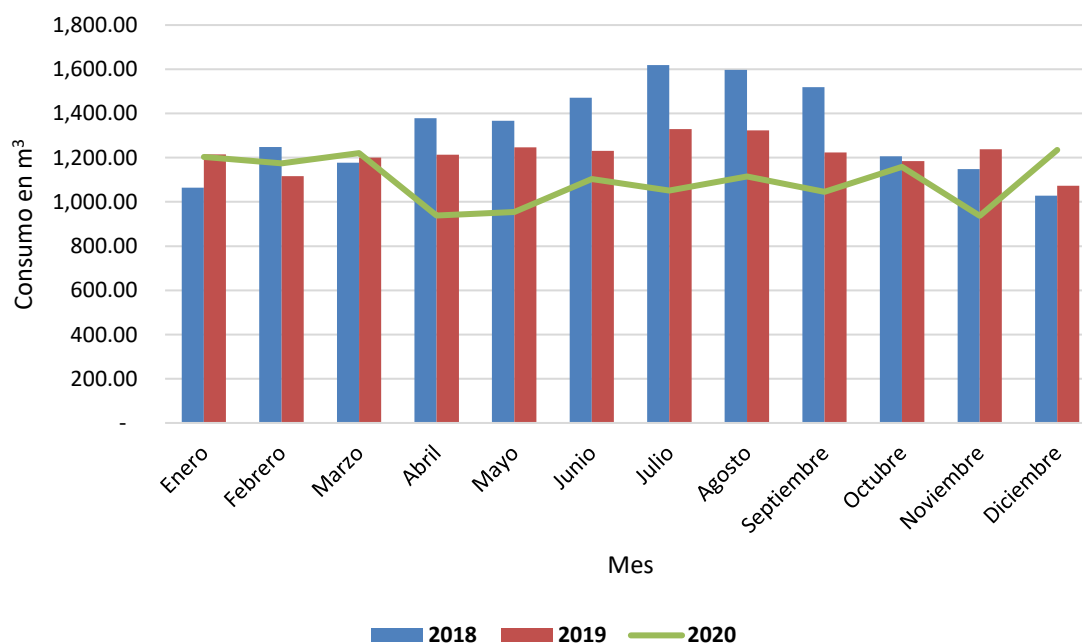
Actividades que se realizan	Actividades que no se realizan
Depósitos para residuos peligrosos	Categorización de residuos peligrosos
Trampa de grasa	Puntos ecológicos
Identificación y rotulación de residuos peligrosos	Adecuada separación de residuos desde la fuente
Centro de acopio de residuos	Caracterización de residuos sólidos
Abono orgánico	Gestores autorizados para la deposición de residuos sólidos
	Aprovechamiento de los residuos como materia prima secundaria

Agua y Energía

En la planta el agua es usada para la limpieza de áreas y equipos, y como medio de calentamiento/enfriamiento en el pasteurizador de placas. En la Figura 2 puede observarse el consumo mensual de agua de los últimos tres años.

Figura 2

Consumo de agua en m³ de la planta de lácteos de Zamorano de los últimos tres años.



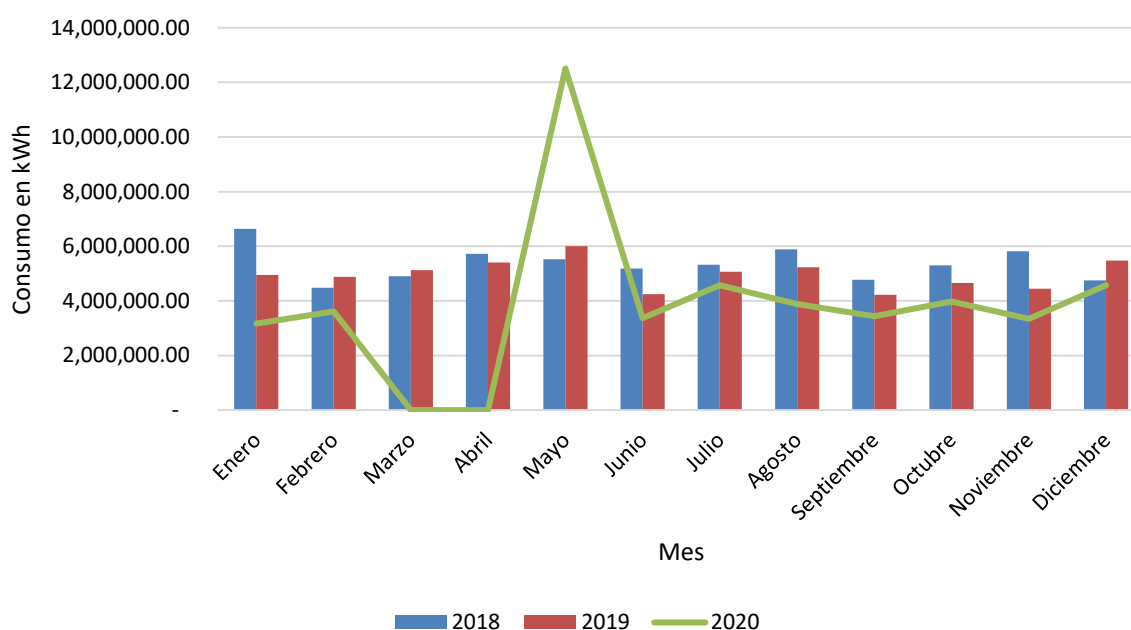
La Figura 2 indica una disminución en el consumo promedio de agua cada año, habiéndose reducido 223.96m³ del 2018 al 2020, que representa una reducción del 16.98%. De acuerdo con la cantidad de leche procesada (Anexo E), la relación en litros de agua utilizada/kg de leche procesada para el año 2018 fue de 0.78, para el año 2019 fue de 0.69, y para el año 2020 aumentó a 0.85. La industria establece valores de consumo de agua de 1.3 - 3.2 Lt de agua/kg de leche procesada, sin embargo, puede reducirse hasta 0.8 – 1.0 L de agua/kg de leche adoptando sistemas de uso eficiente para este recurso (Santamaría Freire et al. 2015).

Actualmente el indicador ambiental para consumo de agua de la planta se encuentra debajo de lo establecido por la literatura, sin embargo, en la lista de verificación se pudo observar que existen muchas buenas prácticas que ayudarían a reducir el consumo aun más.

La energía en la planta es utilizada para el funcionamiento de los equipos, iluminación, y para el enfriamiento de productos, ayudando a mantener la inocuidad de estos. En la Figura 3 se muestra el consumo de energía en kWh de los últimos tres años.

Figura 3

Consumo de energía eléctrica en kWh de la planta de lácteos de Zamorano de los últimos tres años.



El consumo energético promedio anual se ha reducido en 1,488,657.75 kWh del 2018 al 2020. Sin embargo, es importante considerar que no se cuentan con el consumo de los meses de marzo y abril para el año 2020, por lo que el promedio anual para ese año es más bajo de lo que debería ser. Los índices de consumo energético/kg de leche procesada fueron de 3.15 kWh/kg leche para el 2018, 2.81 kWh/kg leche para el 2019, y de 3.02 kWh/kg leche para el 2020. De acuerdo con la UNEP Y EPA (2000), el índice de energía para una planta que usa vapor para el procesamiento es de 0.56 kWh/kg de leche procesada. Por lo tanto, los índices de consumo de energía dentro de la planta se encuentran muy por encima de los estándares. El aumento en el consumo de electricidad puede deberse al uso de motores antiguos o una falta de corrección en el factor de potencia (Shrestha y Manandhar 2015).

En la lista de verificación se puede observar que no se cuentan con unidades ahorradoras de energía, ni se hace uso de fuentes alternativas de energía. La implementación de estas actividades pueden ayudar a reducir los índices de consumo energético. Estos altos valores pueden deberse a acciones simples como dejar encendidos equipos o luces cuando no se están utilizando.

Adicionalmente, la caldera de la planta de lácteos utiliza calderas de vapor de agua con una eficiencia energética del 50%. El vapor es utilizado para llevar la leche de 55 a 72°C en el pasteurizador.

Efluentes de Salida

Dentro de la planta los efluentes de salida pueden descargarse como: Suero, leche, crema, residuos de mezclas y detergentes. Los efluentes más comunes son suero y productos que retornan a la planta por devoluciones. Estos son los que aumentan la concentración de algunos parámetros físico-químicos en los efluentes de salida. En el Cuadro 6 se describen las principales actividades que influyen en los valores DBO y DQO de las aguas residuales en la planta de lácteos de Zamorano.

Cuadro 6

Principales fuentes de contaminación dentro de la planta de lácteos.

Actividad láctea	Principal fuente de contaminación
Pasteurización y enfriamiento	Derrames de leche Jabones, desinfectantes y detergentes usados para la limpieza
Elaboración de quesos	Suero de leche
Devoluciones de producto	Derrames de producto al vertedero

En el año 2015 la carrera de Ambiente y Desarrollo midió los efluentes de la planta de lácteos para establecer la carga orgánica que aportan. Los resultados se muestran en el Cuadro 7.

Cuadro 7

Caracterización del efluente de salida de la planta de lácteos de Zamorano.

Parámetro	Unidad	Promedio	Rango
pH	-	7.03 ± 0.13	6.57 - 8.23
Temperatura	°C	27.82 ± 1.55	25.70 - 29.60
Demanda química de oxígeno	mg/L	20,973.33 ± 11,827.75	5,839 - 36,238
Demanda biológica de oxígeno	mg/L	4,935.92 ± 2,164.53	1,522.50 - 7,044
Sólidos totales	mg/L	9,069.33 ± 6,172.31	2,318 - 16,884
Sólidos volátiles	mg/L	6,840.67 ± 4,882.90	208 - 13,994
Nitrógeno total	mg/L	25 ± 7.56	17.77 - 39.48
Nitrógeno amoniacal	mg/L	2.63 ± 1.73	0.99 - 5.92
Fósforo total	mg/L	121.83 ± 103.47	40 - 287. 50
DBO/DQO	-	0.24 ± 0.10	0.19 - 0.26

Nota. Tomado de Rocha Melogno (2015)

De acuerdo con Rocha Melogno (2015), el agua residual de la planta de lácteos tiene un valor promedio DQO de 20,973.3 mg/L y DBO de 4,935.92 mg/L. Estos valores sobrepasan los valores permitidos por la Norma Técnica de las Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores y Alcantarillado Sanitario de Honduras, por lo que se les realiza un tratamiento previo a la descarga final. Los valores de DBO y DQO pueden variar cada día dependiendo del producto que se esté elaborando en la planta o bien, dependiendo del agua utilizada para la limpieza, por esta razón, la desviación estándar en estas categorías es demasiado alta. La planta de lácteos cuenta con una fosa séptica para

el tratamiento de las aguas residuales, sin embargo, el tratamiento se da solamente a nivel físico, pues no se agrega ningún compuesto que ayude a reducir los valores de DBO y DQO.

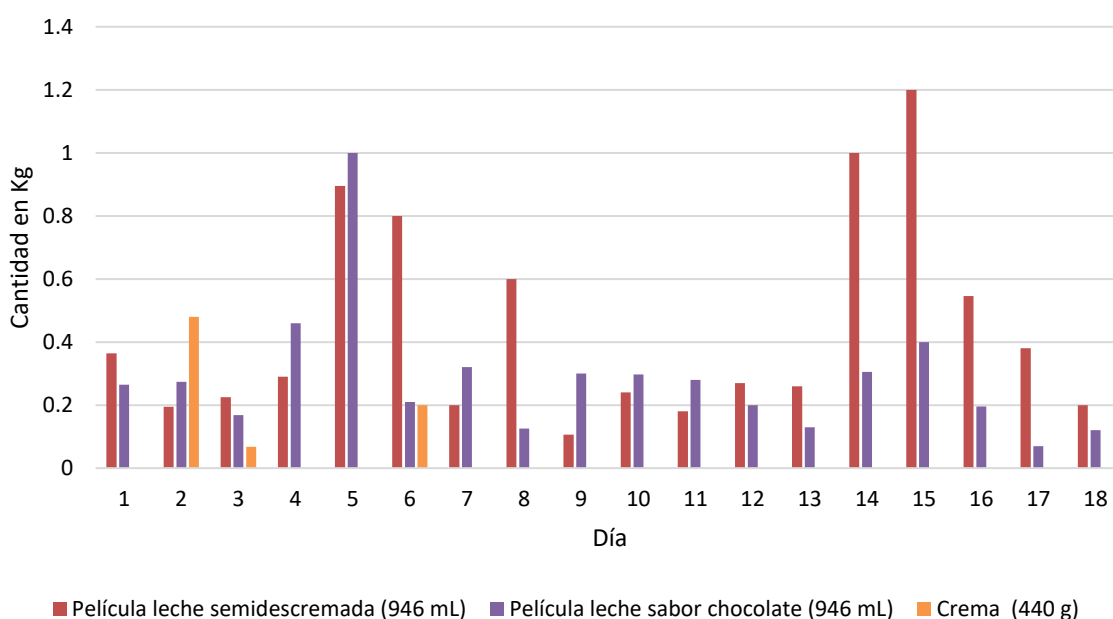
Los efluentes descargados con estas cargas orgánicas, sin tratamiento previo, ocasionan problemas ambientales en los suelos, ríos, lagos y aguas costeras, afectando el oxígeno disuelto en los cuerpos de agua y la flora y fauna de ese ecosistema. Investigaciones demostraron que todos los efluentes de la industria láctea pueden ser tratados en un mismo proceso, a excepción del suero de leche, que por su compleja biodegradación puede causar una alta carga a cualquier sistema de aguas residuales. Por lo tanto, se hace necesaria la búsqueda de alternativas de uso para el suero lácteo, y en el peor de los casos para su tratamiento.

Desechos Sólidos

Los desechos sólidos considerados para el análisis son empaques que retornan a la planta por devoluciones de producto y aquellos generados por calibración en la envasadora. En la Figura 4 se muestra la cantidad en kg de plástico generado por calibración.

Figura 4

Desechos de película plástica en kg generados por calibración de la envasadora.

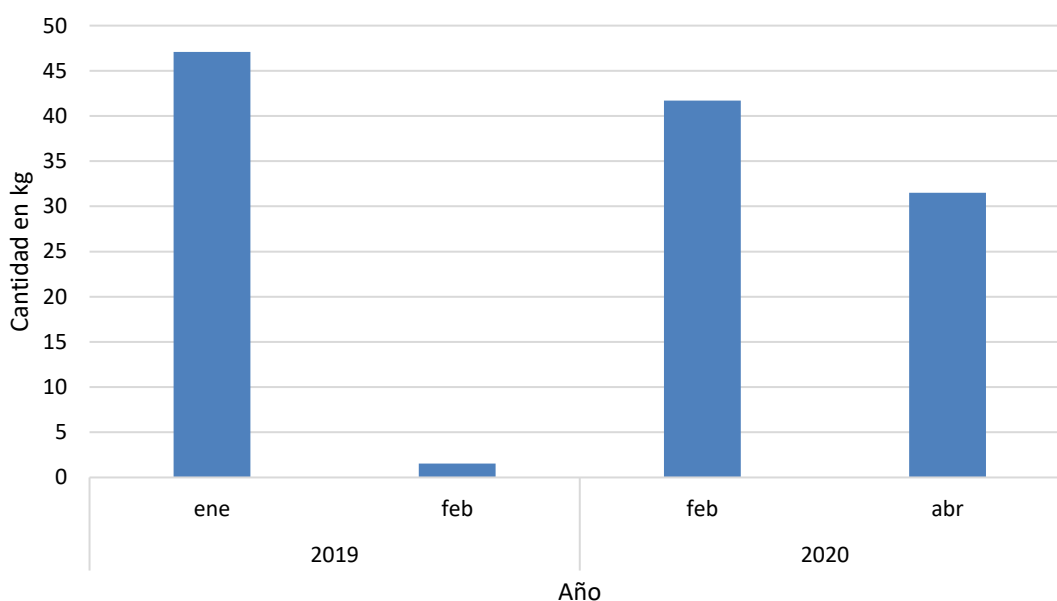


De acuerdo con los datos recolectados, la envasadora de la planta de lácteos tiene una tasa promedio de generación de desechos de 0.98kg/día. Estos desechos corresponden a la película plástica de LDPE utilizada para el envasado de leche semidescremada, leche con chocolate y crema.

Los desechos sólidos se generan del retorno de productos a la planta procesadora. Durante el año 2019 se generaron un total de 48.62 kg y para el año 2020 se generaron 73.24 kg, esto únicamente de empaques por devoluciones. Estos resultados pueden observarse en la Figura 5. Si añadimos a estos valores la cantidad de desechos diarios generados por calibración, aumentan a 355.36 kg/año para el 2019 y a 379.98 kg/año para el 2020.

Figura 5

Desechos en kg provenientes de material de empaque por devoluciones.



De acuerdo con los volúmenes de leche procesada para el 2019 la tasa de generación de residuos es de 0.20 g de desechos/kg de leche procesada, y para el año 2020 la tasa es de 0.30 g de desechos/kg de leche procesada. La generación de desechos sólidos de la industria láctea es muy pequeña, y corresponde principalmente a envases y embalajes (Villena 1995). El problema es

trasladado en mayor medida al consumidor, que es el que debe disponer de ellos al haber consumido el producto.

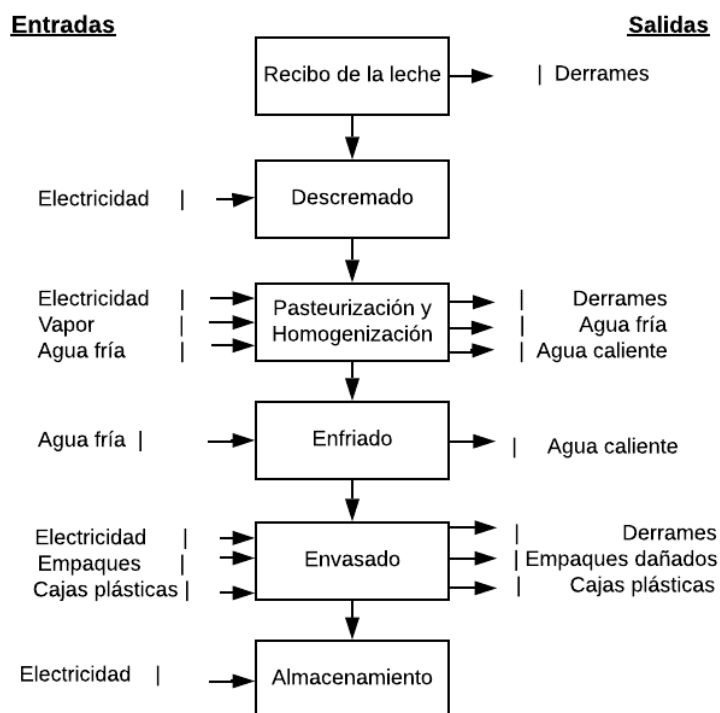
Análisis de Procesos

Este análisis identificó los principales recursos consumidos y desechos generados en los cuatro grandes procesos productivos de la planta: Leche fluida, queso, yogur y helado. Aquí se identificaron las potenciales prácticas de producción más limpia, y se obtuvo un inventario preliminar de las primeras opciones obvias, y que problemas deberían abordarse.

En la Figura 6 se observa el análisis de entradas y salidas para el proceso de leche fluida. Se nota que una de las actividades de especial interés es el consumo de electricidad. En este proceso es donde se generan la mayor cantidad de desechos sólidos, pues al envasarlos se pierden empaques por calibración.

Figura 6

Análisis de entradas y salidas para el proceso de elaboración de leche fluida.

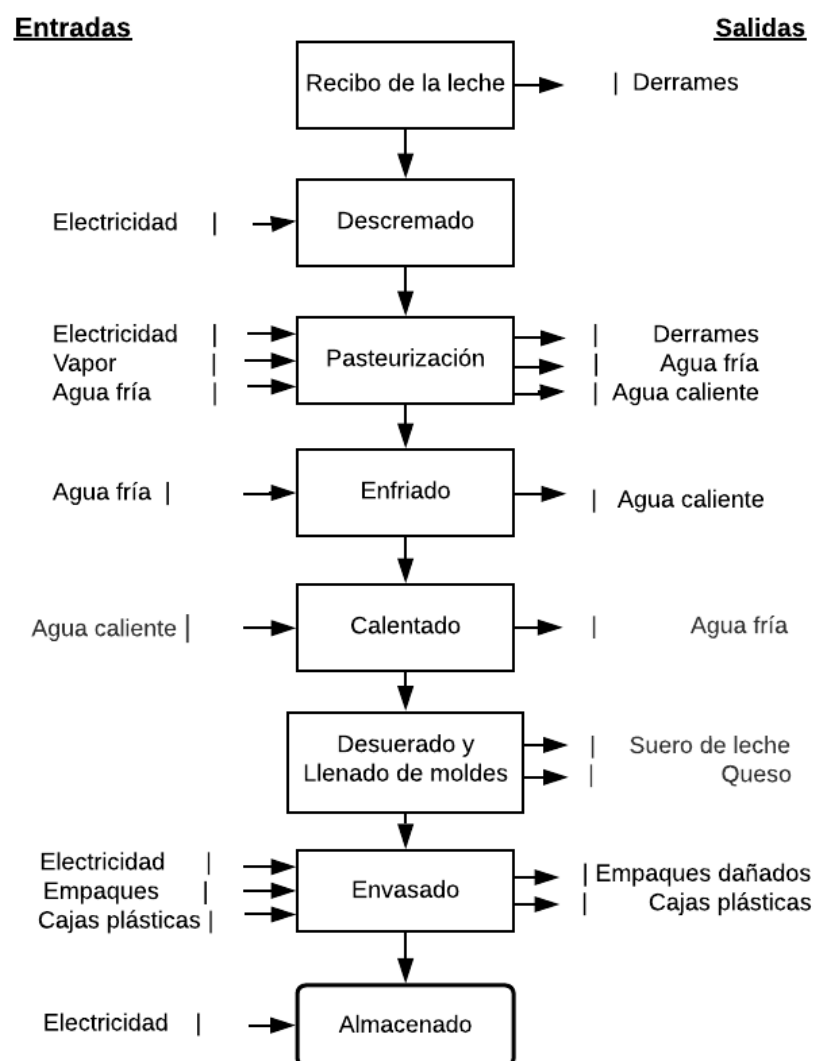


Nota. Adaptado de Chávez Santos (2018)

En la Figura 7 se ilustran las entradas y salidas del proceso de elaboración de quesos. Se identificó que la actividad más importante es la generación de suero de leche, que va directo a los efluentes aumentando la carga orgánica.

Figura 7

Análisis de entradas y salidas para el proceso de elaboración de queso.

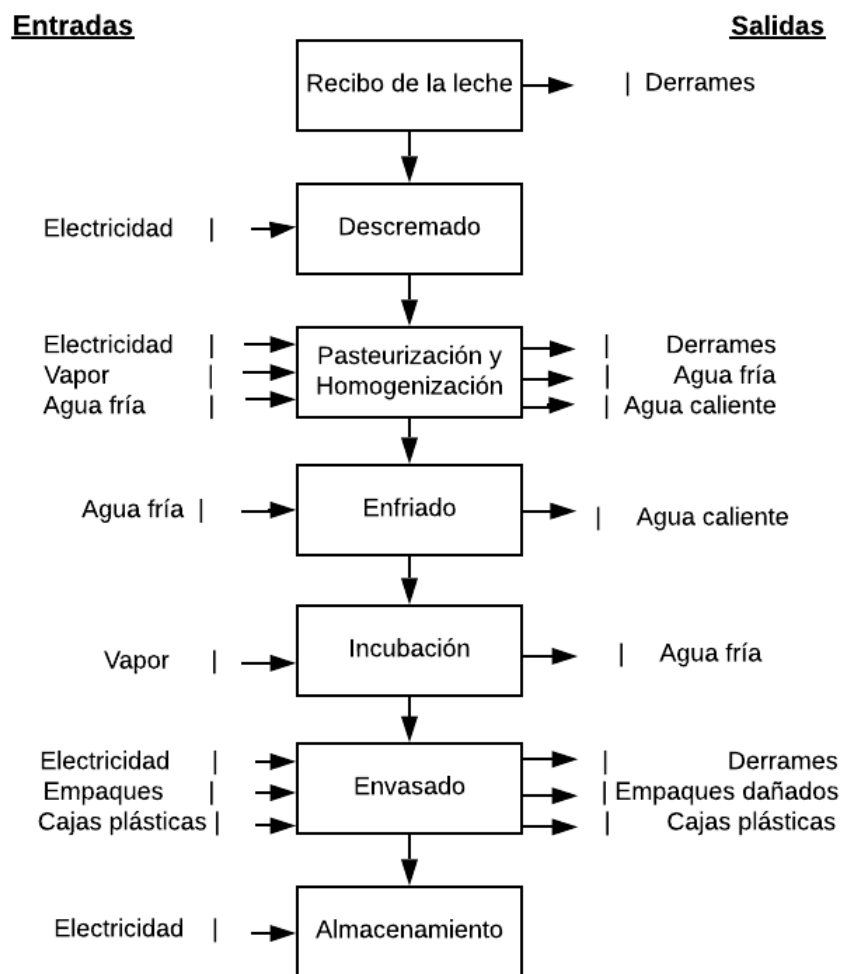


Nota. Adaptado de Chávez Santos (2018)

En la Figura 8 se observa el análisis de entradas y salidas para el proceso de yogur batido semi-sólido. Aquí no se producen desechos que aumenten significativamente en los efluentes de salida, los consumos principales son de electricidad.

Figura 8

Análisis de entradas y salidas para el proceso de elaboración de yogur batido.

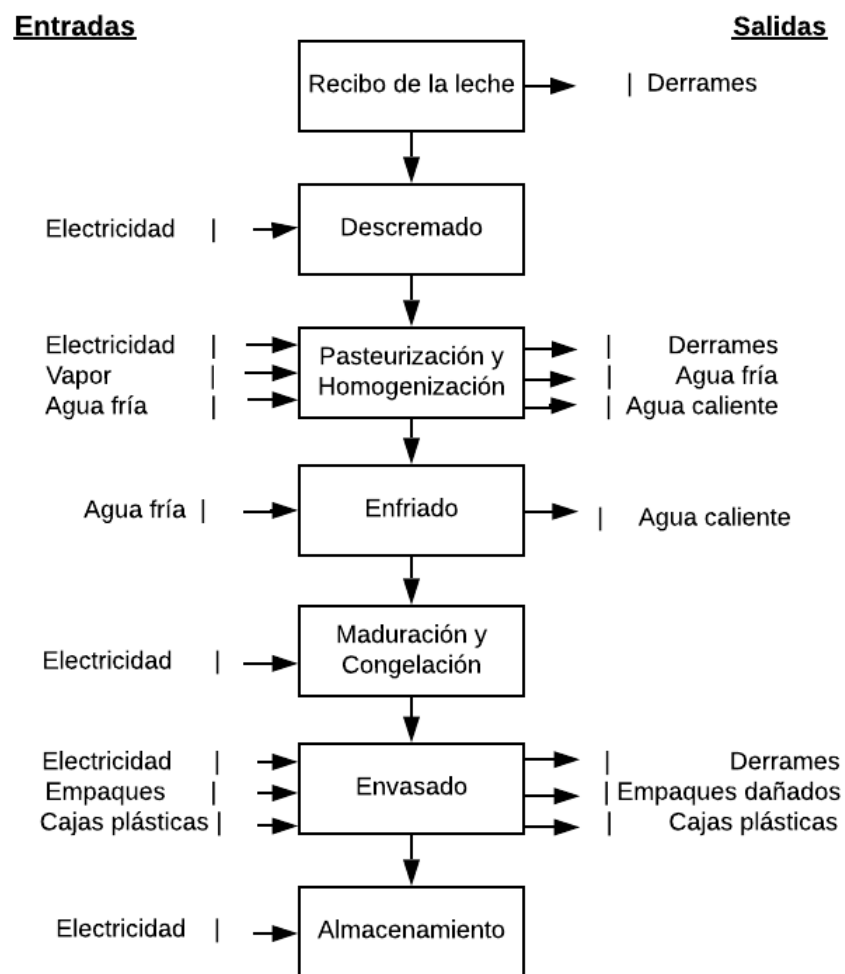


Nota. Adaptado de Chávez Santos (2018)

En la Figura 9 se observa el análisis de entradas y salidas para la elaboración de helados. La principal actividad de interés en este proceso es el consumo energético, que utiliza más que los anteriores al realizarse la maduración y el endurecimiento.

Figura 9

Análisis de entradas y salidas para el proceso de elaboración de helado.



Nota. Adaptado de Chávez Santos (2018)

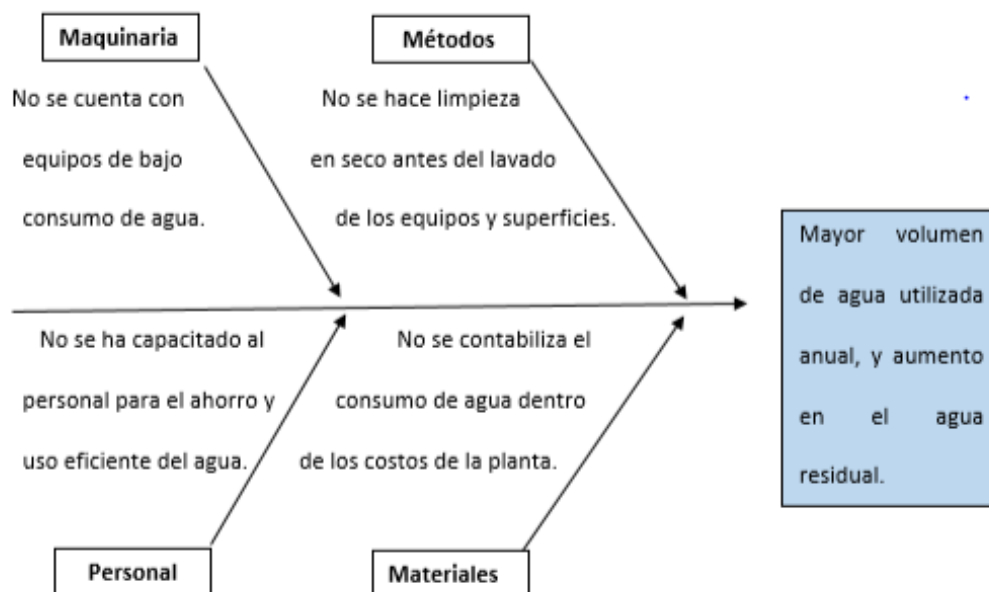
En todos los procesos productivos se identificó que durante el enfriamiento, almacenamiento, pasteurización y homogenización se consume la mayor cantidad de energía eléctrica. Y para la elaboración de helados la maduración y congelación aporta también al consumo energético.

Análisis de Causa y Efecto

El análisis de causa y efecto ayudó a identificar el principal problema en cada una de las categorías evaluadas. En la categoría de agua se identificó que una de las principales causas del volumen consumido, como se ilustra en la Figura 10, es la falta de equipos y prácticas que optimicen el consumo de agua durante las actividades de limpieza, además la falta de sensibilidad por parte del personal en la realización de las actividades diarias. Y, aunque los índices de consumo/kg de leche procesada se encuentran dentro de los estándares, existen muchas actividades que pueden realizarse para reducir aún más el consumo.

Figura 10

Diagrama de Ishikawa para el consumo de agua de la planta de lácteos de Zamorano.

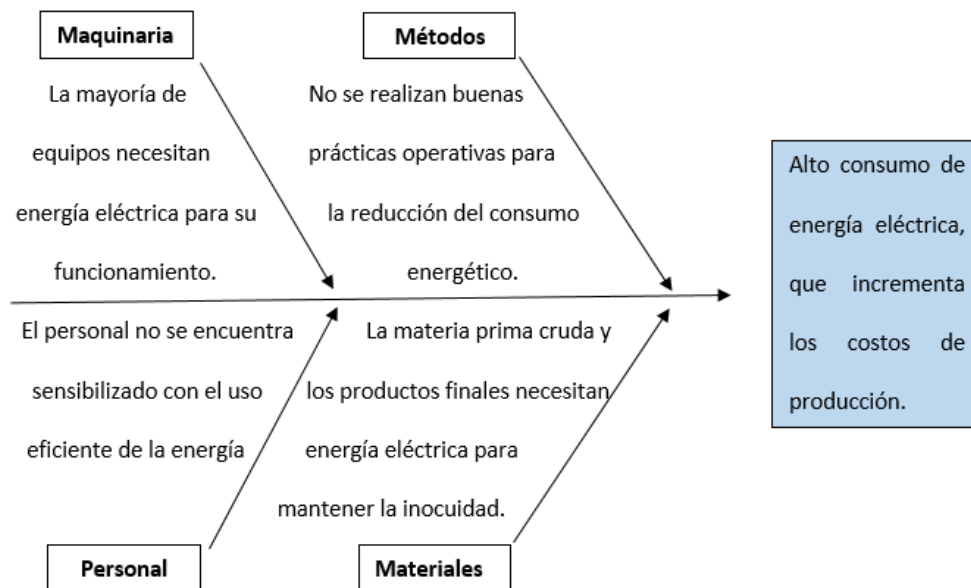


En la categoría de energía eléctrica se identificó que una de las causas para que los índices de consumo sean más altos que los estándares, como se ilustra en la Figura 11, es la falta de sensibilización del personal sobre el consumo energético y no se fomentan buenas prácticas operativas para reducirlas, como el apagado de luces, entre otras. La energía eléctrica es un recurso

ampliamente utilizado dentro de la planta para el funcionamiento de los equipos y para mantener la inocuidad de los productos por medio de los cuartos fríos, por lo tanto, el consumo esperado es alto.

Figura 11

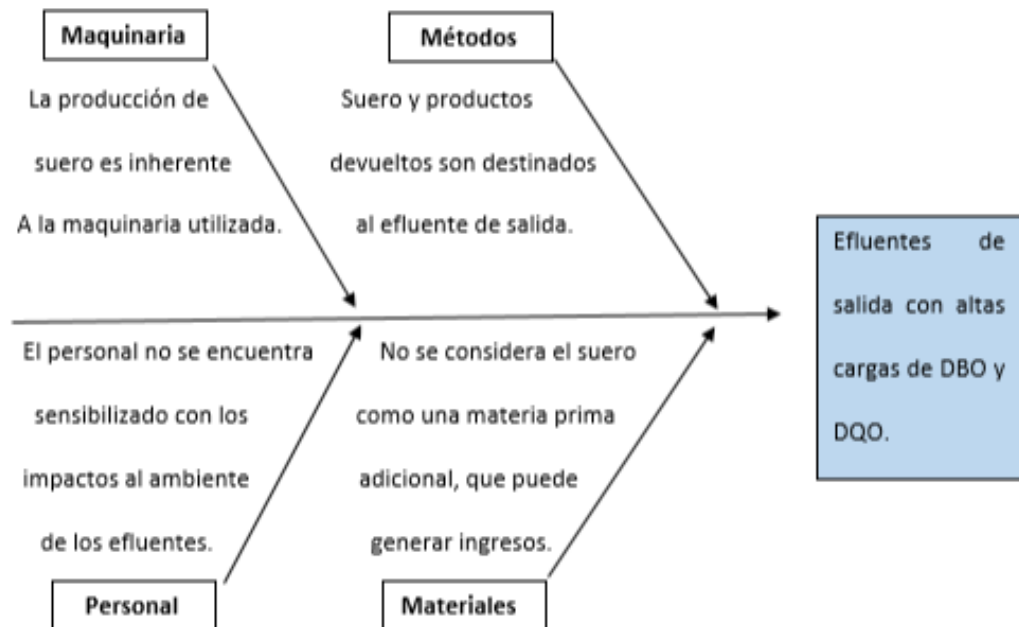
Diagrama de Ishikawa para el consumo de energía eléctrica.



Para la categoría de efluentes de salida se identificó que la principal causa de los altas cargas orgánicas es el suero que resulta de la elaboración de quesos, y que no es considerado como una materia prima más para la elaboración de otro producto. Así también productos que retornan a la planta por motivo de devoluciones son desechados al efluente principal, aumentando algunos parámetros físico-químicos. Las causas no están particularmente asociadas a ningún tipo de maquinaria debido a que el suero se producirá independientemente de esta. Esto se ilustra en la Figura 12.

Figura 12

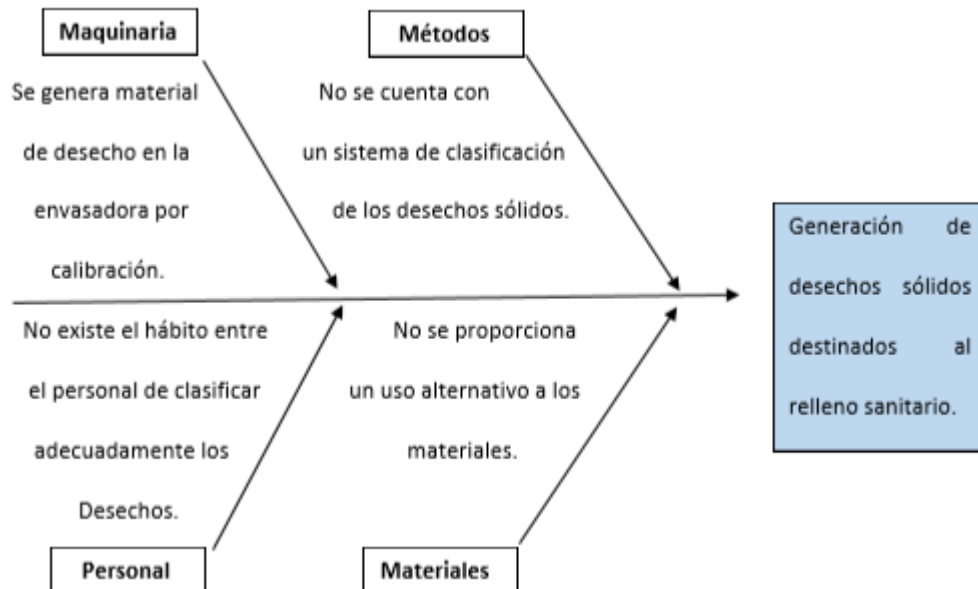
Diagrama de Ishikawa para la generación de efluentes de salida de la planta de lácteos de Zamorano.



En la categoría de desechos sólidos se identificó que la causa de su generación son las devoluciones de productos provenientes de centros comerciales y aquellos empaques que se descartan por calibración en la envasadora. Al no poderse controlar las devoluciones externas se hace necesario una adecuada disposición de estos desechos. Esto se ilustra en la Figura 13.

Figura 13

Diagrama de Ishikawa para la generación de desechos sólidos de la planta de lácteos de Zamorano.



Oportunidades de Producción Más Limpia

Partiendo del análisis inicial del consumo de recursos en planta, el análisis de procesos y, de causas y efectos, se proponen distintas actividades para las cuatro categorías analizadas que ayuden a minimizar el impacto que generan.

Agua: Diseño de Programas para la Gestión, Uso Eficiente y Ahorro

Considerando que existen actividades esenciales que no se realizan en la planta se proponen diversas actividades que ayuden a optimizar el consumo. Las actividades se han agrupado en cuatro programas, que se detallan en los Cuadros 8, 9, 10 y 11.

- Monitoreo de consumo de agua en toda la planta
- Concientización del ahorro y uso eficiente del agua
- Implementación de tecnología de bajo consumo
- Cambios de hábitos de consumo

Cuadro 8

Programa de monitoreo para el ahorro y uso eficiente del agua.

Gestión para el ahorro y uso eficiente del agua		
Programa	Monitoreo del consumo de agua	
Objetivo	Cuantificar la cantidad de agua utilizada	
No.	Acción	Descripción
1	Instalar medidores de agua	Instalar medidores de agua en áreas clave: donde se tiene el mayor consumo. Esto para facilitar el monitoreo continuo y trazar metas para la reducción del consumo. Establecer un registro mensual del consumo de cada área.
2	Revisión del estado de tuberías, grifos y válvulas	Establecer un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para la revisión de las instalaciones. Esto para evitar las fugas de agua en tuberías, válvulas o grifos mal cerrados.

Cuadro 9

Programa de concientización para el ahorro y uso eficiente del agua.

Gestión para el ahorro y uso eficiente del agua		
Programa	Concientización del ahorro y uso eficiente del agua	
Objetivo	Implementar buenas prácticas para el consumo diario de agua	
No.	Acción	Descripción
1	Capacitación a los empleados sobre la problemática del recurso hídrico	La capacitación deber ser impartida a todo el personal de la planta. Pueden abarcarse temas como el estado actual del recurso hídrico a nivel mundial, la importancia del uso eficiente, el impacto que tiene en la industria láctea.
2	Capacitación sobre pasos básicos para el ahorro de agua	Exponer pasos básicos para el ahorro del agua, como el cierre adecuado de las válvulas, mangueras o grifos.
3	Afiches informativos en áreas estratégicas	Colocar afiches que expongan y recuerden la importancia de realizar pasos básicos para el ahorro de agua

Cuadro 10

Programa para la implementación de tecnologías de bajo consumo de agua.

Gestión para el ahorro y uso eficiente del agua		
Programa	Implementación de tecnologías de bajo consumo	
Objetivo	Utilizar tecnologías de bajo consumo para el ahorro de agua	
No.	Acción	Descripción
1	Uso de hidrolavadoras	Uso de hidrolavadoras para la limpieza de superficies y equipos para remover suciedad más fácilmente.
2	Uso de pistolas de bajo volumen y alta presión	Instalar pistolas de bajo volumen y alta presión para evitar el desperdicio de agua cuando no se utilizan, y remover suciedad con menor gasto de agua.
3	Instalación de túnel de lavado	Instalar un túnel de lavado para la limpieza de canastas, que usan de forma más eficiente el agua.

Cuadro 11

Programa de cambios de hábito de consumo para el ahorro y uso eficiente del agua.

Gestión para el ahorro y uso eficiente del agua		
Programa	Cambios de hábitos de consumo	
Objetivo	Implementar buenas prácticas en el consumo diario de agua	
No.	Acción	Descripción
1	Hacer limpieza en seco de equipos y zonas de producción, antes del lavado	Para minimizar el consumo de agua debe realizarse una limpieza en seco antes del lavado.
2	No dejar grifos abiertos innecesariamente	Para reducir el consumo no se deben dejar los grifos abiertos mientras se enjabonan las manos, equipos o superficies
3	Evitar el malgasto de agua en las actividades	Algunas recomendaciones para evitar el malgasto son: *Lavado de manos en tiempo y forma. *No llenar a máxima capacidad pediluvios

Energía

De acuerdo con el análisis de recursos, el consumo de energía promedio es de 46,451,999 kWh para el año 2020, sin considerar los meses de marzo y abril. Con respecto al año, anterior hubo una reducción en el consumo de 22.89, y de 6.88% con respecto al 2018. Para lograr una reducción en el consumo energético se proponen actividades basados en la análisis de consumo de recursos y descritas en el Cuadro 12 para energía eléctrica, y en el Cuadro 13 para combustibles.

Cuadro 12

Programa para el ahorro y uso de energía eléctrica.

Gestión para el consumo y uso de energía		
Programa	Implementación de equipos de bajo consumo	
Objetivo	Reducir el consumo de energía eléctrica	
No.	Acción	Descripción
1	Instalar bombillos ahorradores	Instalar bombillos ahorradores en áreas de trabajo e instalaciones en general
2	Mantenimiento preventivo del sistema energético	Realizar un mantenimiento al equipo y maquinaria para asegurar que funcionen adecuadamente.
3	Instalación de VFD en cuartos fríos	Control de las temperaturas de los cuartos fríos.
4	Verificación de eficiencias	Revisar y verificar la eficiencia del equipo de acuerdo al fabricante vs. el uso actual.
5	Capacitación a empleados	Realizar acciones de concientización para los empleados sobre el uso adecuado de la energía.

Cuadro 13

Programa para el ahorro en consumo de combustibles.

Gestión para el consumo y uso de energía		
Programa	Mantenimiento de la línea de vapor	
Objetivo	Reducción en el consumo de diésel	
No.	Acción	Descripción
1	Manejo adecuado del sistema de vapor	Realizar mantenimiento del sistema de vapor para evitar fugas en las tuberías a lo largo del sistema.
2	Mantenimiento de calderas	Llevar un registro del consumo diario del combustible de la caldera y determinar su eficiencia.

Efluentes de Salida

Los valores DBO y DQO de los efluentes de salidad de la planta de lácteos son superiores a la norma hondureña para el vertimiento a cuerpos receptores. Se sabe que el principal agente contaminante y que eleva estos valores es el suero de leche. La gestión de los efluentes de salida se enfocará en tres programas principales:

- Reducción en el consumo de agua
- Usos alternativos al suero de leche
- Tratamiento de material devuelto

El consumo de agua está relacionada directamente con la cantidad de aguas residuales descargadas. Por lo tanto, al reducir el consumo de agua, se reduce también la cantidad de aguas residuales. Este programa se describe en los Cuadros 8, 9, 10 y 11 de la gestión para el ahorro y uso eficiente del agua. Por otra parte el programa de usos alternativos para el suero de leche se describe en el Cuadro 14, y muestra diferentes usos que puede darse al suero y que además representan un ingreso adicional.

Una de las principales ventajas que comparten todos estos productos, es que ayudan a reducir la carga orgánica de los efluentes de salida. Además, aportan un mayor contenido de proteína y no contienen grasa, y representan una fuente de ingreso adicional a la planta. En base a las diferentes propuestas descritas en el Cuadro 14 para usos del suero, las que más se adecuan a las condiciones de la planta, es la elaboración de queso tipo ricotta y como materia prima para la alimentación animal. Debido a que la elaboración de queso tipo ricotta está condicionada a la demanda del producto, el sobrante puede destinarse para la alimentación de terneros de la Unidad de Terneros de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Una de las opciones que representaría ingresos más altos es la elaboración de una bebida a base del suero, sin embargo, esto amerita trabajo de formulación, análisis sensorial y análisis de la demanda en el mercado.

Para el tratamiento del producto devuelto, que corresponde a leche, crema o queso, se propone su inclusión en las composteras de la Unidad de Agricultura Orgánica. Sequeira (2019) evaluó la inclusión de lacto-suero en la elaboración de compost tipo bocashi encontrando que este producto es más eficiente que el uso del agua en términos productivos. Sin embargo, no se cuenta con estudios concluyentes que demuestren los aspectos positivos o negativos de la inclusión de productos lácteos en descomposición dentro del proceso de compostaje.

Cuadro 14*Programa de usos alternativos para el suero de leche.*

Gestión para el vertimiento de aguas residuales			
Programa		Usos alternativos para el suero de leche	
Objetivo		Establecer la/las aplicación/es para la planta de lácteos	
No.	Aplicaciones en	Beneficios	Referencias
1	Alimentación animal	Reducción del costo alimenticio. Incremento en la conversión alimenticia en ganadería de carne. Aporte de humedad y nutrientes a fuentes forrajeras de elevada concentración de materia seca.	(Araujo et al. 2013) y (Abate Daga 2016)
2	Alimentos funcionales	Productos fermentados no contienen proteínas alergénicas y contienen actividad biológica y/o aminoácidos esenciales. Oligosacáridos (GOS) en dietas suplementarias reducen la disfunción gastrointestinal y contribuyen a un sistema de defensas natural del organismo, y menor riesgo de sobrepeso en adultos.	(Pescuma et al. 2012), (Hernández-Rojas y Vélez-Ruíz 2014) y (Perez et al. 2015)
3	Ácido láctico	Materia prima para la síntesis de ácido poliláctico (PLA)	(Rojas et al. 2015)
4	Aislados de proteína	Contienen 90% de proteína y 4.5-5% de agua. Son altamente utilizados en suplementación nutricional, bebidas deportivas y medicinales.	(Poveda 2013)
5	Bebidas energizantes o refrescantes	Bajo costos de producción, buen sabor y buen grado de calidad alimenticia. Pueden llegar a considerarse un alimento funcional	(Brito et al. 2015) y (Vivas et al. 2016)
6	Bebidas de bajo grado alcohólico	Menor grado alcohólico que las bebidas fermentadas refrescantes	(Ortiz-Ávila et al. 2018)
7	Bioetanol	Fuente de energía renovable, con 40% a 80% menos gases de efecto invernadero	(Joshi et al. 2010)
8	Biopolímeros	Producción de polihidroxibutirato para la elaboración de bolsas, vasos, botellas, cubiertos y platos degradables.	(Kawecka et al. 2015) y (Ruiz et al. 2017)
9	Confitería	Mejora el cuerpo, textura, e incluso la vida de anaquel.	(Posada et al. 2011)
10	Concentrados de proteína	Contienen 80% de proteína, y se utilizan como sustitutos de leche descremada en varios productos lácteos y no lácteos por su capacidad gelificante, emulsificante y de formación de espuma.	(Poveda 2013)
11	Hidrolizados de proteína	Obtención de oligopéptidos, di y tripéptidos para utilizarlos en bebidas y fórmulas infantiles	(Sinha et al. 2007)
12	Productos cárnicos	Pre-emulsificante, gelificante y mejora solubilidad.	(Poveda 2013)
13	Productos de panadería	Mejoran la textura y el sabor. Mejoran el tostado por las propiedades de solubilidad, absorción de agua, adhesión, cohesión y emulsificación.	(Posada et al. 2011)
14	Postres como helados y yogur	Sustituto de leche descremada en polvo al aportar proteínas de bajo costo.	(Motta y Mosquera 2015)
15	Quesos	Elaboración de queso ricotta, queso bajo en grasa o queso tipo mysost.	(Motta y Mosquera 2015)

Desechos Sólidos

Para establecer una gestión adecuada de disposición de desechos sólidos se clasificaron los desechos de la planta en cuatro categorías: películas plásticas de polietileno de baja densidad (LDPE), botellas de polietileno de baja densidad (LDPE), vasos de polipropileno (PP) y bolsas de policloruro de vinilideno (PVDC). Actualmente no se realiza una identificación ni separación adecuada de estos desechos, y todos ellos, a excepción de las botellas de LDPE terminan en el relleno sanitario.

De acuerdo con el artículo 18 del Reglamento Integral para el Manejo de Residuos Sólidos los desechos de la planta se clasifican como “Residuos Sólidos no Especiales”, y el inciso c los asigna a la categoría de “residuos de la pequeña industria”. El capítulo VI de este reglamento establece el manejo integral para esta clase de residuos, y el artículo 44 establece cinco pasos clave:

- Análisis de la generación y tipo de residuo
- Reducción, reutilización y reciclaje
- Almacenamiento
- Recolección y transporte
- Tratamiento y disposición final

La parte enfocada a este manual corresponde al análisis de generación (Figuras 4 y 5) y la reducción en la fuente. Para lograr la reducción de los desechos sólidos provenientes de material de empaque se proponen las siguientes actividades (Cuadro 15):

Cuadro 15

Programa para la reducción de desechos sólidos.

Gestión para la reducción de desechos sólidos		
Programa	Buenas prácticas operativas para la reducción de desechos	
Objetivo	Reducción en la generación de desechos sólidos.	
No.	Acción	Descripción
1	Seleccionar el empaque adecuado	Seleccionar el tamaño adecuado de empaques de acuerdo con el producto que se desea producir durante el día.
2	Evitar segundos empaques	Evitar daños en los empaques para no desecharlos y tener que usar uno nuevo.
3	Uso de tecnologías adecuadas	Utilizar la tecnología de acuerdo con la capacidad de producción, por ejemplo: envasadoras, embotelladoras.
4	Orden lógico en el empacado	Empacar un mismo producto hasta terminarlo, sin mezclar otros productos en el medio, para evitar pérdidas por calibración.
5	Almacenamiento	Almacenar los productos a temperaturas adecuadas para su conservación y evitar desecharlos.

Los desechos sólidos provenientes de productos de devolución, al no tener un control sobre ellos por ser de fuentes externas se propone su tratamiento y disposición final, que de acuerdo con el artículo 61 se puede realizar de tres formas:

- Mecánicos por medio de trituración, mezcla y homogenización de los residuos
- Térmicos, como la incineración para la recuperación de energía y pirólisis
- Biológicos para el compostaje

Una adecuada gestión de desechos sólidos implica la separación y clasificación desde la fuente, sin embargo ante la falta de empresas de reciclaje de estos plásticos, y para evitar enviarlos al relleno sanitario, se propone su tratamiento por pirólisis.

Priorización de Actividades

La caja de matriz de Eisenhower permitió identificar las actividades que deben priorizarse de acuerdo con su importancia y urgencia. En el Cuadro 16 se desglosa esta matriz para las alternativas al suero y el consumo de agua, y en el Cuadro 17 se desglosa para las actividades de reducción de desechos y energía.

Cuadro 16

Matriz de Eisenhower para alternativas de suero y reducción en el consumo de agua.

	Urgente	No Urgente
Importante	Alternativas al suero	
	Elaboración de queso tipo ricota o queso bajo en grasa. Alimentación animal	Aislado y concentrado de suero
	Reducción en consumo de agua	
	Realizar limpieza en seco	
	Uso de pistolas de bajo volumen	Uso de túnel de lavado
	Capacitación a empleados	
	Uso de hidrolavadoras	

Las alternativas al suero son consideradas importantes y urgentes debido a la alta carga orgánica que aportan a los efluentes residuales, por lo tanto, son actividades que deben priorizarse. El lacto-suero es el subproducto principal del proceso de producción de queso, está definido por el Codex Alimentarius como *“producto líquido obtenido durante la elaboración del queso, la caseína o productos similares, mediante la separación de la cuajada, después de la coagulación de la leche y/o los productos derivados de la leche”* (FAO y OMS 2011). Por su valor nutricional no debe ser considerado como un residuo, ya que es posible transformarlo en otros productos, como en queso ricota, queso bajo en grasa, o destinarlo a la alimentación animal. Estas alternativas son las principales actividades a las que puede destinarse el suero de la planta de lácteos por la accesibilidad a convertirlo en estos productos. Los aislados y concentrados de proteína de suero por otro lado, son una alternativa importante para el lacto-suero pero requiere de una inversión inicial para su implementación, además de un estudio para determinar si la planta cuenta con los volúmenes de suero necesario para justificar la inversión.

Dentro de las alternativas para reducción en el consumo de agua; la limpieza en seco, el uso de pistolas de bajo volumen y la capacitación son consideradas importantes y urgentes. De acuerdo con el (CPML [sin fecha]) el ahorro de agua por el uso de pistolas de bajo volumen y alta presión va de 13 L para tuberías con un diámetro de ½’, hasta 67 L para tuberías con diámetro de 1 ½’ en un período

de cinco minutos. También establece que el uso de la limpieza en seco aumenta significativamente la eficiencia en el uso de agua, reduciendo también el volumen de efluentes. Por otro lado, la implementación de lavado con hidrolavadoras o túneles son consideradas importantes, pero no urgentes, puesto que se requiere de una inversión para implementarlas. Las hidrolavadoras son de 10 a 50 veces más potentes que una manguera común y pueden reducir hasta un 80% el consumo de agua, adicionalmente el lavado es 70% más rápido (CNPMLTA 2016).

Cuadro 17

Matriz de Eisenhower para reducción en el consumo de energía y generación de desechos sólidos.

	Urgente	No Urgente
Importante	Reducción en el consumo de energía	
	Mantenimiento preventivo	
	VFD para cuartos fríos	
	Mantenimiento de calderas	
	Capacitación a empleados	
		Reducción de desechos sólidos
		Uso de tecnologías adecuadas

Dentro de la reducción en el consumo de energía se establecen como actividades importantes y urgentes el mantenimiento preventivo, la instalación de Variadores de Frecuencia (VFD) en los cuartos de enfriamiento, el mantenimiento de la caldera y la capacitación a los empleados. El (CPML [sin fecha]) establece que las fugas en una tubería de vapor puede significar una pérdida de USD\$250 para un diámetro de tubería de ½', y hasta USD634 para una tubería con diámetro de 3' al año, todo esto para una caldera de diésel. Los cuartos fríos son grandes consumidores de energía eléctrica por lo que su correcto funcionamiento es importante, dentro del monitoreo se incluye la verificación de la temperatura en los termostatos para no bajar de la temperatura óptima de almacenamiento de productos lácteos (4 °C). Cualquier temperatura por debajo de esta es un gasto de energía.

Para el aumento de la eficiencia energética se propone la instalación de variadores de frecuencia (VFD), que son controladores de potencia que presentan varias ventajas: Aumentar la vida

útil de las máquinas, reducir la carga de potencia de arranque de la maquinaria y la reducción en el consumo energético.

Con respecto a la reducción de desechos, el uso de tecnologías adecuadas es considerada una actividad importante pero no urgente. Los desechos provenientes de devoluciones son desechos que escapan al control de la planta para poderlos reducir, pero sí pueden reducirse aquellos que se generan por calibración en la envasadora, por lo que el uso de la tecnología apropiada ayudaría a reducir la generación de estos desechos.

Seguimiento

Consumo de Agua

El principal indicador para medir el ahorro en el consumo de agua será el “Ahorro del Consumo de agua”, calculado con la Ecuación 5:

$$\% ACA = \frac{\text{consumo de agua del mes anterior } m^3 - \text{consumo de agua mes actual } m^3}{\text{consumo de agua del mes anterior } m^3} * 100 \quad [5]$$

Energía

El indicador a utilizar para comprobar que el objetivo se ha cumplido es el porcentaje de reducción en el consumo de energía será calculado con la Ecuación 6

$$\% RE = \frac{\text{consumo del año anterior } (kW) - \text{consumo del año actual } (kW)}{\text{consumo del año anterior } (kW)} * 100 \quad [6]$$

Efluentes de Salida

El indicador para determinar la reducción en la carga orgánica es el valor DBO y DQO. Para llevar un registro sobre estos valores se recomienda medirlos al menos dos veces al año, y compararlos con las mediciones anteriores, así como con la normativa hondureña para descarga a cuerpos receptores.

Desechos Sólidos

Los desechos sólidos para su monitoreo se dividen en: desechos por calibración y desechos por devoluciones. Para determinar una reducción en la generación de desechos sólidos se utilizará la Ecuación 7:

$$\%RDS = \frac{\text{Generación del año anterior } (g) - \text{generación del año actual } (g)}{\text{generación del año anterior } (g)} * 100 \quad [7]$$

Conclusiones

Las principales fuentes de contaminación de la planta de lácteos de Zamorano que contribuyen al incumplimiento de la normativa hondureña para la descarga de aguas residuales a cuerpos receptores en los parámetros de DBO y DQO, son la descarga de suero lácteo y producto proveniente de devoluciones.

Se identificaron como principales oportunidades de mejora la capacitación a empleados sobre el uso eficiente del agua y energía, y el uso alternativo del suero.

Recomendaciones

Elaborar un plan de implementación para las oportunidades de producción más limpia a corto, mediano y largo plazo.

Continuar con el monitoreo de los recursos analizados en este proyecto para establecer si hubo mejoras en el consumo de recursos y generación de residuos.

Referencias

- Abate Daga L. 2016. Utilización del Permeado de Suero en la Alimentación Bovina. [sin lugar]: Sitio Argentino de Producción Animal; [consultado el 21 de may. de 2021]. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/166-permeado_de_suero.pdf.
- Acciona. 2020. Desarrollo sostenible. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 27 de abr. de 2021]. <https://www.acciona.com/es/desarrollo-sostenible/>.
- Araujo Á, Monsalve L, Quintero A. 2013. Aprovechamiento del lactosuero como fuente de energía nutricional para minimizar el problema de contaminación ambiental. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 4(2):55–65. doi:10.22490/21456453.992.
- Brito H, Santillán A, Arteaga M, Ramos E, Villalón P, Rincon A. 2015. Aprovechamiento del suero de leche como bebida energizante para minimizar el impacto ambiental. *European Scientific Journal*; [consultado el 14 de may. de 2021]. 11(26):257–268. <https://core.ac.uk/download/pdf/236406128.pdf>.
- Budde J, Prochnow A, Plöchl M, Suárez T, Heiermann M. 2016. Energy balance, greenhouse gas emissions, and profitability of thermobarical pretreatment of cattle waste in anaerobic digestion. *Waste Management*. 49:390–410. doi:10.1016/j.wasman.2015.12.003.
- Chávez Santos TE. 2018. Manual de controles preventivos para la elaboración de leche fluida, helados, yogur, queso crema y queso crema con chile en la planta de lácteos de Zamorano [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 177 p; [consultado el 27 de may. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6229/1/AGI-2018-T017.pdf>.
- [CPML] Centro de Producción Más Limpia de Nicaragua. [sin fecha]. Manual de buenas prácticas operativas de producción más limpia para la industria láctea. Nicaragua. 48 p; [consultado el 14 de jun. de 2020]. <https://cutt.ly/vn4SYKN>.
- [CNPML] Centro Nacional de Producción más Limpia. 2016. Manual de producción y consumo sostenible: Gestión del recurso hídrico. Corantioquía: [sin editorial]; [consultado el 25 de mar. de 2021]. <https://cutt.ly/xn4XMkh>.
- [CNPLH] Centro Nacional de Producción Más Limpia de Honduras. 2010. Guía de producción más limpia para el beneficiado de café en Honduras. Honduras. 97 p; [consultado el 1 de jun. de 2021]. http://www.cnpml-honduras.org/wp-content/uploads/2018/02/Guia_de_P_mas_L__para_beneficios_de_cafe.pdf.
- Ferreira F, Souza R, Almeida J. 2018. Evaluation of the application of cleaner production techniques in a dairy industry in Southern Bahia. *Gestão & Produção*. 25(1):117–131. doi:10.1590/0104-530X2234-16.
- Gomez-Zavaglia A, editor. 2012. Aspectos probióticos y tecnológicos de las bacterias lácticas. [sin lugar]: Editorial Academia Española. ISBN: 978-3-8465-7229-0.
- González HA. 2017. Codigestión anaerobia como alternativa de tratamiento de los efluentes agroindustriales en Zamorano, Honduras [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 39 p; [consultado el 13 de may. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6040/1/IAD-2017-014.pdf>.

- Hernández-Rojas M, Vélez-Ruiz J. 2014. Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*; [consultado el 21 de may. de 2021]. 8(2):13–22. <https://silo.tips/download/suero-de-leche-y-su-aplicacion-en-la-elaboracion-de-alimentos-funcionales>.
- Joshi Y, Poletto M, Senatore B. 2010. Bioethanol from cheese whey fermentation using *Kluyveromyces marxianus* biofilm. *Journal of Biotechnology*. 150:178–179. doi:10.1016/j.jbiotec.2010.08.466.
- Kawecka M, Tomczyńska M, Wesolowska M, Kowalczyk K, Chrzastek M, Mleko S. 2015. Hard biodegradable biopolymer obtained from whey protein concentrate and montmorillonite. *Journal of Polymers and the Environment*. 23:534–540. doi:10.1007/s10924-015-0722-y.
- Llopis D, Camacho F. 2020. Gestión del tiempo. España: Universitat Politècnica de València; [consultado el 14 de jun. de 2021]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/142710/Llopis?sequence=1>.
- Motta Y, Mosquera W. 2015. Aprovechamiento del lactosuero y sus componentes como materia prima en la industria de alimentos. *Alimentech Ciencia y Tecnología Alimentaria*; [consultado el 21 de may. de 2021]. 13(1):81–91. http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/ALIMEN/article/download/1634/839.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, [OMS] Organización Mundial de la Salud. 2011. *Codex Alimentarius: Leche y productos lácteos*. 2ª ed. Roma, Italia: [sin editorial]. 259 p. ISBN: 978-92-5-305837-2.
- [ONUDI] Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. 2008. *Introducción a la producción más limpia*. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 1 de jun. de 2021]. 29 p. https://www.unido.org/sites/default/files/2008-06/1-Textbook_0.pdf.
- Ortiz-Ávila W, Madrigal L, Salazar B, Cárdenas JA. 2018. Aprovechamiento de lactosuero residual de empresas productoras de queso en la región norte de Colima y sur de Jalisco para la elaboración de una bebida fermentada de bajo grado alcohólico. *Ra Ximhai*; [consultado el 14 de may. de 2021]. 14(3):39–50. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/461/46158064003/html/index.html>.
- Perez A, Martínez M, Ruiz M, Jaurrieta I, Carlos S, Sayon C, Bes-Rastrollo M. 2015. Prebiotic consumption and the incidence of overweight in a Mediterranean cohort: The seguimiento Universidad de Navarra project. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 102(6):1554–1562. doi:10.3945/ajcn.115.121202.
- Pescuma M, Hebert E, Mozzi F, Font G. 2012. Alimentos funcionales derivados de lactosuero y bacterias lácticas. En: Gomez-Zavaglia A, editor. *Aspectos probióticos y tecnológicos de las bacterias lácticas*. [sin lugar]: Editorial Academia Española; [consultado 21 de may. de 2021].
- Posada K, Terán D, Ramírez JS. 2011. Empleo de lactosuero y sus componentes en la elaboración de postres y productos de confitería. *La Alimentación Latinoamericana*; [consultado el 14 de may. de 2021]. 292:66–75. <https://cutt.ly/4n4HPfC>.
- Poveda E. 2013. Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de calcio de alta disponibilidad. *Revista Chilena de Nutrición*. 40(3):397–403. doi:10.4067/S0717-75182013000400011.

- [PNUD] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2021. Objetivos de desarrollo sostenible. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 6 de may. de 2021]. <https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>.
- Rocha Melogno L. 2015. Aplicación de la digestión anaerobia para el tratamiento del efluente de la planta de lácteos de Zamorano y evaluación de su potencial energético [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 29 p; [consultado el 13 de may. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4521/1/IAD-2015-029.pdf>.
- Rojas A, Montañó L, Bastidas M. 2015. Producción de ácido láctico a partir del lactosuero utilizando *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. *Revista Colombiana Química*. 44(3):5–10. doi:10.15446/rev.colomb.quim.v44n3.55604.
- Rojas JP. 2011. Siete pasos para implementar la producción más limpia en su organización. Fundación Centro de Gestión Tecnológica e Informática Industrial; [consultado el 4 de jun. de 2021]. 138:1–3. http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_138_230211_es.pdf.
- Ruiz J, Oliver L, los Santos S de, Sánchez M. 2017. Production of polyhydroxybutyrate from milk whey fermentation by *Bacillus megaterium* TRQ8. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*; [consultado el 21 de may. de 2021]. 13(1):24–31. <https://cutt.ly/Fn4H3Zx>.
- Santamaría Freire E, Álvarez F, Santamaría Díaz E, Zamora M. 2015. Caracterización de los parámetros de calidad del agua para disminuir la contaminación durante el procesamiento de lácteos. *Agroindustrial Science*; [consultado el 17 de may. de 2021]. 5(1):13–26. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6583477>.
- Reglamento para el manejo integral de los residuos sólidos, La Gaceta, Diario oficial de la República de Honduras. No. 32449 (2011 feb. 22).
- Secretaria de Salud. 1996. Normas técnicas de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario. Honduras: [sin editorial] (58-96). 1996; [actualizado 1996; consultado 3 de may. de 2021]. <http://h1.honducompras.gob.hn/Docs/Lic480BID-Mdej-002-2009407-EnmiendaAdendum.pdf>.
- Sequeira J. 2019. Uso de lacto-suero ácido en la elaboración de bocashi y su efecto en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. tropicana [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 26 p; [consultado el 25 de may. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6668/1/CPA-2019-T068.pdf>.
- Shahbandeh M. 2021. Global dairy industry - statistics and facts. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 2 de jun. de 2021]. <https://www.statista.com/topics/4649/dairy-industry/>.
- Shrestha A, Manandhar B. 2015. Assessment of cleaner production opportunities in Nepal dairy industry. *Journal of Environment Sciences*; [consultado el 4 de jun. de 2021]. 1:42–55. https://www.researchgate.net/publication/312189164_Assessment_of_Cleaner_Production_Opportunities_in_Nepal_Dairy_Industry.
- Sinha R, Radha C, Prakash J, Kaul P. 2007. Whey protein hydrolysate: functional properties, nutritional quality and utilization in beverage formulation. *Food Chemistry*. 101(4):1484–1491. doi:10.1016/j.foodchem.2006.04.021.

- [UNEP] United Nations Environment Programme, [EPA] Danish Environmental Protection Agency. 2000. Cleaner production assessment in dairy processing. [no place]: [no editorial]; [consultado el 1 de jun. de 2021]. 109 p. <https://cutt.ly/qn4K5lc>.
- Villegas M, García Y. 2020. Programas de gestión sobre el consumo de agua y los residuos sólidos en la empresa láctea ubicada al norte de antioquia [Tesis]. Medellín: Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD. 178 p; [consultado el 19 de may. de 2021]. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/38131/y/garciama.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- Villena J. 1995. Contaminación en la industria láctea. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 19 de jun. de 2021]. 26 p. <https://cutt.ly/En4Lben>.
- Vivas Y, Morales A, Otálvaro Á. 2016. Aprovechamiento de lactosuero para el desarrollo de una bebida refrescante con antioxidantes naturales. Alimentos Hoy; [consultado el 14 de may. de 2021]. 24(39):185–199. <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/415>.

Anexos

Anexo A

Revisión ambiental inicial para la categoría de uso eficiente y ahorro de agua

REVISIÓN AMBIENTAL INICIAL (RAI)					
Fecha	20 de mayo de 2021				
Responsable	Amairany Minera Ochoa				
Localización	Planta de lácteos Zamorano				
VARIABLE	CONTENIDO	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Uso eficiente y ahorro de agua	¿El agua para consumo humano cumple con los parámetros de calidad?	X			
	¿Se realizan inspecciones de fugas?	X			
	¿Se hace uso de hidrolavadoras en el lavado de instalaciones?		X		
	¿Las tuberías y llaves se encuentran en buen estado?	X			Proceso de cambio de tuberías de vapor.
	¿Se cuenta con unidades sanitarias ahorradoras?		X		
	¿Se ha capacitado al personal con respecto al uso eficiente y ahorro del agua?		X		
	¿Se hacen campañas de uso eficiente y ahorra del agua?		X		
	¿Cuenta con programa para uso eficiente y ahorro de agua?		X		
	¿Cuenta con instrumentos de medición de la cantidad de agua que consume?	X			
	¿Se tiene pistolas de bajo volumen y alta presión en las mangueras para limpiar los equipos y pisos?		X		
	¿La empresa tiene instalado túnel de lavado de canastas?		X		
	¿Se hace limpieza en seco del equipo y zonas de producción, antes del lavado?		X		
	¿Se tiene medidores de agua en áreas claves de la planta?		X		
	¿La empresa calcula los indicadores de uso de agua de la planta y de sus departamentos claves?		X		

Nota. Tomado de Villegas y García (2020)

Anexo B

Revisión ambiental inicial para la categoría de consumo y uso de energía

REVISIÓN AMBIENTAL INICIAL (RAI)					
Fecha	20 de mayo de 2021				
Responsable	Amairany Minera Ochoa				
Localización	Planta de lácteos de Zamorano				
VARIABLE	CONTENIDO	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Consumo y uso de energía	¿Realizan mantenimientos preventivos y correctivos a los equipos y maquinaria?	X			
	¿Se realizan mantenimientos a los aires acondicionados?	X			
	¿Se poseen bombillos ahorradores en las áreas de trabajo?		X		
	¿Se poseen bombillos ahorradores en las instalaciones?		X		
	¿La iluminación está zonificada?	X			
	¿Se hace aprovechamiento de la luz natural en algunas áreas de la empresa?	X			
	¿Todas las redes e instalaciones eléctricas se encuentran en buen estado?	X			
	¿Identifican equipos o maquinarias que más consumen energía?	X			
	¿Cuentan con un sistema de energía alternativa?		X		

Nota. Tomado de Villegas y García (2020)

Anexo C

Revisión ambiental inicial para la categoría de manejo de vertimientos

REVISIÓN AMBIENTAL INICIAL (RAI)					
Fecha	20 de mayo de 2021				
Responsable	Amairany Minera Ochoa				
Localización	Planta de lácteos de Zamorano				
VARIABLE	CONTENIDO	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Manejo de vertimientos	¿Se cuenta con permiso de vertimientos domésticos y se cumple con lo establecido en la norma?	X			
	¿Cuenta con instrumentos de medición de la cantidad de agua vertida?		X		
	¿Cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales?		X		
	¿Se posee un tratamiento para las aguas industriales?	X			Enzimas agregadas al drenaje
	¿Se cuenta con permiso de vertimientos industriales y se cumple con lo establecido en la norma?	X			

Nota. Tomado de Villegas y García (2020)

Anexo D

Revisión ambiental inicial para la categoría de manejo integral de residuos sólidos no peligrosos

REVISIÓN AMBIENTAL INICIAL (RAI)					
Fecha	20 de mayo de 2021				
Responsable	Amairany Minera Ochoa				
Localización	Planta de lácteos de Zamorano				
VARIABLE	CONTENIDO	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Manejo integral de residuos sólidos no peligrosos	¿Se poseen depósitos destinados para residuos peligrosos?	X			
	¿Poseen trampa de grasa?	X			
	¿Se hace caracterización de los residuos peligrosos generados?		X		
	¿Se hace identificación y rotulación de residuos peligrosos?	X			
	¿Se tiene un centro de acopio de residuos sólidos?	X			
	¿Se realiza abono orgánico?	X			
	¿Se tienen puntos ecológicos?		X		
	¿Se realiza una adecuada separación desde la fuente?		X		
	¿Se hace aprovechamiento de las cenizas provenientes de la caldera?				X
	¿Se hace caracterización de residuos sólidos de acuerdo con la normatividad legal vigente?			X	
	¿Se cuenta con gestores autorizados para realizar la deposición final de los residuos sólidos?			X	
	¿Se hace aprovechamiento de todos los residuos sólidos con potencial de ser materia prima secundaria?			X	
¿Las cenizas se almacenan en un patio o área con barreras naturales o artificiales que impiden que se esparza en el ambiente?				X	

Nota. Tomado de Villegas y García (2020)

Anexo E

kg de leche procesada al año de la planta de lácteos de Zamorano

Mes	2018	2019	2020
Enero	97,393.29	165,005.64	147,644.51
Febrero	129,587.07	142,026.34	147,136.54
Marzo	154,581.15	137,243.44	162,241.30
Abril	158,417.64	137,657.92	80,047.72
Mayo	151,736.73	153,505.93	83,741.50
Junio	139,599.03	152,093.10	125,332.07
Julio	140,039.26	159,960.16	115,096.60
Agosto	139,024.20	152,008.36	104,104.76
Septiembre	132,222.74	140,627.79	98,599.51
Octubre	149,260.22	145,240.82	104,646.36
Noviembre	154,207.97	151,812.63	114,110.20
Diciembre	155,084.55	131,245.29	0.00
Total	1,701,153.86	1,768,427.41	1,282,701.07

Anexo F

Consumo de agua en m³ de los últimos tres años

Mes	2018 (m ³)	2019 (m ³)	2020 (m ³)
Enero	1,064.00	1,215.50	1,204.00
Febrero	1,248.50	1,117.00	1,174.50
Marzo	1,177.10	1,201.00	1,220.50
Abril	1,377.90	1,214.00	938.00
Mayo	1,366.50	1,247.00	954.00
Junio	1,472.00	1,231.00	1,104.00
Julio	1,619.00	1,329.00	1,051.88
Agosto	1,597.00	1,323.00	1,114.89
Septiembre	1,519.00	1,223.00	1,045.00
Octubre	1,207.00	1,185.00	1,159.00
Noviembre	1,149.00	1,238.50	937.00
Diciembre	1,028.25	1,073.50	1,235.00
Promedio anual	1,318.77	1,216.46	1,094.81

Anexo G


Consumo de energía eléctrica en kW de los últimos tres años

Mes	2018 (kW)	2019 (kW)	2020 (kW)
Enero	21,403.50	16,486.00	10,231.60
Febrero	16,007.00	17,438.00	12,444.40
Marzo	15,808.20	16,531.40	-
Abril	19,084.90	18,014.20	-
Mayo	17,817.90	19,366.40	40,354.80
Junio	17,289.50	14,161.00	11,220.40
Julio	17,184.00	16,337.80	14,754.95
Agosto	18,993.20	16,855.20	12,528.05
Septiembre	15,923.80	14,088.40	11,457.40
Octubre	17,083.80	15,023.60	12,836.00
Noviembre	19,402.20	14,816.00	11,142.50
Diciembre	15,334.60	17,664.80	14,768.90
Promedio anual	17,611.05	16,398.57	12,644.92

Anexo H

Actividades a realizar en el corto, mediano y largo plazo en la planta de lácteos

Categoría	Corto Plazo	Mediano Plazo	Largo Plazo
Energía	Capacitación a empleados	Instalación de variadores de frecuencia en cuartos fríos	
	Mantenimiento preventivo a tuberías y caldera		
Efluentes residuales	Elaboración de queso tipo ricota	Elaboración de queso bajo en grasa	Aislados y concentrados de proteína de suero
	Alimentación animal		
Agua	Capacitación a empleados	Uso de hidrolavadoras	Túnel de lavado de canastas
	Limpieza en seco	Uso de pistolas de bajo volumen y alta presión	

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 1 de 55

Anexo I


Guía de prácticas de producción más limpia

2021 | Por: Amairany Minera Ochoa




GUÍA DE PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

Planta de Lácteos

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 2 de 55

Índice

Índice de Cuadros.....	3
Índice de figuras.....	3
Índice de anexos	4
Introducción.....	5
Justificación.....	6
Marco Teórico.....	7
Análisis de la Situación Actual.....	19
Análisis de Procesos	31
Oportunidades de Producción Más Limpia.....	35
Seguimiento	46
Referencias.....	48
Anexos.....	52

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 3 de 55

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Valoración del impacto ambiental del sector lácteo.....	8
Cuadro 2 Normativa de calidad para la descarga de aguas residuales.....	12
Cuadro 3 Caracterización de efluentes lácteos.....	13
Cuadro 4 Revisión ambiental inicial para el uso eficiente y ahorro de agua.....	20
Cuadro 5 Revisión ambiental inicial para el consumo y uso de energía.....	21
Cuadro 6 Revisión ambiental inicial para el manejo de vertimientos.....	22
Cuadro 7 Revisión ambiental inicial para el manejo integral de residuos sólidos.....	23
Cuadro 8 Cantidad de leche procesada en kg de la planta de lácteos de Zamorano.....	24
Cuadro 9 Consumo de agua en m3 de la planta de lácteos de Zamorano.....	25
Cuadro 10 Consumo de energía en kW de la planta de lácteos de Zamorano.....	26
Cuadro 11 Caracterización de los efluentes de salida de la planta de lácteos de Zamorano.....	27
Cuadro 12 Usos alternativos para el suero de leche.....	41
Cuadro 13 Matriz de Eisenhower para alternativas al suero y reducción en consumo de agua.....	45
Cuadro 14 Matriz de Eisenhower para reducción en consumo de energía y desechos sólidos.....	45

Índice de figuras

Figura 1 Descripción del consumo eléctrico de una planta láctea.....	10
Figura 2 Flujo de proceso para leche fluida.....	15
Figura 3 Flujo de proceso para la elaboración de queso crema y queso crema con chile.....	16
Figura 4 Flujo de proceso para elaboración de yogur batido semisólido.....	17
Figura 5 Flujo de proceso para elaboración de helados.....	18



	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 4 de 55

Figura 6 Desechos sólidos en kg generados por calibración de la envasadora.	28
Figura 7 Desechos sólidos en kg provenientes por devoluciones de producto.....	29
Figura 8 Análisis del proceso de elaboración de leche fluida.	31
Figura 9 <i>Análisis del proceso de elaboración de queso.</i>	32
Figura 10 <i>Análisis del proceso de elaboración de yogur.</i>	33
Figura 11 <i>Análisis del proceso de elaboración de helado.</i>	34

Índice de anexos

Anexo A Afiche informativo para el consumo responsable de agua.	52
Anexo B Hoja de monitoreo para los efluentes de salida.....	53
Anexo C Hoja de monitoreo para desechos sólidos generados por calibración.....	54
Anexo D Hoja de monitoreo para desechos sólidos generados por devoluciones.....	55


	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 5 de 55

Introducción

La producción más limpia (PML) se define como *“la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia global y reducir los riesgos para los seres humanos”* (ONUDI 2008). Este programa busca la reducción en la generación de residuos desde la fuente para evitar el tratamiento. Los beneficios de implementar estrategias para reducir los impactos ambientales son la reducción de costos adicionales en términos de energía y tratamiento de residuos, ahorro energético, la construcción sostenible, descontaminación de agua y suelos.

Los principales impactos ambientales asociados en la industria láctea son el alto consumo de agua, la descarga de efluentes con alta carga orgánica, y el consumo de energía. También puede haber otras preocupaciones como el ruido, los olores y los desechos sólidos (UNEP y EPA 2000). En la industria láctea, los principales procesos contaminantes son la producción de quesos, cremas y mantequilla, el proceso de lavado de torres de secado y las soluciones de limpieza alcalina (Santamaría Freire et al. 2015).

El uso apropiado y eficiente de los recursos utilizados en la industria es trascendental para no ocasionar daños al medio ambiente y la salud humana. Por tal motivo, desde una perspectiva integral este documento analiza y describe aspectos de la industria láctea como: el uso de agua y energía, la descarga de las aguas residuales y los desechos sólidos.

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 6 de 55

Justificación

Una de las principales consecuencias de la globalización es el aumento en el consumo de productos lácteos, leche fluida y queso principalmente. Para el año 2019 se estimó el mercado de lácteos en 53.72 miles de millones de dólares y 225 toneladas métricas, con proyecciones a crecer a 234 toneladas métricas para el 2021 (Shahbandeh 2021) . Pero, a medida que aumenta la producción lo hace también el consumo de recursos.

El principal problema de contaminación está asociado a la descarga de efluentes provenientes del suero, debido a la alta carga de nutrientes que presenta. Este elemento es obtenido de la producción de queso, donde el 80 al 90% de la leche que entra al proceso se convierte en suero (Ferreira et al. 2018). Alrededor del 80% del consumo de energía es obtenido de combustibles fósiles, y contribuye con las emisiones atmosféricas (Ferreira et al. 2018). En términos de consumo de agua, este es el recurso más importante en la industria, y es utilizado para la limpieza de los equipos y áreas de trabajo. De acuerdo con Santamaría Freire et al. (2015) los índices de consumo de agua pueden variar de 1.3 a 3.2 litros de agua/kg de leche procesado.


Objetivos Planteados

Objetivo General

Desarrollar una estrategia para lograr una producción empresarial más eficiente y sostenible.

Objetivos Específicos

- Realizar un análisis de las prácticas y consumos de la planta de lácteos de Zamorano.
- Proponer oportunidades de producción más limpia para el consumo de agua, energía, descarga de efluentes y desechos sólidos.

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 7 de 55

Marco Teórico

¿Qué es el Desarrollo Sostenible de la Cadena Láctea?

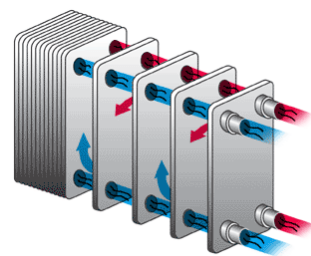
La sostenibilidad de la cadena láctea se entiende como la necesidad de responder a una demanda creciente, en cantidad y calidad de leche, sin comprometer la calidad y cantidad de recursos naturales que se utilizan durante todo el proceso, esto implica no utilizarlos a una tasa que supere su capacidad de producirse naturalmente.




¿Qué son las Prácticas de Producción Más Limpia?

Las prácticas de producción más limpia son actividades sencillas que aumentan la productividad, permiten reducir los costos y el impacto ambiental de la empresa. Los objetivos son:

- Optimizar el consumo de materias primas, agua y energía.
- Reducir la cantidad y el grado de contaminación de los residuos sólidos.
- Optimizar la reutilización y el reciclaje.
- Mejorar la organización del proceso productivo.



	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 8 de 55

Categorías a Evaluar

Los principales impactos ambientales asociados en la industria láctea son el alto consumo de agua, la descarga de efluentes con alta carga orgánica, y el consumo de energía. También puede haber otras preocupaciones como el ruido, los olores y los desechos sólidos (UNEP y EPA 2000). Tomando en consideración los impactos descritos por la Organización de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente o UN Environment Programme (UNEP por sus siglas en inglés) y las necesidades específicas de la planta de lácteos de Zamorano se establecieron cuatro categorías a evaluar:

- Consumo de agua
- Consumo de energía
- Efluentes de salida
- Desechos sólidos

En el Cuadro 1 se describe el nivel de impacto que cada categoría aporta al ambiente.


Cuadro 1

Valoración del impacto ambiental del sector lácteo.

Tipo de residuo	Impacto		
	Alto	Medio	Bajo
Residuos sólidos		■	
Residuos líquidos	■		
Emisiones atmosféricas			■
Ruido			■

Nota. Tomado de Garzón Benavides y López Morán (2008)

Los residuos líquidos y sólidos son los que más impacto tienen al ambiente, por lo que se hace necesario la búsqueda de alternativas que permitan reducir su impacto. Con la producción más limpia

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 9 de 55

más limpia se logran mejoras en la elaboración de los productos con tecnologías que generen menor cantidad de residuos y hagan uso eficiente de la energía y de la materia prima, así como ahorros en el consumo de agua (CNPLH [updated 2017]).

Sostenibilidad en Zamorano

La Escuela Agrícola Panamericana Zamorano se encuentra ubicada en el km. 30 carretera de Tegucigalpa a Danlí, Valle del Yeguaré, Municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras. Al ser una escuela de agricultura se interesa por la sostenibilidad de los procesos dentro del campus, y busca cada vez más eficientizar el uso de recursos para un campus más verde.

Planta de Lácteos


La planta de lácteos de Zamorano se encuentra ubicada en la calle Cargill en el Departamento de Agroindustria Alimentaria. Procesa alrededor de 5,500 litros de leche diarios, y elabora 28 productos diferentes en 7 líneas de producción (Zamorano 2021).

Compromiso de la gerencia y el personal

El instructor, el jefe técnico y los empleados de la planta de lácteos se comprometen en la implementación de las medidas necesarias para reducir el consumo de recursos y contribuir a la sostenibilidad ambiental a través de esta guía de prácticas de producción más limpia.

Agua y Energía

El agua es un recurso renovable que se regenera mediante procesos naturales y que puede seguir existiendo siempre y cuando no se supere su capacidad de autodepuración. En la industria de

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 10 de 55

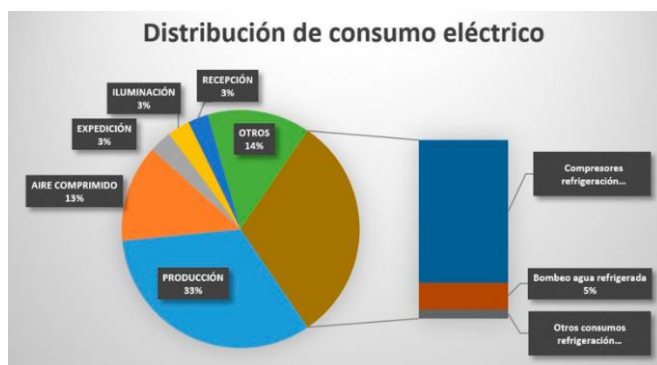
lácteos el agua es usada principalmente para limpiar equipos, áreas de trabajo y mantener las condiciones higiénicas dentro de la planta. Estas actividades representan un porcentaje alto dentro del consumo promedio de agua, y generalmente, la mayoría del agua consumida en la industria se convierte en agua residual. El 80% de las aguas residuales se vierten sin recibir ningún tipo de tratamiento previo.

Cuando se habla de energía en la industria láctea, no se limita exclusivamente a la energía eléctrica, se incluye también los combustibles empleados en la caldera y los refrigerantes utilizados en los sistemas de refrigeración, que aportan emisiones gaseosas a la atmósfera. Las principales emisiones en la industria láctea provienen de las calderas, donde se produce CO, SO₂ o NO y partículas, que varían de acuerdo al tipo y calidad de combustible utilizado (sólido, líquido o gaseoso), el estado de las instalaciones, la eficiencia y el control de los procesos.


La energía eléctrica, por otro lado, genera importantes costos para las industrias. En la Figura 3 se puede observar que las principales fuentes de consumo energético es la producción diaria y el enfriamiento, con 33% y 31% respectivamente.

Figura 1

Descripción del consumo eléctrico de una planta láctea.



Nota. Tomado de Arranz Zamorano (2018)


	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 11 de 55

Efluentes de Salida

El problema medio ambiental más grande en la industria láctea está relacionado a las aguas residuales, tanto por el volumen descargado como por la carga contaminante asociada. El volumen de agua residual descargada en la industria se encuentra entre 2 a 3 litros/ kg de producto lácteo (Tirado et al. 2016) . El agua residual en una planta láctea se genera principalmente en la pasteurización y homogenización de leche fluida, y en la elaboración de productos como mantequilla, queso, leche en polvo. La composición de estas aguas proviene de agua utilizada en los procesos de limpieza, jabones, detergentes y desinfectantes, y suero lácteo.

El suero lácteo es considerado el elemento de mayor contaminación dentro de las aguas residuales debido al volumen que representa. El Codex Alimentarius define el suero como *“producto líquido obtenido durante la elaboración del queso, la caseína o productos similares, mediante la separación de la cuajada, después de la coagulación de la leche y/o los productos derivados de la leche”* (FAO y OMS 2011). Otro contaminante importante es la leche que se pierde por derrames, que puede ser del 0.5 – 2.5%.

La legislación hondureña establece normativas para las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario, y son obligatorias en todo el territorio nacional. La normativa incluye características físicas, químicas y microbiológicas que se especifican en el Cuadro 2, y que deben cumplirse para la descarga a cuerpos receptores.

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 12 de 55


Cuadro 2

Normativa de calidad para la descarga de aguas residuales.

Parámetro	Valor Permisible
Temperatura	< 25°C
Color	< 200 uc
pH	-
Volumen descargado	10% del caudal
Sólidos sedimentales	1 ml/l/h
Sólidos suspendidos	100 mg/l
Material flotante y espuma	Ausente
DBO	50 mg/l
DQO	200 mg/l
Grasas y aceites	10 mg/l

Nota. Tomado de Secretaria de Salud (1996)

Los efluentes líquidos de la industria láctea se caracterizan por presentar un alto contenido de materia orgánica, presencia de aceites y grasas, niveles elevados de nitrógeno y fósforo y conductividad elevada (Garzón Benavides y López Morán 2008). La composición de las aguas residuales puede variar en cada planta, dependiendo de los productos que elabora y las cantidades de producto que descarga. En el Cuadro 3 se observa una recolección de datos sobre las aguas residuales de plantas lácteas de acuerdo con varios autores.

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 13 de 55

Cuadro 3

Caracterización de efluentes lácteos.

DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	ph	ST (mg/L)	NT (mg/L)	PT (mg/L)	Referencia
80 - 95,000	40-48,000	4.5 - 9.4	135 - 85,000	15 - 180	12 - 132	Rico Gutierrez <i>et al.</i> 1991.
4,000 ^a	2,600 ^a	8.0 - 11.0	-	55 ^a	35 ^a	Kasapgil <i>et al.</i> 1994.
785 - 7,619	521 - 5,722	6.2 - 11.3	1,837 - 14,205	14 - 140	29 - 181	Danalewich J.R. <i>et al.</i> 1998.
2,000 - 6,000	1,200 - 4,000	8.0 - 11.0	-	50 - 60	20 - 50	Ince O. 1998
63,100 ^a	-	3.35 ^a	53,000 ^a	-	-	Hwan S. y Hansen CL. 1998.
60,000 ^a	-	4.7 ^a	-	830 ^a	280 ^a	Gavala <i>et al.</i> 1999.
4,500 ^a	2,300 ^a	-	-	60 ^a	-	Kotuncu <i>et al.</i> 2001.
1,150 - 9,200	680 - 4,500	6.0 - 11.0	2,705 - 3,715	14 - 272	-	Demirel B. y Yenigun O. 2003.
2,800 ^a	1,600 ^a	-	-	140 ^a	30 ^a	Schwarzenbech <i>et al.</i> 2005.
18,045	8,239 ^a	-	-	329 ^a	-	Arbeli <i>et al.</i> 2006.
430 - 15,200	650 - 6,240	4.7 - 11.0	-	14 - 90	-	Passeggi <i>et al.</i> 2009.


^a Concentraciones promedio reportadas

Nota. Tomado de Rocha Melogno (2015)

Desechos Sólidos

Para lograr crecimiento económico y desarrollo sostenible, es urgente reducir la huella ecológica mediante un cambio en los métodos de producción y consumo de bienes y recursos. La gestión eficiente de los recursos naturales compartidos y la forma en que se elimina los desechos tóxicos y los contaminantes son vitales para lograr este objetivo (PNUD 2021).

La mayor parte de residuos sólidos en la industria láctea son inorgánicos, provenientes de material de empaque de materias primas y secundarias, y del producto final. La mayor contaminación

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 14 de 55

proveniente de esta categoría se debe a un mal manejo de los desechos. Por lo tanto, se debe evitar la mezcla de este tipo de desechos con elementos líquidos para darles un tratamiento adecuado.

Flujo de Procesos

En la Figura 2 se encuentra el flujo de proceso para elaboración de leche semidescremada, descremada, sabor chocolate, fresa y vainilla. En la Figura 3 se observa el flujo de proceso para dos tipos de queso: queso crema y queso crema con chile. En la figura 5 observamos el flujo de proceso para yogur batido semi-sólido sabor fresa, durazno, natural, mora y mango. Y, en la Figura 4 se observa el flujo de proceso para helados sabor chocolate, durazno, fresa, mango, chocochips, ron con pasas, vainilla y café.


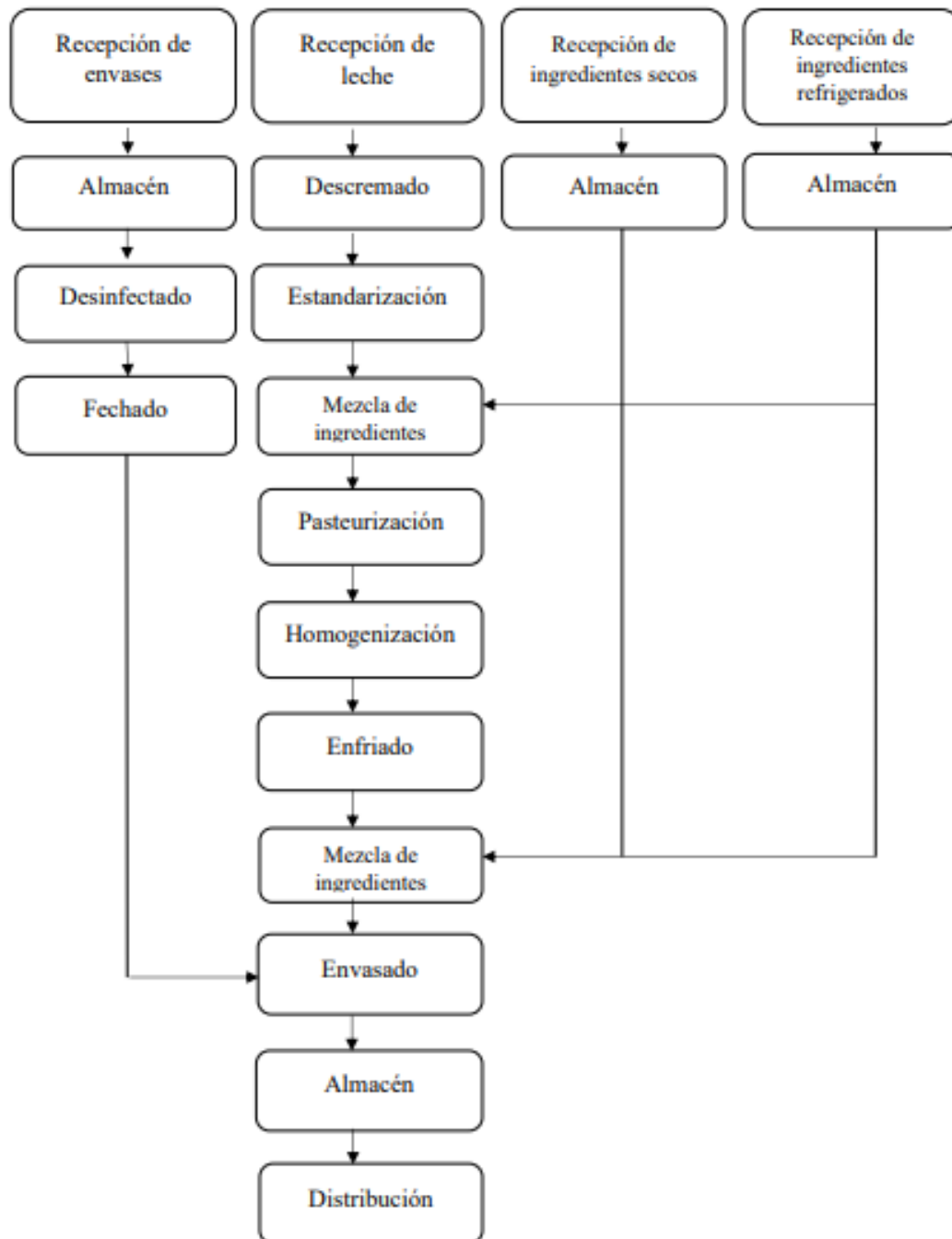
	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 15 de 55

Figura 2

Flujo de proceso para leche fluida.



Nota. Tomado de Chávez Santos (2018)


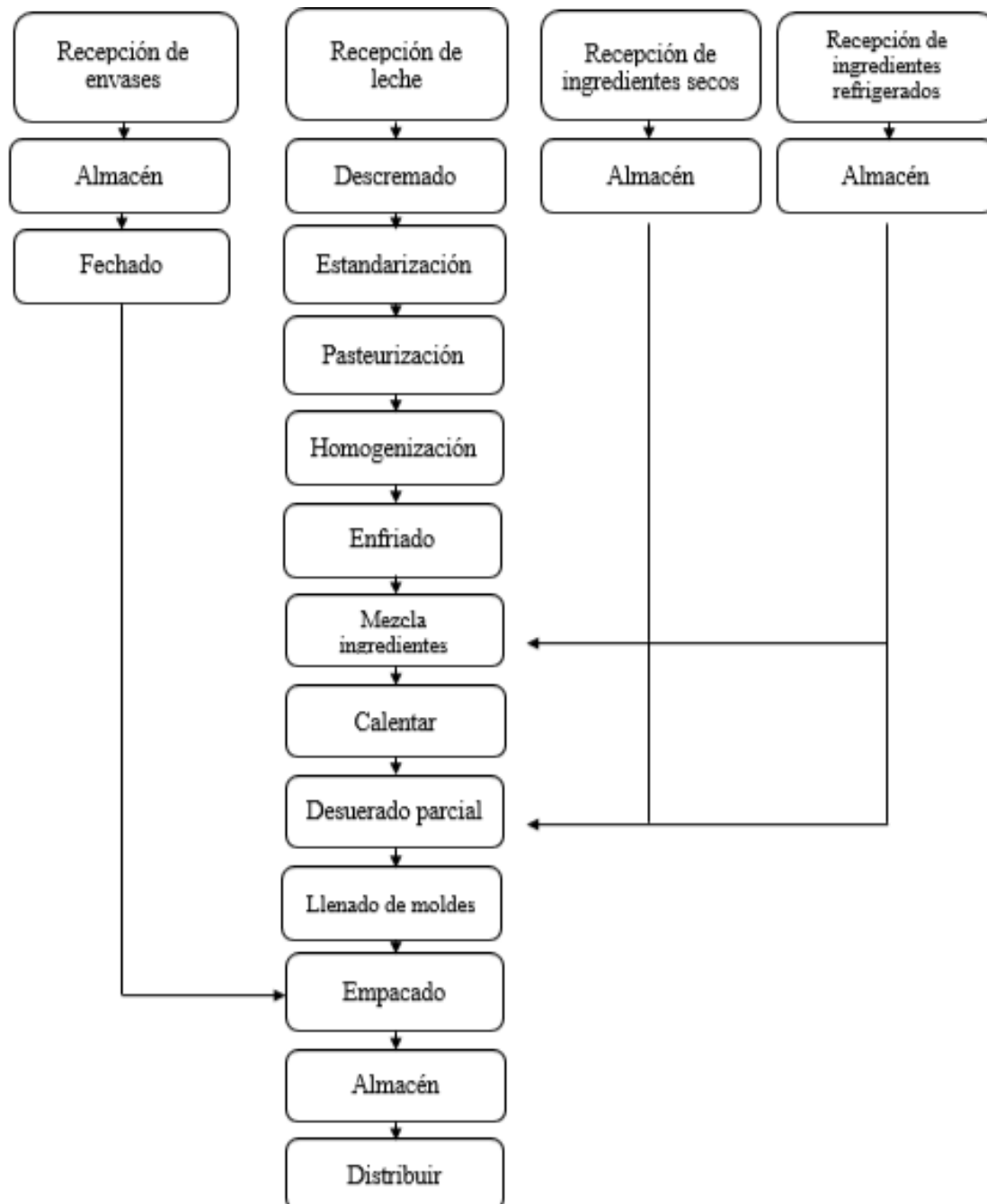
	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 16 de 55

Figura 3

Flujo de proceso para la elaboración de queso crema y queso crema con chile.



Nota. Tomado de Chávez Santos (2018)


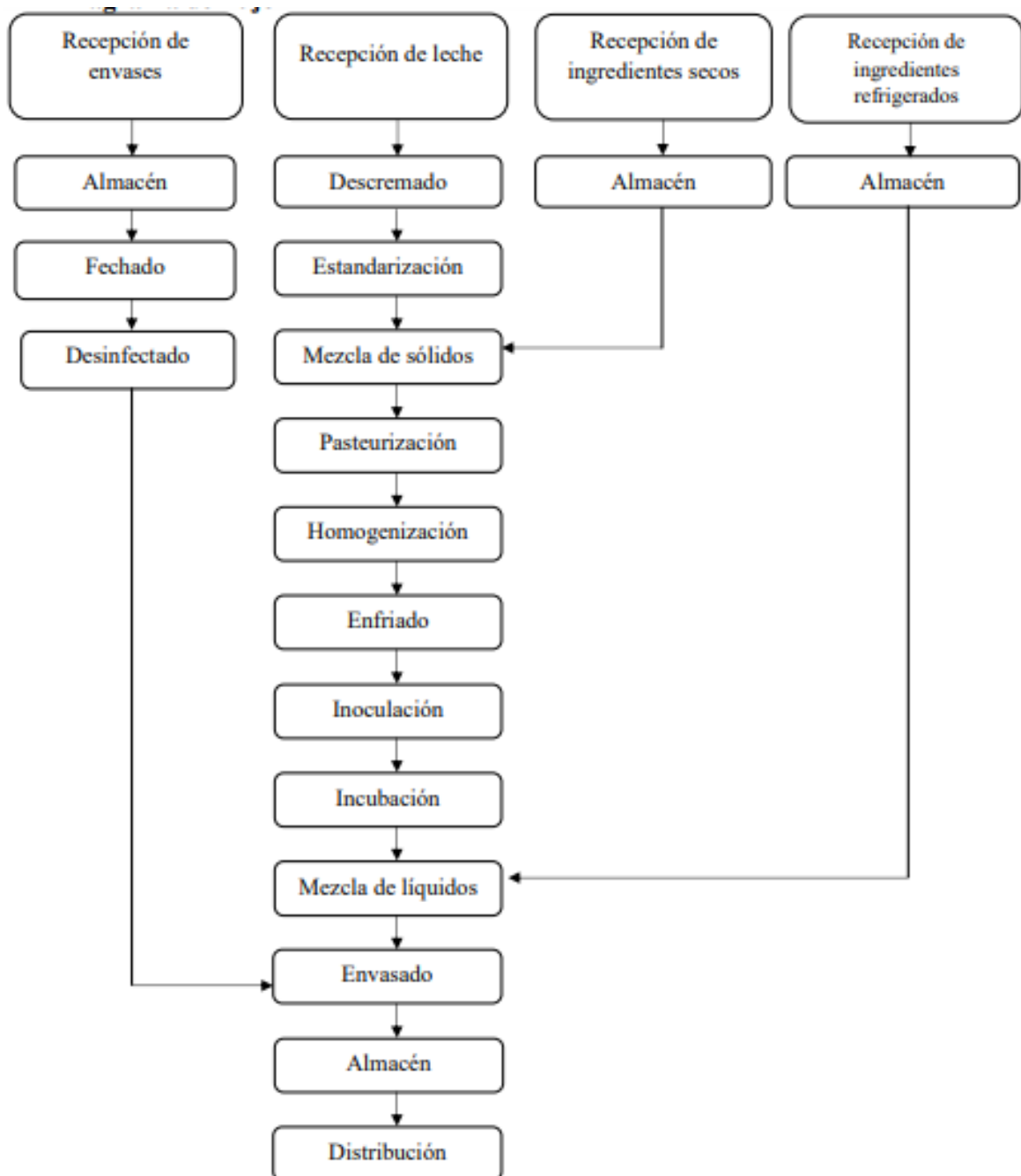
	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 17 de 55

Figura 4

Flujo de proceso para elaboración de yogur batido semisólido.



Nota. Tomado de Chávez Santos (2018)


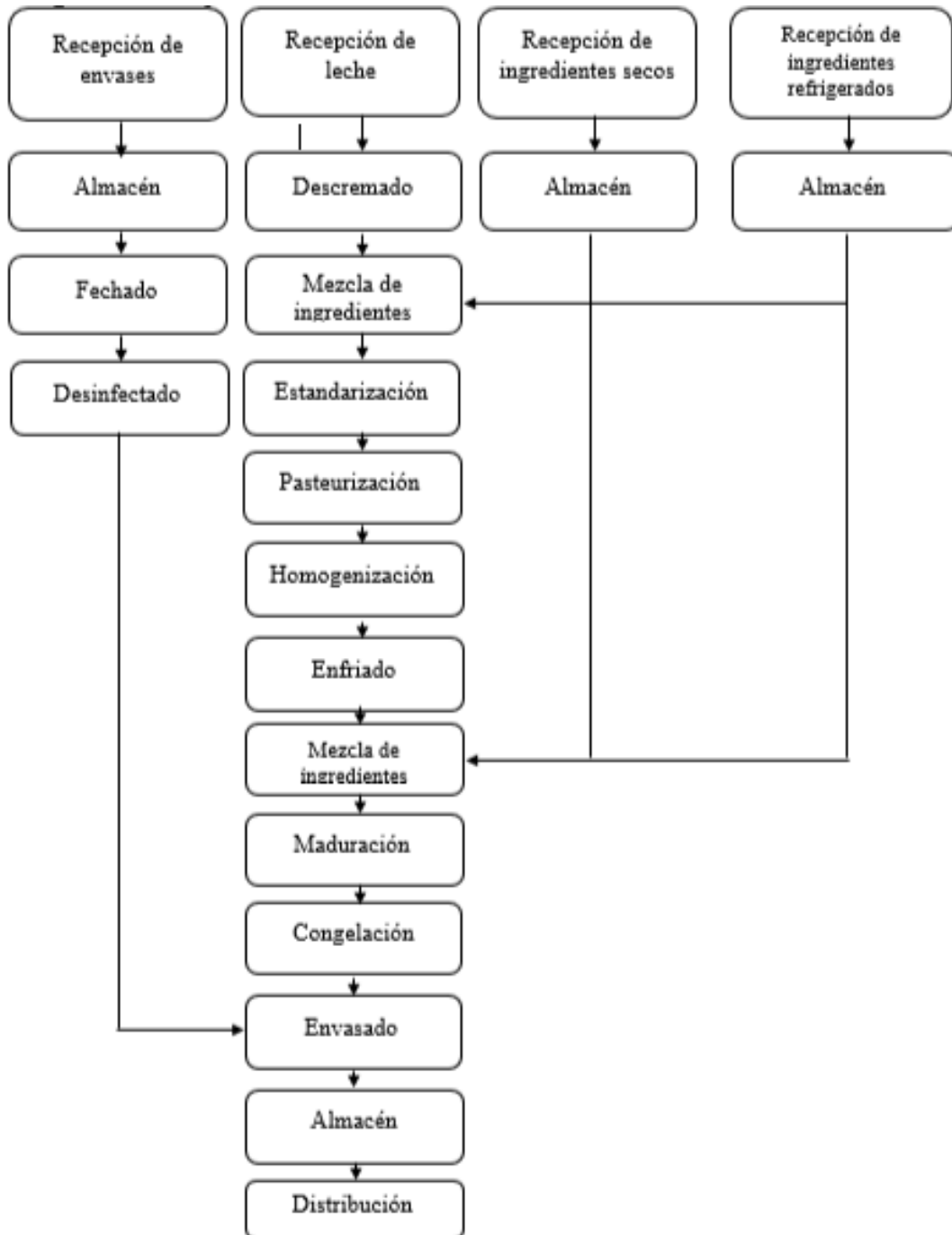

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 18 de 55

Figura 5

Flujo de proceso para elaboración de helados.



Nota. Tomado de Chávez Santos (2018)

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 19 de 55


Análisis de la Situación Actual

En esta sección se incluye el análisis de consumo de recursos y generación de residuos. Aquí se analizaron las actividades realizadas en la planta con una lista de verificación por medio de una entrevista al jefe técnico de la planta y un análisis de los recursos utilizados para las categorías de agua, energía, desechos sólidos y efluentes de salida. Esta sección es muy importante puesto que de aquí se identificarán las oportunidades de mejora de la planta y las actividades que deben priorizarse o puntos críticos en el manejo.

Análisis de Consumo y Generación de Residuos

La RAI se realizó con el propósito de conocer la situación de la planta en cuanto a la gestión y uso eficiente de recursos. Se revisaron las cuatro categorías seleccionadas: Agua, energía, efluentes de salida y desechos sólidos. En el Cuadro 4 se detallan las actividades evaluadas para el consumo y uso eficiente de agua. En el Cuadro 5 las actividades para el consumo energético. En el Cuadro 6 las actividades en el manejo de vertimientos. Y, en el Cuadro 7 las actividades para el manejo de desechos sólidos no peligrosos.

Todas las actividades evaluadas servirán después para establecer oportunidades de mejora en las cuatro categorías.


	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 20 de 55

Cuadro 4

Revisión ambiental inicial para el uso eficiente y ahorro de agua.

REVISIÓN AMBIENTAL INICIAL (RAI)					
Fecha	20 de mayo de 2021				
Responsable	Amairany Minera Ochoa				
Localización	Planta de lácteos Zamorano				
VARIABLE	CONTENIDO	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Uso eficiente y ahorro de agua	¿El agua para consumo humano cumple con los parámetros de calidad?	X			
	¿Se realizan inspecciones de fugas?	X			
	¿Se hace uso de hidrolavadoras en el lavado de instalaciones?		X		
	¿Las tuberías y llaves se encuentran en buen estado?	X			Proceso de cambio de tuberías de vapor.
	¿Se cuenta con unidades sanitarias ahorradoras?		X		
	¿Se ha capacitado al personal con respecto al uso eficiente y ahorro del agua?		X		
	¿Se hacen campañas de uso eficiente y ahorra del agua?		X		
	¿Cuenta con programa para uso eficiente y ahorro de agua?		X		
	¿Cuenta con instrumentos de medición de la cantidad de agua que consume?	X			
	¿Se tiene pistolas de bajo volumen y alta presión en las mangueras para limpiar los equipos y pisos?		X		
	¿La empresa tiene instalado túnel de lavado de canastas?		X		
	¿Se hace limpieza en seco del equipo y zonas de producción, antes del lavado?		X		
	¿Se tiene medidores de agua en áreas claves de la planta?		X		
	¿La empresa calcula los indicadores de uso de agua de la planta y de sus departamentos claves?		X		

Nota. Tomado de Villegas y García (2020)


	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 21 de 55

Cuadro 5

Revisión ambiental inicial para el consumo y uso de energía.

REVISIÓN AMBIENTAL INICIAL (RAI)					
Fecha	20 de mayo de 2021				
Responsable	Amairany Minera Ochoa				
Localización	Planta de lácteos de Zamorano				
VARIABLE	CONTENIDO	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Consumo y uso de energía	¿Realizan mantenimientos preventivos y correctivos a los equipos y maquinaria?	X			
	¿Se realizan mantenimientos a los aires acondicionados?	X			
	¿Se poseen bombillos ahorradores en las áreas de trabajo?		X		
	¿Se poseen bombillos ahorradores en las instalaciones?		X		
	¿La iluminación está zonificada?	X			
	¿Se hace aprovechamiento de la luz natural en algunas áreas de la empresa?	X			
	¿Todas las redes e instalaciones eléctricas se encuentran en buen estado?	X			
	¿Identifican equipos o maquinarias que más consumen energía?	X			
	¿Cuentan con un sistema de energía alternativa			X	

Nota. Tomado de Villegas y García (2020)


	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 22 de 55

Cuadro 6

Revisión ambiental inicial para el manejo de vertimientos.

REVISIÓN AMBIENTAL INICIAL (RAI)					
Fecha	20 de mayo de 2021				
Responsable	Amairany Minera Ochoa				
Localización	Planta de lácteos de Zamorano				
VARIABLE	CONTENIDO	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Manejo de vertimientos	¿Se cuenta con permiso de vertimientos domésticos y se cumple con lo establecido en la norma?	X			
	¿Cuenta con instrumentos de medición de la cantidad de agua vertida?		X		
	¿Cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales?		X		
	¿Se posee un tratamiento para las aguas industriales?	X			Enzimas agregadas al drenaje
	¿Se cuenta con permiso de vertimientos industriales y se cumple con lo establecido en la norma?	X			

Nota. Tomado de Villegas y García (2020)


	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 23 de 55

Cuadro 7

Revisión ambiental inicial para el manejo integral de residuos sólidos.

REVISIÓN AMBIENTAL INICIAL (RAI)					
Fecha	20 de mayo de 2021				
Responsable	Amairany Minera Ochoa				
Localización	Planta de lácteos de Zamorano				
VARIABLE	CONTENIDO	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Manejo integral de residuos sólidos no peligrosos	¿Se poseen depósitos destinados para residuos peligrosos?	X			
	¿Poseen trampa de grasa?	X			
	¿Se hace caracterización de los residuos peligrosos generados?		X		
	¿Se hace identificación y rotulación de residuos peligrosos?	X			
	¿Se tiene un centro de acopio de residuos sólidos?	X			
	¿Se realiza abono orgánico?	X			
	¿Se tienen puntos ecológicos?		X		
	¿Se realiza una adecuada separación desde la fuente?		X		
	¿Se hace aprovechamiento de las cenizas provenientes de la caldera?				X
	¿Se hace caracterización de residuos sólidos de acuerdo con la normatividad legal vigente?			X	
	¿Se cuenta con gestores autorizados para realizar la deposición final de los residuos sólidos?			X	
	¿Se hace aprovechamiento de todos los residuos sólidos con potencial de ser materia prima secundaria?			X	
¿Las cenizas se almacenan en un patio o área con barreras naturales o artificiales que impiden que se esparza en el ambiente?				X	

Nota. Tomado de Villegas y García (2020)

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 24 de 55

Análisis de Consumo de Recursos

Los recursos utilizados en la planta fueron analizados mediante estadística descriptiva, y comparaciones con literatura. En el Cuadro 8 se detalla los Kg de leche procesada desde el año 2018 hasta el 2020, que será útil para calcular los índices de consumo de agua y consumo de energía.


Cuadro 8

Cantidad de leche procesada en kg de la planta de lácteos de Zamorano.

Mes	2018	2019	2020
Enero	97,393.29	165,005.64	147,644.51
Febrero	129,587.07	142,026.34	147,136.54
Marzo	154,581.15	137,243.44	162,241.30
Abril	158,417.64	137,657.92	80,047.72
Mayo	151,736.73	153,505.93	83,741.50
Junio	139,599.03	152,093.10	125,332.07
Julio	140,039.26	159,960.16	115,096.60
Agosto	139,024.20	152,008.36	104,104.76
Septiembre	132,222.74	140,627.79	98,599.51
Octubre	149,260.22	145,240.82	104,646.36
Noviembre	154,207.97	151,812.63	114,110.20
Diciembre	155,084.55	131,245.29	0.00
Total	1,701,153.86	1,768,427.41	1,282,701.07

Agua y Energía

El agua es un recurso renovable indispensable en la industria láctea, es utilizada ampliamente para la limpieza de áreas, equipos, instrumentos. La energía utilizada para la operación de los equipos es también indispensable para el funcionamiento diario de la planta. Datos proporcionados por la Unidad de Planta Física establecen el consumo promedio de agua y energía para los últimos 3 años (Cuadros 9 y 10) de la planta de lácteos.


	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 25 de 55

Cuadro 9

Consumo de agua en m³ de la planta de lácteos de Zamorano.

Mes	2018 (m ³)	2019 (m ³)	2020 (m ³)
Enero	1,064.00	1,215.50	1,204.00
Febrero	1,248.50	1,117.00	1,174.50
Marzo	1,177.10	1,201.00	1,220.50
Abril	1,377.90	1,214.00	938.00
Mayo	1,366.50	1,247.00	954.00
Junio	1,472.00	1,231.00	1,104.00
Julio	1,619.00	1,329.00	1,051.88
Agosto	1,597.00	1,323.00	1,114.89
Septiembre	1,519.00	1,223.00	1,045.00
Octubre	1,207.00	1,185.00	1,159.00
Noviembre	1,149.00	1,238.50	937.00
Diciembre	1,028.25	1,073.50	1,235.00
Promedio anual	1,318.77	1,216.46	1,094.81

El promedio anual en el consumo de agua denota una disminución cada año. La industria establece valores de consumo de agua de 1.3 - 3.2 L de agua/kg de leche procesada, sin embargo, puede reducirse hasta 0.8 – 1.0 L de agua/kg de leche adoptando sistemas de uso eficiente para este recurso (Santamaría Freire et al. 2015). Para el año 2020 el índice de consumo fue de 0.85 L de agua/Kg de leche procesada. Por lo tanto, se encuentra dentro de los parámetros establecidos. Sin embargo, resultados obtenidos con la lista de verificación indican que existen prácticas que pueden ayudar a reducir aún más el consumo. Estas prácticas son descritas en la sección VI de esta guía.

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 26 de 55

Cuadro 10


Consumo de energía en kW de la planta de lácteos de Zamorano.

Mes	2018 (kW)	2019 (kW)	2020 (kW)
Enero	21,403.50	16,486.00	10,231.60
Febrero	16,007.00	17,438.00	12,444.40
Marzo	15,808.20	16,531.40	-
Abril	19,084.90	18,014.20	-
Mayo	17,817.90	19,366.40	40,354.80
Junio	17,289.50	14,161.00	11,220.40
Julio	17,184.00	16,337.80	14,754.95
Agosto	18,993.20	16,855.20	12,528.05
Septiembre	15,923.80	14,088.40	11,457.40
Octubre	17,083.80	15,023.60	12,836.00
Noviembre	19,402.20	14,816.00	11,142.50
Diciembre	15,334.60	17,664.80	14,768.90
Promedio anual	17,611.05	16,398.57	12,644.92

El consumo promedio anual de energía denota también una reducción en los kW consumidos en los últimos 3 años, aunque es importante considerar que no se cuentan con los datos de los meses de marzo y abril. Los índices de consumo energético/kg de leche procesada fueron de 3.15 kWh/kg leche para el 2018, 2.81 kWh/kg leche para el 2019, y de 3.02 kWh/kg leche para el 2020. De acuerdo con la (UNEP y EPA 2000) el índice de energía para una planta moderna que usa agua caliente para el procesamiento es de 0.139kWh/kg de leche procesada. Por lo tanto, los índices de consumo de energía dentro de la planta se encuentran muy por encima de los estándares. Por lo tanto, se proponen algunas opciones de mejora en la sección VI.

Efluentes de salida

La legislación hondureña establece normativas para las descargas de aguas residuales a

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 27 de 55

cuerpos receptores y alcantarillado sanitario, y son obligatorias en todo el territorio nacional. Si la industria incumple estas normativas, puede acreditarse con multas que varían dependiendo de cada situación. De acuerdo con el artículo 6 de la Norma Técnica de las Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores y Alcantarillado Sanitario de Honduras (1996), las descargas a un cuerpo receptor de forma directa o indirecta deberá cumplir con características físicas, químicas y microbiológicas que se especifican en el Cuadro 2.

Dentro de la planta los efluentes de salida pueden descargarse como: suero, leche, crema, residuos de mezclas y detergentes, y producto que resulta de devoluciones comerciales. La caracterización de las aguas residuales de la planta se detalla en el Cuadro 11.


Cuadro 11

Caracterización de los efluentes de salida de la planta de lácteos de Zamorano.

Parámetro	Unidad	Promedio	Rango
pH	-	7.03 ± 0.13	6.57 - 8.23
Temperatura	°C	27.82 ± 1.55	25.70 - 29.60
Demanda química de oxígeno	mg/L	20,973.33 ± 11,827.75	5,839 - 36,238
Demanda biológica de oxígeno	mg/L	4,935.92 ± 2,164.53	1,522.50 - 7,044
Sólidos totales	mg/L	9,069.33 ± 6,172.31	2,318 - 16,884
Sólidos volátiles	mg/L	6,840.67 ± 4,882.90	208 - 13,994
Nitrógeno total	mg/L	25 ± 7.56	17.77 - 39.48
Nitrógeno amoniacal	mg/L	2.63 ± 1.73	0.99 - 5.92
Fósforo total	mg/L	121.83 ± 103.47	40 - 287.50
DBO/DQO	-	0.24 ± 0.10	0.19 - 0.26

Nota. Tomado de Rocha Melogno (2015)

De acuerdo con Rocha Melogno (2015) el agua residual de la planta de lácteos tiene un valor promedio DQO de 20,973.3 mg/L y DBO de 4,935.92 mg/L (Cuadro 11). Estos valores sobrepasan los valores permitidos por la Norma Técnica de las Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 28 de 55

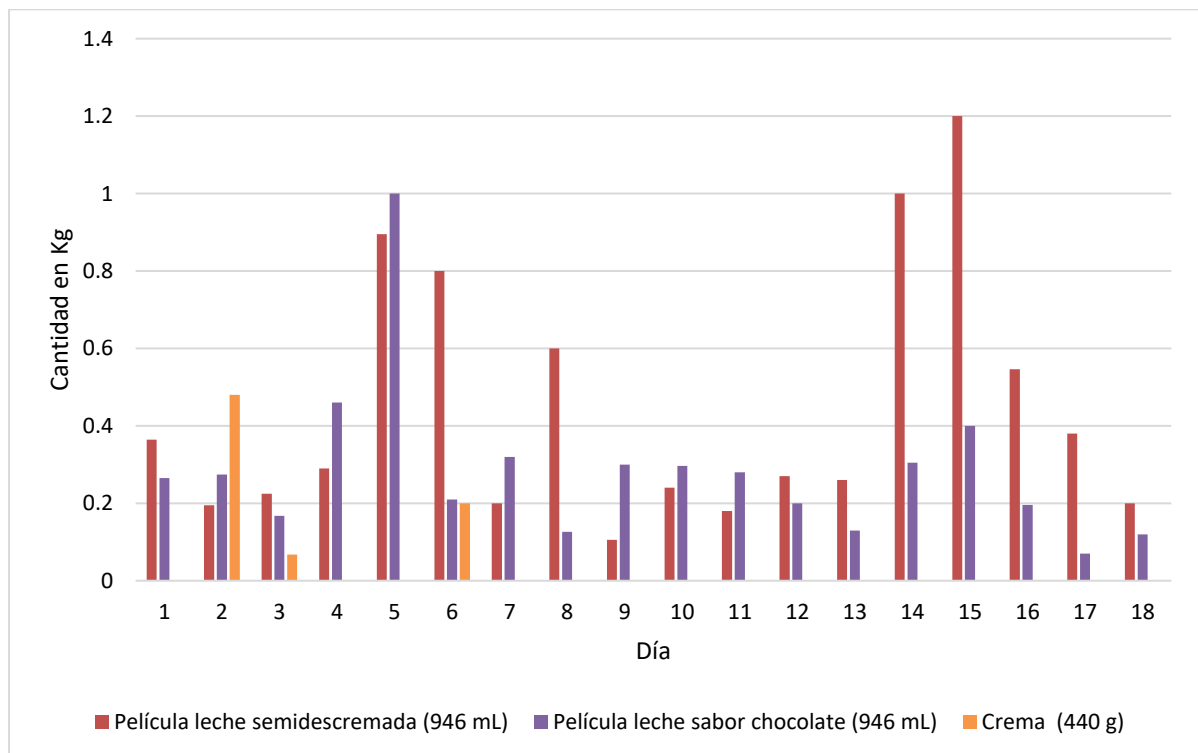
Receptores y Alcantarillado Sanitario de Honduras. El suero lácteo presente en estos efluentes es el que contribuye en mayor manera a estos valores, en la sección VI se describen los usos que pueden darse a este co-producto con el propósito de reducir los niveles de DBO y DQO.


Desechos Sólidos

Los desechos sólidos generados en la planta de lácteos se clasifican para esta guía en aquellos generados por calibración durante el envasado y los que retornan a la planta con producto de devoluciones. En la figura 6 podemos observar los desechos generados por calibración obtenidos durante 3 semanas.

Figura 6

Desechos sólidos en kg generados por calibración de la envasadora.



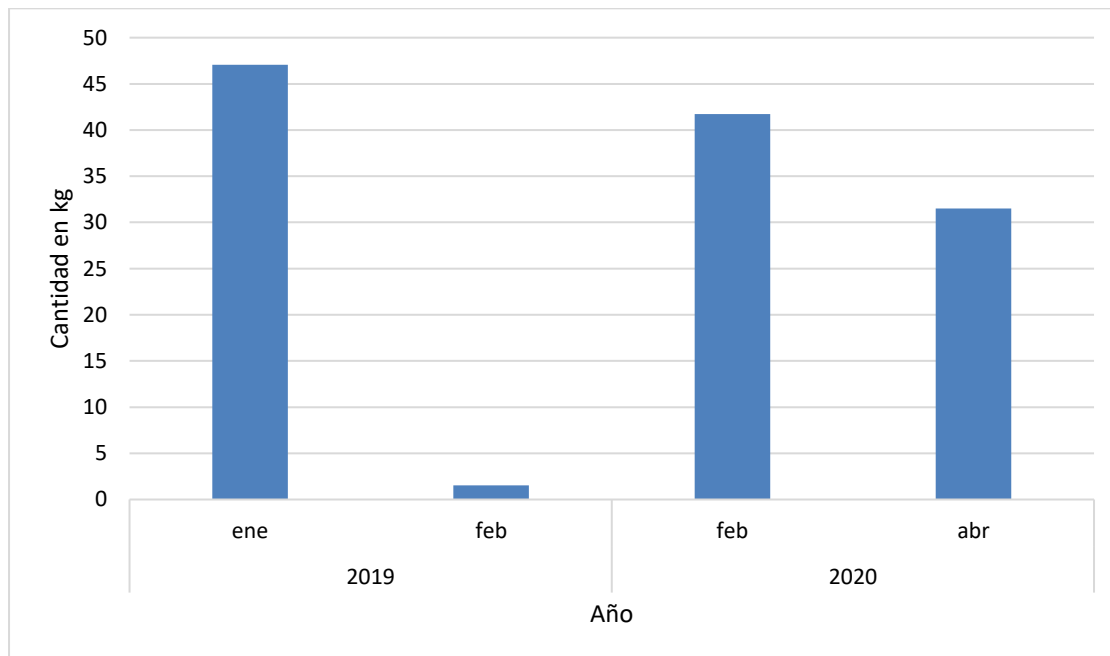
	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 29 de 55

De acuerdo con los datos recolectados, la envasadora de la planta de lácteos tiene una tasa promedio de generación de desechos de 0.98kg/día. Estos desechos corresponden a la película plástica de LDPE utilizada para el envasado de leche semidescremada, leche con chocolate y crema.


Los desechos sólidos se generan del retorno de productos a la planta procesadora. Durante el año 2019 se generaron un total de 48.62 kg y para el año 2020 se generaron 73.24 kg, esto únicamente de empaques por devoluciones. Estos resultados pueden observarse en la gráfica 7. Si añadimos a estos valores la cantidad de desechos diarios generados por calibración, aumentan a 355.36 kg/año para el 2019 y a 379.98 kg/año para el 2020.

Figura 7


Desechos sólidos en kg provenientes por devoluciones de producto.



De acuerdo con los volúmenes de leche procesada para el 2019 la tasa de generación de residuos es de 0.20 g de desechos/kg de leche procesada, y para el año 2020 la tasa es de 0.30 g de

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 30 de 55

desechos/kg de leche procesada. La generación de desechos sólidos de la industria láctea es muy pequeña, y corresponde principalmente a envases y embalajes (Villena 1995). El problema es trasladado en mayor medida al consumidor, que es el que debe disponer de ellos al haber consumido el producto.

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 31 de 55

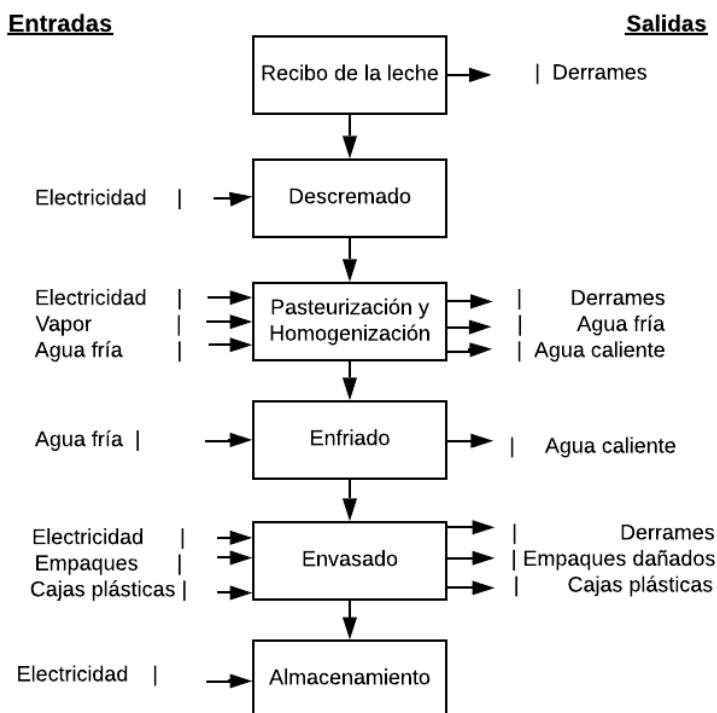
Análisis de Procesos

Este análisis identificó los principales recursos consumidos y desechos generados en los cuatro grandes procesos productivos de la planta: leche fluida, queso, yogur y helado. Aquí se identificaron las potenciales prácticas de producción más limpia, y se obtuvo un inventario preliminar de las primeras opciones obvias, y que problemas deberían abordarse.


En la Figura 8 se observa el análisis de entradas y salidas para el proceso de leche fluida. Se nota que una de las actividades de especial interés es la producción de suero de leche y el consumo de electricidad. En este proceso es donde se generan la mayor cantidad de desechos sólidos, pues al envasarlos se pierden empaques por calibración.

Figura 8

Análisis del proceso de elaboración de leche fluida.



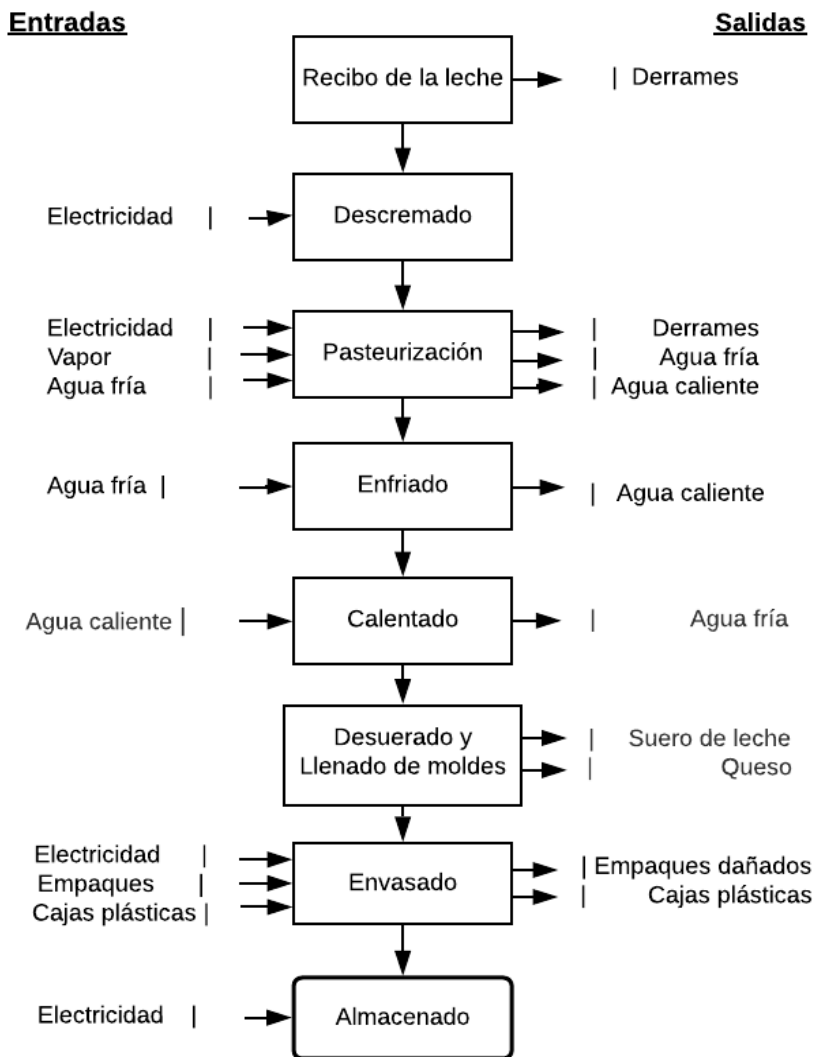
Nota. Adaptado de Chávez Santos (2018)

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 32 de 55


En la Figura 9 se ilustran las entradas y salidas del proceso de elaboración de quesos. Se identificó que la actividad más importante es la generación de suero de leche, que va directo a los efluentes aumentando la carga orgánica.

Figura 9

Análisis del proceso de elaboración de queso.



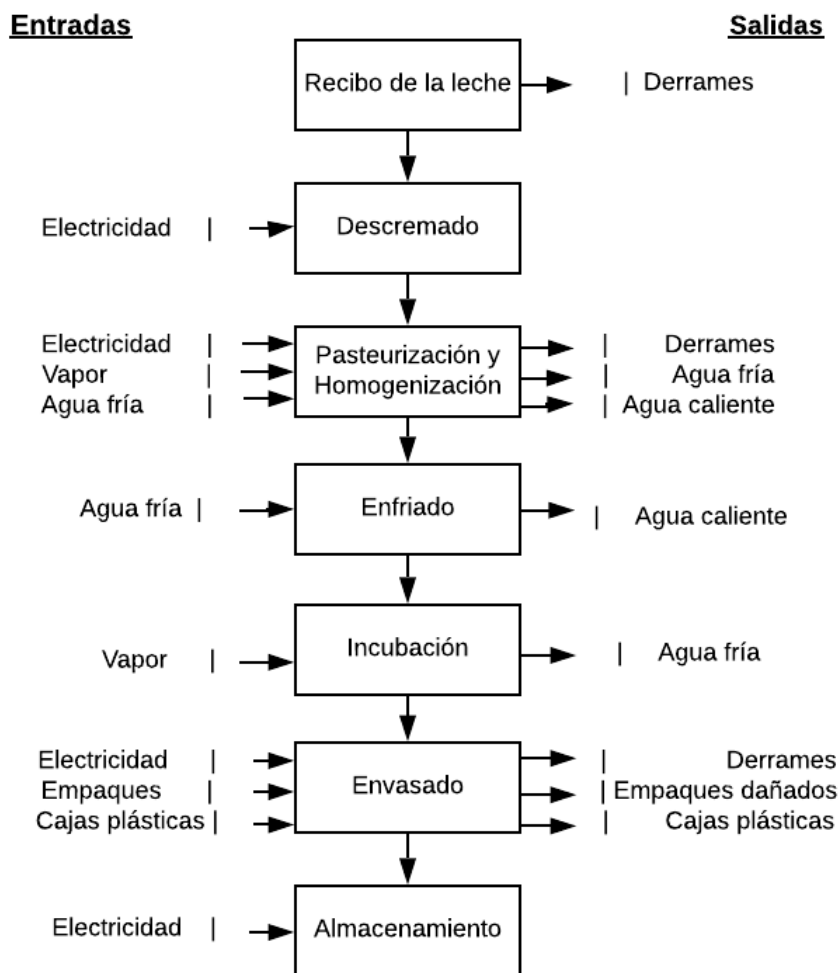
Nota. Adaptado de Chávez Santos (2018)

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 33 de 55


En la Figura 10 se observa el análisis de entradas y salidas para el proceso de yogur batido semi-sólido. Aquí no se producen desechos que aumenten significativamente en los efluentes de salida, los consumos principales son de electricidad.

Figura 10

Análisis del proceso de elaboración de yogur.



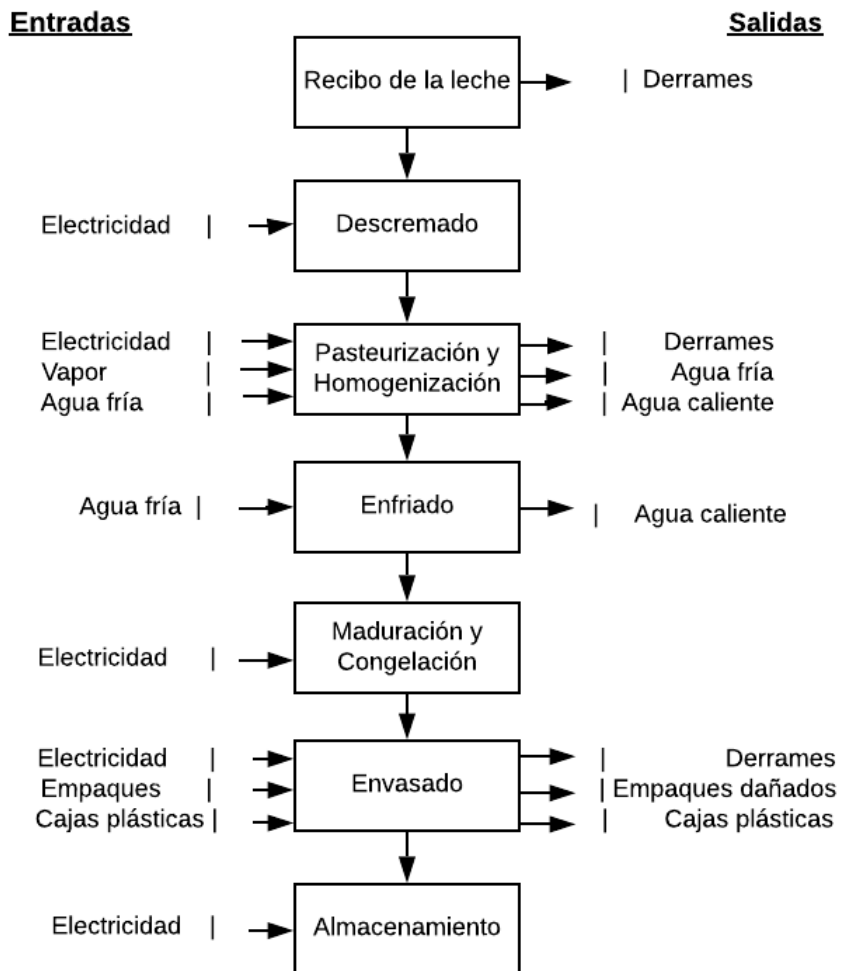
Nota. Adaptado de Chávez Santos (2018)

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 34 de 55


En la Figura 11 se observa el análisis de entradas y salidas para la elaboración de helados. La principal actividad de interés en este proceso es el consumo energético, que utiliza más que los anteriores al realizarse la maduración y el endurecimiento.

Figura 11

Análisis del proceso de elaboración de helado.



Nota. Adaptado de Chávez Santos (2018)

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 35 de 55

Oportunidades de Producción Más Limpia

Programa de Monitoreo para el Ahorro y Uso Eficiente del Agua

Uso de Medidores

Para el ahorro y uso eficiente del agua es importante la instalación de medidores de agua en áreas clave, para así poder determinar el consumo de cada una y las medidas a tomar para la reducción del consumo. Los datos colectados servirán para un programa de monitoreo continuo del consumo, calcular los indicadores de consumo de cada área y establecer metas de uso de agua.


Revisión del Estado de Tuberías, Válvulas y Grifos

Se debe informar al personal de mantenimiento o al encargado respectivo si existen fugas en los grifos o tuberías en una zona determinada. El mal estado de las tuberías, grifos, o válvulas que no pueden cerrarse completamente incrementan el consumo de agua dentro de la planta. Además, mientras menor sea el consumo de agua, menor será la cantidad de aguas a tratar.

Programa de Concientización Para el Ahorro y uso Eficiente del Agua

Capacitación a Empleados

La capacitación deber ser impartida a todo el personal de la planta. Pueden abarcarse temas como el estado actual del recurso hídrico a nivel mundial, la importancia del uso eficiente, el impacto que tiene la industria láctea en el consumo de este recurso. Exponer pasos básicos para el ahorro del agua, como el cierre adecuado de las válvulas, mangueras o grifos.

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 36 de 55

Afiches Informativos

Colocar afiches que expongan y recuerden la importancia de realizar pasos básicos para el ahorro de agua. En el Anexo A puede visualizarse un afiche diseñado con recordatorios básicos para el ahorro de agua.

Programa Para la Implementación de Tecnologías de Bajo Consumo

Pistolas de Bajo Volumen y Alta Presión


La limpieza dentro de la planta contribuye con más del 90% del consumo total del agua (CNPMLTA 2016). Para optimizar el consumo de agua se recomienda el uso de mangueras con pistolas de presión para evitar el desperdicio cuando no se están usando, además, la alta presión permite la remoción de suciedad con el menor gasto de agua.

Uso de Hidrolavadoras

Las hidrolavadoras son equipos capaces de descargar agua a altas presiones para la limpieza de equipos o superficies. Son de 10 a 50 veces más potentes que una manguera común y pueden reducir hasta un 80% el consumo de agua, adicionalmente el lavado es 70% más rápido (CNPMLTA 2016). Una hidrolavadora es eficiente en la remoción de suciedad, protegiendo la pintura de la superficie, por lo que es ampliamente utilizada para el lavado de camiones, paredes y pisos de las instalaciones.

Túnel de Lavado de canastas

El túnel de lavado para canastas es una opción para reducir el consumo de agua utilizado en

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 37 de 55

esta labor. Están fabricados con acero inoxidable para cumplir con los estándares de la industria alimentaria, y utilizan agua recirculada. Dependiendo del modelo, existe la opción de lavado a presión para la remoción de etiquetas que se encuentren pegadas a las canastas.

Programa de Cambios de Hábito de Consumo

Limpieza en Seco Antes del Lavado

Debido al alto consumo de agua durante la limpieza, es recomendable realizar primero una limpieza en seco, utilizando cepillos o escobas, para hacer más eficiente el uso de agua, reducir el volumen de efluentes y de sólidos en el agua residual.

Cerrar Correctamente Grifos y Válvulas

Para reducir el consumo no se deben dejar los grifos abiertos mientras se enjabonan las manos, equipos o superficies.

Evitar Malgastos de Agua


Algunas recomendaciones para evitar el malgasto son:

- Lavado de manos en tiempo y forma.
- No llenar a máxima capacidad pediluvios

Opciones de Mejora para Reducir el Consumo de Energía

Mantenimiento Preventivo

Una de las formas para reducir los consumos de energía es revisar siempre el estado de las tuberías y válvulas; que no existan fugas de vapor, mal aislamiento en las tuberías o válvulas. Esto puede

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 38 de 55

incrementar el consumo de combustible en la caldera.

Aislamiento del Circuito de Frío

Mantener con buen aislamiento todas las conducciones de agua fría, para minimizar las pérdidas por frío y evitar paradas por un mal funcionamiento.

Instalación de Bombillos Ahorradores

Realizar el cambio de los bombillos actuales a bombillos ahorradores tanto en las oficinas, laboratorio y área de procesamiento.

Verificación de Eficiencias


Realizar un análisis de eficiencias de los equipos de procesamiento para comparar el consumo energético de la ficha técnica vs el consumo real para determinar el uso adecuado y eficiente de estos.

Capacitación a Empleados

La capacitación deber ser impartida a todo el personal de la planta. Pueden abarcarse temas como la importancia del uso eficiente, el impacto que tiene la industria láctea en el consumo de este recurso y las acciones que pueden realizar para reducir el consumo. Exponer pasos básicos para el ahorro en el consumo de energía, como el apagado de las luces cuando no son necesarias.

Manejo Adecuado del Sistema de Vapor

Las fugas de vapor, el mal estado de tuberías y válvulas aumentan el consumo de combustible de la caldera, generando un mayor costo. Por esta razón se debe hacer el mantenimiento de este sistema y evitar desperfectos que puedan incurrir en costos adicionales. El Centro de Producción Más

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 39 de 55

Limpia de Nicaragua, CPmL-N (s.f.) establece que las fugas en una tubería de vapor puede significar una pérdida de USD\$250 para una caldera de diésel y diámetro de tubería de ½', y hasta USD\$634 para una tubería con diámetro de 3'.

Mantenimiento de Calderas

Para las calderas es necesario llevar el registro del consumo diario de combustible para llevar un control de los costos y asegurar la adecuada eficiencia de esta. Se debe asegurar que el agua sea de buena calidad para evitar bajar la eficiencia.


Opciones para Prevenir la Contaminación del Agua

Evitar Derrames de Leche

Evitar los derrames de leche en planta tiene muchos beneficios. Se reduce la contaminación de los efluentes debido al contenido de sólidos de la leche, y al ser esta la materia prima de la industria, se evitan las pérdidas del costo de la leche como tal, y de los ingresos que se dejarán de recibir por la pérdida.

Para evitar el derrame de leche se pueden seguir las siguientes recomendaciones:


- Acortar las distancias de rutas de transporte.
- El diseño de la planta debe ubicar los equipos de forma que se minice el riesgo de derrames.
- No llenar los recipientes y tuberías a máxima capacidad.
- Buen estado de y equipos.
- No descargar producto de devoluciones en los drenajes

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 40 de 55

Uso Alternativo del Suero

Para reducir al mínimo la contaminación debe hacerse un buen uso del suero, debido a que es un alto contaminante de los efluentes por la cantidad de sólidos presentes en él. Algunos usos alternativos para este sub-producto es usarlo en la alimentación de ganado vacuno o porcino, elaboración de quesos a base de suero, o bien venderlo a otras industrias para convertirlo en un producto de mayor valor comercial. El Codex Alimentarius define el suero como *“producto líquido obtenido durante la elaboración del queso, la caseína o productos similares, mediante la separación de la cuajada, después de la coagulación de la leche y/o los productos derivados de la leche”* (FAO y OMS 2011).


En el Cuadro 12 puede observarse distintos usos que puede darse al suero lácteo y sus beneficios.

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 41 de 55

Cuadro 12

Usos alternativos para el suero de leche.

Gestión para el vertimiento de aguas residuales			
Programa	Usos alternativos para el suero de leche		
Objetivo	Establecer la/las aplicación/es para la planta de lácteos		
No.	Aplicaciones en	Beneficios	Referencias
1	Alimentación animal	Reducción del costo alimenticio. Incremento en la conversión alimenticia en ganadería de carne. Aporte de humedad y nutrientes a fuentes forrajeras de elevada concentración de materia seca.	(Araujo et al. 2013) y (Abate Daga 2016)
2	Alimentos funcionales	Productos fermentados no contienen proteínas alergénicas y contienen actividad biológica y/o aminoácidos esenciales. Oligosacáridos (GOS) en dietas suplementarias reducen la disfunción gastrointestinal y contribuyen a un sistema de defensas natural del organismo, y menor riesgo de sobrepeso en adultos.	(Pescuma et al. 2012), (Hernández-Rojas y Vélez-Ruiz 2014) y (Perez et al. 2015)
3	Ácido láctico	Materia prima para la síntesis de ácido poliláctico (PLA)	(Rojas et al. 2015)
4	Bebidas energizantes o refrescantes	Bajo costos de producción, buen sabor y buen grado de calidad alimenticia. Pueden llegar a considerarse un alimento funcional	(Brito et al. 2015) y (Vivas et al. 2016)
5	Bebidas de bajo grado alcohólico	Menor grado alcohólico que las bebidas fermentadas refrescantes	(Ortiz-Ávila et al. 2018)
6	Bioetanol	Fuente de energía renovable, con 40% a 80% menos gases de efecto invernadero	(Joshi et al. 2010)
7	Biopolímeros	Producción de polihidroxibutirato para la elaboración de bolsas, vasos, botellas, cubiertos y platos degradables.	(Kawecka et al. 2015) y (Ruiz et al. 2017)
8	Confitería	Mejora el cuerpo, textura, e incluso la vida de anaquel.	(Posada et al. 2011)
9	Hidrolizados de proteína	Obtención de oligopéptidos, di y tripéptidos para utilizarlos en bebidas y fórmulas infantiles	(Sinha et al. 2007)
10	Productos cárnicos	Pre-emulsificante, gelificante y mejora solubilidad.	Poveda 2013.
11	Productos de panadería	Mejoran la textura y el sabor. Mejoran el tostado por las propiedades de solubilidad, absorción de agua, adhesión, cohesión y emulsificación.	(Posada et al. 2011)
12	Postres como helados y yogur	Sustituto de leche descremada en polvo al aportar proteínas de bajo costo.	
13	Quesos	Elaboración de queso ricotta, queso bajo en grasa o queso tipo mysost.	(Motta y Mosquera 2015)

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 42 de 55

En base a las diferentes propuestas descritas en el Cuadro 12 para usos del suero, las que más se adecuan a las condiciones de la planta, es la elaboración de queso tipo ricotta y como materia prima para la alimentación animal. Debido a que la elaboración de queso tipo ricotta está condicionada a la demanda del producto, el sobrante puede destinarse para la alimentación de terneros de la Unidad de Terneros de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Una de las opciones que representaría ingresos más altos es la elaboración de una bebida a base del suero, sin embargo, esto amerita trabajo de formulación, análisis sensorial y demanda en el mercado.


Tratamientos del Suero

El suero también puede ser utilizado para la creación de energía, sin embargo, lo ideal es reducir el contaminante antes de llegar a un tratamiento. Rocha Melogno (2015) realizó un estudio para el tratamiento del suero mediante digestión anaerobia, encontrando un ahorro hasta del 50% en combustibles fósiles para el uso de calderas con la energía generada.

Opciones de Mejora para Reducir los Desechos Sólidos

De acuerdo con el artículo 18 del Reglamento Integral para el Manejo de Residuos Sólidos los desechos de la planta se clasifican como “Residuos Sólidos no Especiales”, y el inciso c los asigna a la categoría de “residuos de la pequeña industria”. El capítulo VI de este reglamento establece el manejo integral para esta clase de residuos, y el artículo 44 establece cinco pasos clave:

- Análisis de la generación y tipo de residuo
- Reducción, reutilización y reciclaje
- Almacenamiento

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 43 de 55

- Recolección y transporte
- Tratamiento y disposición final

La parte enfocada a este manual corresponde al análisis de generación de desechos (Figura 6 y 7). Para lograr la reducción de los desechos sólidos provenientes de material de empaque se proponen las siguientes actividades:

Seleccionar el Empaque Adecuado

Asegurarse de usar el tamaño de empaque adecuado, es decir, que sea el tamaño destinado para empaque de ese día.

Evitar Segundos Empaques

Evitar daños al material de empaque y así reducir los desechos generados por esto. También evitar un empaque secundario en los productos.

Uso de Tecnologías Adecuadas


Usar la tecnología adecuada para el empaque de acuerdo a la capacidad de producción de la planta.

Orden Lógico en el Empacado

Seguir una secuencia lógica en la línea de empaque para evitar pérdidas por calibración o confusión en la presentación del producto.

Almacenamiento

Realizar el almacenamiento de los productos en la temperatura óptima (4°C) para reducir la

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 44 de 55

probabilidad de descomposición en la planta y generación de desechos provenientes del material de empaque al desecharlos.


Los desechos sólidos provenientes de productos de devolución, al no tener un control sobre ellos por ser de fuentes externas se propone su tratamiento y disposición final, que de acuerdo al artículo 61 se puede realizar de 3 formas:

- Mecánicos por medio de trituración, mezcla y homogenización de los residuos,
- Térmicos, como la incineración para la recuperación de energía y pirolisis
- Biológicos para el compostaje

Una adecuada gestión de desechos sólidos implica la separación y clasificación desde la fuente, sin embargo, ante la falta de empresas de reciclaje de estos plásticos, y para evitar enviarlos al relleno sanitario, se propone su tratamiento por pirolisis.

Priorización de Ideas

La caja de matriz de Eisenhower permitió identificar las actividades que deben priorizarse de acuerdo con su importancia y urgencia. En el Cuadro 13 se desglosa esta matriz para las alternativas al suero y el consumo de agua, y en el Cuadro 14 se desglosa para las actividades de reducción de desechos y energía.

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 45 de 55

Cuadro 13


Matriz de Eisenhower para alternativas al suero y reducción en consumo de agua.

	Urgente	No Urgente
Importante	Alternativas al suero	
	Elaboración de queso tipo ricota o queso bajo en grasa. Alimentación animal	Aislados y concentrados de suero
	Reducción en consumo de agua	
	Realizar limpieza en seco Uso de pistolas de bajo volumen Capacitación a empleados Uso de hidrolavadoras	Uso de túnel de lavado

Cuadro 14

Matriz de Eisenhower para reducción en consumo de energía y desechos sólidos.

	Urgente	No Urgente
Importante	Reducción en el consumo de energía	
	Mantenimiento preventivo VFD para cuartos fríos Mantenimiento de calderas Capacitación a empleados	
		Reducción de desechos sólidos Uso de tecnologías adecuadas

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 46 de 55

Seguimiento

Consumo de Agua

El principal indicador para medir el ahorro en el consumo de agua será el “Ahorro del Consumo de agua”, calculado con la siguiente ecuación:

$$\% ACA = \frac{\text{consumo de agua del mes anterior } m3 - \text{consumo de agua mes actual } m3}{\text{consumo de agua del mes anterior } m3} * 100$$


Energía

El indicador a utilizar para comprobar que el objetivo se ha cumplido es el porcentaje de reducción en el consumo de energía:

$$\% RE = \frac{\text{consumo del año anterior (kW)} - \text{consumo del año actual (kW)}}{\text{consumo del año anterior (kW)}} * 100$$

Efluentes de Salida

El indicador para determinar la reducción en la carga orgánica es el valor DBO y DQO. Para llevar un registro sobre estos valores se recomienda medirlos al menos dos veces al año, y compararlos con las mediciones anteriores, así como con la normativa hondureña para descarga a cuerpos receptores. La hoja de registro para los efluentes de salida se encuentra en el Anexo C.


	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 47 de 55

Desechos Sólidos

Los desechos sólidos para su monitoreo se dividen en: desechos por calibración y desechos por devoluciones. El % de desechos por calibración se calcula con la siguiente ecuación:


$$\%RDS = \frac{\text{Generación del año anterior } (g) - \text{generación del año actual } (g)}{\text{generación del año anterior } (g)} * 100$$

Para llevar un registro de los desechos sólidos generados por calibración y por devoluciones se propone una hoja de monitoreo en el Anexo C y D.


	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 48 de 55

Referencias

- Abate Daga L. 2016. Utilización del Permeado de Suero en la Alimentación Bovina. [sin lugar]: Sitio Argentino de Producción Animal; [consultado el 21 de may. de 2021]. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/166-permeado_de_suero.pdf.
- Araujo Á, Monsalve L, Quintero A. 2013. Aprovechamiento del lactosuero como fuente de energía nutricional para minimizar el problema de contaminación ambiental. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 4(2):55–65. doi:10.22490/21456453.992.
- Arranz Zamorano A. 2018. Influencia de la producción de frío en el consumo energético del sector lácteo. España: Canales Sectoriales; [consultado 20 de may. de 2021]. <https://www.interempresas.net/Instaladores/Articulos/219693-Influencia-de-la-produccion-de-frio-en-el-consumo-energetico-del-sector-lacteo.html>.
- Brito H, Santillán A, Arteaga M, Ramos E, Villalón P, Rincon A. 2015. Aprovechamiento del suero de leche como bebida energizante para minimizar el impacto ambiental. *European Scientific Journal*; [consultado el 14 de may. de 2021]. 11(26):257–268. <https://core.ac.uk/download/pdf/236406128.pdf>.
- [CPML] Centro de Producción Más Limpia de Nicaragua. [sin fecha]. Manual de buenas prácticas operativas de producción más limpia para la industria láctea. Nicaragua. 48 p; [consultado el 14 de jun. de 2020]. <https://cutt.ly/vn4SYKN>.
- [CNPML] Centro Nacional de Producción más Limpia. 2016. Manual de producción y consumo sostenible: Gestión del recurso hídrico. Corantioquía: [sin editorial]; [consultado el 25 de mar. de 2021]. <https://cutt.ly/xn4XMkh>.
- [CNPLH] Centro Nacional de Producción Más Limpia de Honduras. [actualizado 2017]. Sector lácteo. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 16 de may. de 2021]. <https://www.cnpml-honduras.org/sectorlacteos/>.
- Chávez Santos TE. 2018. Manual de controles preventivos para la elaboración de leche fluida, helados, yogur, queso crema y queso crema con chile en la planta de lácteos de Zamorano [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 177 p; [consultado el 27 de may. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6229/1/AGI-2018-T017.pdf>.
- Ferreira F, Souza R, Almeida J. 2018. Evaluation of the application of cleaner production techniques in a dairy industry in Southern Bahia. *Gestão & Produção*. 25(1):117–131. doi:10.1590/0104-530X2234-16.
- Garzón Benavides JM, López Morán JM. 2008. Análisis de una alternativa de producción más limpia que permita aprovechar los residuos grasos que generan los procesos de pasteurización y enfriamiento de la leche en la empresa Friesland Lácteos Purance de san juan de pasto [Tesis]. Colombia: Universidad Tecnológica de Pererira. 82 p; [consultado el 15 de may. de 2021]. <https://core.ac.uk/download/pdf/71395868.pdf>.

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 49 de 55

- Hernández-Rojas M, Vélez-Ruíz J. 2014. Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*; [consultado el 21 de may. de 2021]. 8(2):13–22. <https://silo.tips/download/suero-de-leche-y-su-aplicacion-en-la-elaboracion-de-alimentos-funcionales>.
- Joshi Y, Poletto M, Senatore B. 2010. Bioethanol from cheese whey fermentation using *Kluyveromyces marxianus* biofilm. *Journal of Biotechnology*. 150:178–179. doi:10.1016/j.jbiotec.2010.08.466.
- Kawecka M, Tomczyńska M, Wesolowska M, Kowalczyk K, Chrzęstek M, Mleko S. 2015. Hard biodegradable biopolymer obtained from whey protein concentrate and montmorillonite. *Journal of Polymers and the Environment*. 23:534–540. doi:10.1007/s10924-015-0722-y.
- Motta Y, Mosquera W. 2015. Aprovechamiento del lactosuero y sus componentes como materia prima en la industria de alimentos. *Alimentech Ciencia y Tecnología Alimentaria*; [consultado el 21 de may. de 2021]. 13(1):81–91. http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/ALIMEN/article/download/1634/839.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, [OMS] Organización Mundial de la Salud. 2011. *Codex Alimentarius: Leche y productos lácteos*. 2ª ed. Roma, Italia: [sin editorial]. 259 p. ISBN: 978-92-5-305837-2.
- [ONUDI] Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. 2008. *Introducción a la producción más limpia*. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 1 de jun. de 2021]. 29 p. https://www.unido.org/sites/default/files/2008-06/1-Textbook_0.pdf.
- Ortiz-Ávila W, Madrigal L, Salazar B, Cárdenas JA. 2018. Aprovechamiento de lactosuero residual de empresas productoras de queso en la región norte de Colima y sur de Jalisco para la elaboración de una bebida fermentada de bajo grado alcohólico. *Ra Ximhai*; [consultado el 14 de may. de 2021]. 14(3):39–50. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/461/46158064003/html/index.html>.
- Perez A, Martinez M, Ruiz M, Jaurrieta I, Carlos S, Sayon C, Bes-Rastrollo M. 2015. Prebiotic consumption and the incidence of overweight in a Mediterranean cohort: The seguimiento Universidad de Navarra project. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 102(6):1554–1562. doi:10.3945/ajcn.115.121202.
- Pescuma M, Hebert E, Mozzi F, Font G. 2012. Alimentos funcionales derivados de lactosuero y bacterias lácticas. En: Gomez-Zavaglia A, editor. *Aspectos probióticos y tecnológicos de las bacterias lácticas*. [sin lugar]: Editorial Academia Española ; [consultado 21 de may. de 2021].
- Posada K, Terán D, Ramírez JS. 2011. Empleo de lactosuero y sus componentes en la elaboración de postres y productos de confitería. *La Alimentación Latinoamericana*; [consultado el 14 de may. de 2021]. 292:66–75. <https://cutt.ly/4n4HPfC>.

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 50 de 55

Poveda E. 2013. Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de calcio de alta disponibilidad. *Revista Chilena de Nutrición*. 40(3):397–403. doi:10.4067/S0717-75182013000400011.

[PNUD] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2021. Objetivos de desarrollo sostenible. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 6 de may. de 2021]. <https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>.

Rocha Melogno L. 2015. Aplicación de la digestión anaerobia para el tratamiento del efluente de la planta de lácteos de Zamorano y evaluación de su potencial energético [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 29 p; [consultado el 13 de may. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4521/1/IAD-2015-029.pdf>.

Rojas A, Montañó L, Bastidas M. 2015. Producción de ácido láctico a partir del lactosuero utilizando *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. *Revista Colombiana Química*. 44(3):5–10. doi:10.15446/rev.colomb.quim.v44n3.55604.

Ruiz J, Oliver L, los Santos S de, Sánchez M. 2017. Production of polyhydroxybutyrate from milk whey fermentation by *Bacillus megaterium* TRQ8. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*; [consultado el 21 de may. de 2021]. 13(1):24–31. <https://cutt.ly/Fn4H3Zx>.

Santamaría Freire E, Álvarez F, Santamaría Díaz E, Zamora M. 2015. Caracterización de los parámetros de calidad del agua para disminuir la contaminación durante el procesamiento de lácteos. *Agroindustrial Science*; [consultado el 17 de may. de 2021]. 5(1):13–26. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6583477>.


Reglamento para el manejo integral de los residuos sólidos, La Gaceta, Diario oficial de la República de Honduras. No. 32449 (2011 feb. 22).

Secretaría de Salud. 1996. Normas técnicas de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario. Honduras: [sin editorial] (58-96). 1996; [actualizado 1996; consultado 3 de may. de 2021]. <http://h1.honducompras.gob.hn/Docs/Lic480BID-Mdej-002-2009407-EnmiendaoAdendum.pdf>.

Shahbandeh M. 2021. Global dairy industry - statistics and facts. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 2 de jun. de 2021]. <https://www.statista.com/topics/4649/dairy-industry/>.

Sinha R, Radha C, Prakash J, Kaul P. 2007. Whey protein hydrolysate: functional properties, nutritional quality and utilization in beverage formulation. *Food Chemistry*. 101(4):1484–1491. doi:10.1016/j.foodchem.2006.04.021.

Tirado D, Gallo L, Acevedo D, Mouthon J. 2016. Biotratamientos de aguas residuales en la industria láctea. *Producción + Limpia*. 11(1):171–184. doi:10.22507/pml.v11n1a16.

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 51 de 55


[UNEP] United Nations Environment Programme, [EPA] Danish Environmental Protection Agency. 2000. Cleanaer production assessment in dairy processing. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 1 de jun. de 2021]. 109 p. <https://cutt.ly/qn4K5Ic>.

Villegas M, García Y. 2020. Programas de gestión sobre el consumo de agua y los residuos sólidos en la empresa láctea ubicada al norte de antioquia [Tesis]. Medellín: Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD. 178 p; [consultado el 19 de may. de 2021]. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/38131/ylgarciam.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

Villena J. 1995. Contaminación en la industria láctea. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 19 de jun. de 2021]. 26 p. <https://cutt.ly/En4Lben>.

Vivas Y, Morales A, Otálvaro Á. 2016. Aprovechamiento de lactosuero para el desarrollo de una bebida refrescante con antioxidantes naturales. Alimentos Hoy; [consultado el 14 de may. de 2021]. 24(39):185–199. <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/415>.

Zamorano. 2021. Departamento de agroindustria alimentaria: Planta de procesamiento de lácteos. Francisco Morazán, Honduras: [sin editorial]; [consultado el 26 de abr. de 2021]. <https://www.zamorano.edu/carreras/agroindustria-alimentaria/infraestructura/parque-agroindustrial/planta-de-procesamiento-de-lacteos/>

	Planta de Lácteos	Guía de Producción Más Limpia	GPML-PL-01
	Elaborado por: Amairany Alejandra Minera Ochoa	Aprobado por: Luis Fernando Osorio, Ph. D. Victoria Alejandra Cortes, Dra.	Página 52 de 55

Anexos

Anexo A

Afiche informativo para el consumo responsable de agua.



